

Enginyeria industrial

Report elaborat sota la coordinació de Joaquim Agulló i Batlle, amb la col·laboració de Josep Arnaldos i Viger, Ana Barjau i Condomines, Ramon Companys i Pascual i Carlos Tapia i Fernández

SUMARI

Abeviacions	699
Resum	701
1. Introducció	703
2. L'estructura del report	705
3. Anàlisi de l'activitat de recerca en cada un dels àmbits considerats	705
4. Consideracions conclusives i recomanacions	774

ABREVIACIONS

€	euro	CU	catedràtic/a d'universitat
A	auxiliar	dep.	departament
ADINGOR	Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización	DETIP	Departament d'Enginyeria Tèxtil i Paperera
adm. púb.	administració pública	DFEN	Departament de Física i Enginyeria Nuclear
AGA	Grup d'Anàlisi i Gestió Ambiental	DINAMIC	Centre d'Innovació en Biotecnologia
AIDIT	Agència d'Accreditació en Investigació, Desenvolupament i Innovació Tecnològica	DURSI	Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació
AMADE	Anàlisi i Materials Avançats per al Disseny Estructural	ECoMMFIT	Experimentació, Computació i Modelització en Mecànica de Fluids i Turbulència
ATYCA	Apoyo a la Tecnología, la Seguridad y la Calidad Industrial	EDP	equivalent a dedicació plena
CDAL	Centre de Disseny d'Aliatges Lleugers i Tractaments de Superfície	EFLUIT	Enginyeria de Fluids i Transport
CDEI	Centre de Disseny d'Equips Industrials	EM	enginyeria mecànica
CDPQF	Centre de Desenvolupament de Processos de Química Fina	EM-M	enginyeria mecànica i dels materials
CENER	Centre Nacional d'Energies Renovables	ENRESA	Empresa Nacional de Residus
CERC	Centre Experimental en Refrigeració i Climatització	ETSEIB	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona
CeRTAP	Centre de Referència en Tècniques Avançades de Producció	ETSEIT	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Terrassa
CEU	catedràtic/a d'escola universitària	EUETIB	Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona
CIEMAT	Centre d'Investigacions Energètiques, Mediambientals i Tecnològiques	EUETIT	Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa
CIM	Computer Integrated Manufacturing	EUPM	Escola Universitària Politècnica de Manresa
CIMNE	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria	EUPVG	Escola Universitària Politècnica de Vilanova i la Geltrú
CLM	Centre del Làser i Metal·lúrgia	FEIQUE	Federación Empresarial de la Industria Química Española
CM	ciència dels materials	GICC	gasificació integrada amb cicle combinat
conv.	conveni	GREPP	Grup de Recerca d'Enginyeria de Procés, Producte i Producció
COPCA	Consorci de Promoció Comercial de Catalunya	GRMT	Grup de Recerca de Materials i Termodinàmica
CREMA	Grup de Recerca d'Energies Renovables i Medi Ambient	GRC	grup de recerca consolidat
CREVER	Centre d'Innovació Tecnològica en Revalorització Energètica i Refrigeració	ICAEN	Institut Català d'Energia
CSIC	Consell Superior d'Investigacions Científiques	ICMAB	Institut de Ciència de Materials de Barcelona
CSN	Consell de Seguretat Nuclear	ICT	Institut Català de Tecnologia
CTT	centre de transferència de tecnologia	ID	doctor/a
CTTC	Centre Tecnològic de Transferència de Calor	IDESCAT	Institut d'Estadística de Catalunya
		IDIADA	Institut d'Investigació Aplicada de l'Automòbil
		IEC	Institut d'Estudis Catalans
		IESE	Institut d'Estudis Superiors de l'Empresa

ind.	industrial	pers.	personal
INE	Institut Nacional d'Estadística	PI	personal investigador
INTE	Institut de Tècniques Energètiques	PIB	producte interior brut
INTEXTER	Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial	PIE	Pla d'Investigació Energètica
invest.	investigador/a	PM	programa marc
IOC	Institut d'Organització i Control de Sistemes Industrials	PQS	personal qualificat de suport
IPSFL	empreses i institucions privades sense finalitat de lucre	prof.	professor/a
ISI	Institute for Scientific Information	PROFIT	Programa de Foment de la Investigació Tècnica
JCR	<i>Journal Citation Report</i>	PTS	personal tècnic de suport
LABSON	Laboratori de Sistemes Oleohidràulics i Pneumàtics	R+D	recerca i desenvolupament
LEAM	Laboratori d'Energia Acústica i Mecànica	R+D+I	recerca, desenvolupament i innovació
LEITAT	Laboratori d'Assaigs i Investigacions Tèxtils de Condicionament Terrassenc	rev.	revista
LEPAMAP	Laboratori d'Enginyeria Paperera i Material Polímers	serv.	servei
LEQUIA	Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental	T	tècnic/a i doctorand/a
LGAI	Laboratori General d'Assaig i Investigacions mecànica de fluids	TC	temps complet
MF	modelització de medis continus	TP	temps parcial
MMC	màquines i vibroacústica	TU	titular d'universitat
MV	organització	UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
org.	paperera	UB	Universitat de Barcelona
pap.	personal administratiu i de serveis	UdG	Universitat de Girona
PAS	personal docent i investigador	UdL	Universitat de Lleida
PDI		UE	Unió Europea
		univ.	universitat
		UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
		URL	Universitat Ramon Llull
		URV	Universitat Rovira i Virgili
		XT	Xarxa d'Innovació Tecnològica

RESUM

En aquest report es fa una anàlisi de l'activitat de recerca a Catalunya en el període 1996-2002, corresponent als àmbits de l'enginyeria industrial: enginyeria mecànica i enginyeria dels materials; enginyeria energètica i energia elèctrica; enginyeria química; enginyeria tèxtil i paperera i enginyeria industrial ambiental; organització industrial, que són els mateixos que els del primer report (1990-1995).

A efectes de valoració comparativa, s'han considerat els indicadors següents:

- La despesa mitjana anual en recerca (en milers d'euros) per investigador.

- Nombre mitjà anual de tesis per investigador.
- Nombre de tesis per milió d'euros de despesa en recerca.
- Nombre mitjà anual d'articles per investigador.
- Nombre d'articles per milió d'euros de despesa en recerca.

En l'àrea de l'enginyeria industrial, la recerca a Catalunya en el període del report ha implicat de mitjana 564 investigadors i un finançament anual mitjà de 8,82 milions d'euros, sense comptabilitzar el cost de plantilla del personal universitari ni els recursos obtinguts per a activitats de formació.

Globalment, tot i que rep un finançament per investigador que és del 78 % del valor mitjà a Catalunya (entorn universitari) i del 63 % del valor mitjà a Espanya, pel que fa als resultats es troba en la banda alta dins la recerca a Catalunya i Espanya. La mitjana anual de tesis per investigador així com la mitjana de tesis per milió d'euros són el doble de les de Catalunya. La mitjana anual d'articles indexats per investigador supera en un 33 % la de Catalunya i en un 54 % la d'Espanya, i la mitjana per milió d'euros és 2,4 vegades més gran que la de Catalunya i 3,8 vegades més gran que la d'Espanya. Aquesta valoració globalment positiva es veu, però, parcialment enfosquida per la gran diferència entre grups pel que fa a la investigació.

La consideració dels grups amb escassa producció de recerca ha posat de manifest, com a aspecte més preocupant, que en l'entorn universitari català, en el qual els investigadors són majoritàriament personal que hauria de compartir les activitats docent i de recerca, no hi ha una exigència adequada pel que fa a la investigació.

L'anàlisi dels grups amb producció més elevada ha permès avaluar els factors externs que la fan possible i conèixer els fac-

tors que la limiten, com són la insuficiència de personal de suport a la recerca i la manca d'una interfície adequada de connexió de la universitat amb l'entorn industrial i amb les institucions —catalanes, estatals i europees— que promouen la recerca.

A continuació, s'exposen les consideracions conclusives més rellevants.

- *Manca d'exigència de l'activitat investigadora del professorat a temps complet per part de la universitat.* Hi ha una total tolerància envers el professorat amb dedicació a temps complet que no fa recerca o que participa en convenis que no es tradueixen en indicadors de producció de recerca (tesis i articles indexats). Coexisteixen en un mateix àmbit grups de gran nivell en l'activitat investigadora —amb indicadors de producció comparables amb els de centres de prestigi internacional— amb d'altres que simplement no investiguen, per bé que puguin fer serveis especialitzats —assaigs, verificacions, homologacions, estudis, etc.— i projectes per a l'entorn industrial.

Un fet que es deriva d'aquesta manca d'exigència per part de la universitat és l'existència de nombroses línies de recerca sense cap article indexat durant el període del report o amb un indicador d'articles per investigador significativament per sota del corresponent a Catalunya. Aquest és el cas de l'enginyeria mecànica.

La solució d'aquest problema passaria per l'exigència, per part de la universitat, del compliment d'uns mínims de producció de recerca per concedir i renovar la dedicació a temps complet.

- *Influència de la dimensió dels grups.* No és decisiva pel que fa a l'activitat investigadora. S'ha posat de manifest, però, que els grups grans amb vocació investigadora són més eficients que els petits amb la mateixa vocació. Aquests grups tenen, a més, una estabilitat més gran perquè garanteixen una massa crítica que condiciona favorablement els qui entren a formar-ne part. Cal dir, però, que també hi ha grups petits de gran productivitat, com ara l'Experimentació, Computació i Modelització en Mecànica de Fluids i Turbulència (ECoMMFiT) de la Universitat Rovira i Virgili (URV).

Un grup gran sense vocació investigadora també és estable, però en perjudici de la investigació. La selecció de nou personal així com les decisions col·lectives solen estar dirigides a perpetuar la manera de fer de la majoria no investigadora. El col·lectiu

d'enginyeria mecànica n'és un exemple il·lustratiu, ja en el report anterior (1990-1995) va ser assenyalat com un grup poc productiu en recerca, qualitat que ha mantingut en aquest report. La seva dimensió és comparable a la del Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metallúrgica, que és un dels grups d'excel·lència en aquest report i en l'anterior.

Els grups grans —sovint es tracta de departaments d'universitat— poden integrar un bon nombre de centres específics de recerca que faciliten l'articulació de la recerca amb les temàtiques emergents. L'actuació eficient d'aquests centres queda garantida per la del grup que els suporta. El Departament d'Enginyeria Química de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) n'és un bon exemple.

— *Personal de suport a la recerca.* La seva insuficiència és una mancança endèmica de la recerca a Catalunya i a Espanya. Els valors del nombre de tècnics de suport per investigador trobats per als grups de l'àmbit de l'enginyeria química, tèxtil i paperera de la UPC estan entre el 0,02 i el 0,07, valors que estan molt per sota del valor 0,4 que és l'usual en països com ara Alemanya, França i el Regne Unit.

Un personal de suport a la recerca estable i adequat en nombre és un factor decisiu en una estructura organitzativa dels recursos humans de la recerca. Com que la formació específica d'aquest personal per adaptar-lo al lloc de treball representa una gran inversió per a l'equip que el rep, la seva estabilitat és molt convenient. L'actual normativa no resol cap dels aspectes.

— *Organismes intermedis entre la universitat i l'administració.* Aconseguir projectes d'investigació europeus i estatals és important per als grups de recerca i també per a Catalunya, però les dificultats i l'esforç demanat pel procés de sol·licitud esdevé un obstacle de difícil superació per a molts grups. Seria convenient el suport institucional per ajudar a canalitzar l'arribada d'ajuts europeus i estatals als grups d'excel·lència investigadora. Una àrea on aquesta actuació podria ser particularment eficaç és la de l'enginyeria energètica, a causa del seu caràcter estratègic.

— *Convenis i recerca.* Els convenis de recerca amb l'entorn industrial són el canal més previsible per a la transferència de tecnologia. Són, a més, una font de recursos econòmics important per al manteniment de les infraestructures de recerca i d'una part del cost dels recursos humans. Hi ha, però, l'aspecte preocupant del component de recerca dels convenis. Sovint, i en particular en els grups amb escassa producció de recerca

segons els indicadors emprats, els convenis corresponen a serveis especialitzats —assaigs, verificacions, etc.— i a projectes tècnics. Caldria distingir el que són convenis, que haurien de correspondre a les activitats de recerca fetes per contracte amb empreses, del que són els serveis tècnics especialitzats i projectes tècnics, els quals no haurien de significar una competència deslleial amb les empreses d'enginyeria i els laboratoris d'assaig. En aquest punt, l'actuació de l'Agència d'Accreditació en Investigació, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (AIDIT) hauria de ser decisiva, ja que acredita quins projectes podrien ser considerats aptes per ser objecte de convenis (de recerca) universitat-empresa.

— *Adequació dels programes institucionals de promoció de la recerca.* En línies generals no es pot considerar que l'escassa producció de recerca d'alguns grups sigui responsabilitat dels programes institucionals de promoció de la recerca. És en l'àmbit de l'enginyeria energètica on més caldrien alguns canvis en el plantejament institucional de la promoció de la recerca per tal que la participació de les universitats —i en particular de les universitats catalanes— fos més intensa.

— *Difusió de la informació sobre la recerca.* L'elaboració del report s'ha vist enormement dificultada per les mancances trobades en la difusió de les dades relatives a la recerca en algunes universitats. Potser no és un aspecte decisiu en la recerca d'un país, però diu molt a favor d'una estructura de recerca que la informació del que s'hi fa sigui fàcilment accessible.

Com a resum final d'aquestes consideracions es pot afirmar que, globalment, l'àmbit de la recerca en enginyeria industrial a Catalunya està, pel que fa als resultats, a la banda alta tant a Catalunya com a Espanya, però que la qualitat dels seus grups és molt dispar. Els grups d'excel·lència encara han millorat els seus indicadors des de l'anterior report mentre que els d'escassa producció han mantingut el seu baix nivell. Les propostes de millora passarien per, en primer lloc, garantir el component investigador en l'activitat del professorat universitari a temps complet. A més, la recerca es veuria afavorida per un augment en la dotació del personal de suport a la recerca i per la seva estabilització, així com per la creació d'interfícies d'enllaç entre els grups universitaris de recerca i les institucions que promouen la recerca. També seria convenient afavorir l'opció de grups grans en els grups d'excel·lència investigadora, i que aquests fossin el suport dels centres específics que donen resposta a temàtiques emergents.

1. INTRODUCCIÓ

L'enginyeria industrial té a Catalunya, i també a Espanya, un significat prou diferent del que té a la resta d'Europa i als Estats Units, on l'enginyeria industrial, que es refereix fonamentalment a l'enginyeria dels processos productius, coexisteix amb altres variants de l'enginyeria com són l'enginyeria mecànica, l'enginyeria elèctrica i l'enginyeria química, que a casa nostra formen part de l'enginyeria industrial.

El fet que durant més d'un segle l'enginyeria industrial fos l'única enginyeria superior que tenia escola a Catalunya, la va convertir en l'enginyeria que abastava gairebé tots els àmbits de l'activitat industrial i empresarial. En les darreres dècades la situació ha canviat amb l'arribada d'escoles d'altres enginyeries, de noves titulacions i amb l'evolució de les facultats de ciències, algunes de les quals han passat a tenir departaments d'enginyeria en àrees pròpies de l'enginyeria industrial.

En la situació actual una delimitació de l'activitat de recerca corresponent a l'enginyeria industrial només es pot plantejar des d'un convencionalisme, que, per a aquest report, que forma part d'una col·lecció de vint-i-sis reports que abasten tot l'àmbit de la recerca a Catalunya, ha estat establert per l'agrupament dels següents quatre àmbits, els mateixos que en el primer report (període 1990-1995):

- enginyeria mecànica i enginyeria dels materials
- enginyeria energètica i elèctrica
- enginyeria química, enginyeria tèxtil i paperera i enginyeria industrial ambiental
- organització industrial.

La definició de l'àmbit, però, no resol els problemes de delimitació ni respecte a la resta de la recerca ni entre els quatre àmbits a considerar. Les dades finalment obtingudes per a aquests àmbits pel que fa a recursos humans, recursos econòmics i resultats, no serien un punt de partida adequat per compondre, amb les dades que provenen d'altres reports, les dades globals per a Catalunya. Però no és aquesta la finalitat de la cerca feta per àmbits, tota vegada que les dades globals són ben conegudes per l'Administració i s'obtenen d'anàlisis de conjunt que estan lliures de les inevitables incerteses derivades dels problemes de delimitació dels àmbits de recerca.

L'objectiu del report és posar de manifest els punts forts i els punts febles de la recerca en un àmbit concret, el que s'ha defi-

nit com a *enginyeria industrial*. Per aconseguir-ho només cal que siguin prou fidedignes les dades obtingudes per a les diferents àrees que el componen, cosa que no està lliure de problemes. Les dificultats trobades en l'elaboració del primer report s'han tornat a trobar ara perquè, tot i que actualment l'accés a les dades es veu facilitat per l'existència d'espais web de l'Administració i de les universitats, no sempre les dades es troben de manera completa, actualitzada i adequada a les necessitats del report. D'altra banda, d'un report a l'altre han aparegut nous grups i centres de recerca, molts en universitats noves no específicament tècniques i on l'activitat de recerca considerada sovint està integrada en grups que participen en activitats pròpies d'altres reports. A propòsit d'aquestes dificultats cal esmentar l'eficient tasca portada a terme pel documentalista Llorenç Arguimbau, que des de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) ha actuat com a suport en l'elaboració dels reports, i també el suport documental obtingut dels serveis de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) relacionats amb la recerca.

1.1. La consideració dels marcs generals de la recerca a Catalunya, Espanya i Europa

Hi ha dues vessants a considerar a l'hora d'enquadrar l'activitat investigadora analitzada en el report dins els marcs generals de la recerca a Catalunya, Espanya i Europa. Hi ha la participació en programes de finançament que provenen d'aquests tres orígens, aspecte que s'ha rastrejat en les bases de dades en la mesura del que ha estat possible, però també hi ha la valoració comparativa per mitjà d'indicadors.

No tots els indicadors tenen significació quan es tracta de valorar la recerca en un àmbit restringit. Indicadors macroeconòmics com són el percentatge del producte interior brut (PIB) dedicats a la investigació pels diferents països i comunitats autònomes tenen sentit en l'anàlisi comparativa entre països o comunitats, però no tindria sentit comparar-los amb els que es calculessin per a un àmbit restringit. Tot i que podria ser interessant poder comparar indicadors d'aquesta mena calculats per a l'àmbit que ens ocupa, perquè compararia la intensitat de la recerca en l'àmbit de l'enginyeria industrial a Catalunya amb la cor-

responent a Espanya, Europa o a les comunitats autònomes, aquesta comparació no és possible perquè no es disposa d'aquests indicadors per a l'àmbit equivalent a Espanya, Europa, etc.

S'ha limitat, doncs, la consideració d'indicadors externs als que tenen sentit com a valors de referència per als calculats en el report. Com a indicador relatiu als recursos econòmics i humans s'ha considerat:

- la despesa mitjana anual (en milers d'euros) en recerca per investigador.

I com a indicadors relatius a la producció científica s'han considerat:

- nombre mitjà anual de tesis per investigador
- nombre de tesis per milió d'euros de despesa en recerca
- nombre mitjà anual d'articles indexats per investigador
- nombre d'articles indexats per milió d'euros de despesa en recerca.

A l'hora de comparar indicadors cal fer atenció a com es fa la valoració dels factors que hi intervenen. No sol presentar dificultats el que s'entén per *tesis doctorals* i el que s'entén per *articles indexats* (articles en revistes indexades), però sí que hi ha multiplicitat de criteris a l'hora de valorar els recursos econòmics i els recursos humans.

En la valoració dels recursos econòmics no s'han inclòs en el report ni els recursos obtinguts per activitats de formació continuada (màsters i cursos de postgrau) ni la despesa corresponent a la nòmina del professorat universitari. Com que es tracta d'un report de recerca no s'escau d'incloure-hi activitats de formació: la seva inclusió desdibuixaria la realitat, atès que hi ha grups o centres de recerca l'activitat dels quals és majoritàriament formativa. Pel que fa a la nòmina del professorat universitari seria raonable incloure-la si s'hagués de fer un estudi comparatiu amb la recerca en l'àmbit empresarial, on és norma

comptabilitzar la nòmina del personal investigador. Tanmateix, com que les dificultats per obtenir informació han limitat el càlcul d'indicadors en aquest report als centres públics, que a Catalunya i en l'àmbit de l'enginyeria industrial són exclusivament universitaris, els indicadors relacionats amb la despesa tenen més resolució si la valoració d'aquesta es limita als recursos addicionals a la nòmina del professorat, com són els associats a projectes, convenis, becaris, subvencions, etc. Si es comptabilitza sense la despesa de plantilla, aquest indicador té el valor zero com a cota inferior, que correspondria a un grup o centre que no tingués cap d'aquests ingressos addicionals —probablement pel fet de no fer investigació, encara que aquest aspecte es valora per mitjà dels altres indicadors. En canvi, si es comptabilitza la despesa de plantilla, aquest grup tindria un indicador que seria de prop de la meitat o dos terços dels valors de referència o dels d'altres grups de l'àmbit que aconseguixen un important volum de recursos econòmics addicionals per a la recerca.

En la valoració dels recursos humans, la manera de comptabilitzar el nombre d'investigadors en l'entorn universitari està subjecte al convencionalisme de la definició del que es coneix com a *EDP* (equivalent a dedicació plena). En determinades circumstàncies —com ara en els projectes finançats per l'Estat— es considera que un professor del personal docent i investigador (PDI) amb dedicació a temps complet es correspon amb un *EDP*, però en certs estudis estadístics es considera l'equivalència al 50 %. En el report s'ha considerat la primera opció, cosa que ha fet necessari ponderar els indicadors generals que han estat calculats amb l'equivalència del 50 %.

S'han pres com a valors de referència els que es troben a l'*Informe anual R+D+I a Catalunya* corresponent a l'any 2000 (publicat per la Generalitat de Catalunya l'any 2003). Com

TAULA 1
Valors de referència ponderats emprats en el report

	Catalunya	Espanya
<i>Despesa per investigador (ponderada) en milers d'euros</i>		
Sector públic (univ.+ Adm. púb.)	23,170	31,630
Universitat	21,680	26,850
<i>Resultats per investigador (ponderats)</i>		
Tesis/investigador	0,063	—
Articles/investigador	0,318	0,274
<i>Resultats per milió d'euros</i>		
Tesis/milió d'euros	3,560	—
Articles/milió d'euros	13,750	8,660

que aquests valors han estat calculats considerant l'equivalència 1 PDI a temps complet (TC) = 0,5 EDP, aquests valors s'han ponderat estimativament dividint per 1,8 els relatius a Catalunya i per 1,5 els relatius a Espanya (atesa la diferent proporció entre PDI i personal exclusivament investigador a Catalunya i a Espanya). Els valors ponderats que s'han emprat de manera sistemàtica en els diversos apartats del report són els que recull la taula 1.

2. L'ESTRUCTURA DEL REPORT

Per a cadascun dels àmbits analitzats l'estudi es presenta amb els apartats:

- característiques de l'àmbit
- fonts d'informació
- grups i centres de recerca
- recursos humans
- recursos econòmics
- resultats
- consideracions finals i conclusions.

Com que l'objectiu principal del report és posar de manifest els punts forts i els punts febles en l'activitat de recerca en l'àmbit de l'enginyeria industrial, i aquests punts poden ser específics per a les àrees internes de cadascun dels àmbits, l'anàlisi de cadascun s'ha fet de la manera més adequada per posar-los de manifest. Això fa que el tractament de cada apartat pugui presentar diferències entre els àmbits.

En l'apartat «Característiques de l'àmbit» es fa una anàlisi dels trets específics de l'activitat de recerca en l'àmbit i de com aquests condicionen el desenvolupament del report. També es fa referència a les dificultats trobades a l'hora de delimitar l'àmbit i de trobar les dades que s'hi refereixen.

En l'apartat «Grups i centres de recerca» s'expliciten les fronteres precises que delimiten l'àmbit i la subdivisió que se'n fa per tal d'obtenir una visió realista de les diferents situacions que s'hi donen pel que fa a la recerca. Una anàlisi massa global podria amagar realitats que convé posar de manifest. Com que no sempre ha estat possible obtenir les dades amb el mateix grau de detall analític per a tots els grups i centres de recerca, alguna anàlisi s'ha restringit, quan ha convingut, als grups més ben documentats, amb el benentès que per la seva dimensió eren una fracció prou significativa dins l'àmbit. En aquestes ocasions ha estat preferible aquesta restricció a no fer l'anàlisi o a fer-la de manera imprecisa. Sovint aquesta anàlisi restringida s'ha referit a la UPC per raons d'accessibilitat a les dades i perquè la dimensió total de la participació dels seus grups era prou significativa.

En l'apartat «Recursos humans» hi ha diferències de matís en la manera d'avaluar el nombre d'investigadors en els diferents àmbits perquè, com ara, hi ha grups i centres on el professorat a temps parcial es limita a participar en la docència, mentre que n'hi ha d'altres en els quals aquest professorat té certa implicació en la recerca. En cadascun dels àmbits es precisa la modalitat seguida, per bé que en tots es parteix de l'equivalència d'1 PDI a TC = 1 EDP. En l'apartat «Recursos econòmics» l'anàlisi en alguns àmbits s'ha hagut de restringir a la UPC per manca d'accés a les dades corresponents a altres universitats. És en aquest apartat que se sol presentar l'indicador despesa/investigador per a cadascuna de les àrees considerades i per a la globalitat de l'àmbit.

En l'apartat «Resultats», tot i centrar-se en tots els àmbits en les tesis i els articles científics en revistes indexades, i en l'obtenció dels indicadors presentats en la «Introducció», les especificitats de cadascun ha portat a la consideració de correlacions diverses que són d'interès per arribar a les conclusions. Així, en un àmbit es fa atenció al nombre d'articles per tesi, mentre que en un altre es mostra la correspondència entre el nombre d'articles indexats i les línies de recerca vigents.

3. ANÀLISI DE L'ACTIVITAT DE RECERCA EN CADA UN DELS ÀMBITS CONSIDERATS

De manera anàloga a com es va fer en el primer report, l'anàlisi de l'activitat de recerca es presenta inicialment per separat per a cada un dels quatre àmbits considerats. Si bé se segueix un mateix patró bàsic per a l'adquisició i anàlisi de les dades, dins de cada àmbit s'ha procedit a considerar les subdivisions que s'ha cregut que eren convenients per posar de manifest les seves especificitats, els punts forts i els punts febles.

La visió unitària es recupera en l'apartat «Comentaris conclusius i recomanacions», en el qual es presenta una progressiva globalització dels resultats parcials obtinguts per als indicadors de resultats de la recerca i on, a partir de les consideracions finals i conclusions establertes a cada àmbit, es formulen les conclusions i recomanacions de síntesi per a l'àmbit de l'enginyeria industrial.

3.1. Enginyeria mecànica i enginyeria dels materials

3.1.1. Característiques de l'àmbit

L'enginyeria mecànica i l'enginyeria dels materials són dos camps de l'enginyeria industrial que evolucionen de manera molt diferent. El segon presenta una activitat de recerca in-

tensa, força per sobre de la del primer. En el camp dels materials, les aplicacions biomèdiques, per exemple, són nombroses, i d'això se'n deriva un fort impuls per a la recerca en aquesta àrea.

L'enginyeria mecànica s'ha associat històricament al disseny de maquinària (destinada a un sector industrial molt ampli) i al desenvolupament de productes i processos de fabricació.

Dins l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials (abreujat com a EM-M), l'estructura actual de la universitat ha portat a considerar quatre àrees:

- ciència dels materials (CM)
- màquines i vibroacústica (MV)
- mecànica de fluids (MF)
- modelització de medis continus (MMC).

L'àrea de màquines i motors tèrmics, que de vegades es classifica també dins l'enginyeria mecànica, s'ha inclòs en el present report dins la secció d'enginyeria energètica.

Dins l'àrea de CM s'inclou tot el que és estudi de les propietats mecàniques dels diversos materials estructurals (metalls, ceràmiques, polímers, compòsits i biomaterials), així com el seu comportament a fractura i fatiga, tant des del punt de vista experimental com de modelització i simulació. La recerca sobre materials funcionals, és a dir, l'interès dels quals no rau en les seves propietats mecàniques (conductors, superconductors...), no s'ha inclòs en l'àrea de CM perquè és pròpia del report de física.

Una part de l'estudi del comportament dels materials estructurals exigeix el desenvolupament de mètodes i algorismes numèrics que en si mateixos constitueixen una àrea d'investigació prou potent perquè es consideri de manera independent. És la que s'ha anomenat *modelització de medis continus*.

L'àrea de MV correspon al que tradicionalment s'ha anomenat de manera general *enginyeria mecànica*. En aquesta àrea, els temes principals són l'estudi (disseny, simulació i construcció) de mecanismes i elements de màquines, així com la generació de soroll i vibracions en màquines i entorns industrials. Per extensió inclou l'acústica, perquè sovint es troba atesa pels mateixos grups que estudien les vibracions mecàniques.

Dins l'àrea de MF, s'engloba tot el que fa referència a sistemes mecànics amb accionaments oleohidràulics i pneumàtics i turbomàquines. La simulació de fluxos i turbulències podria ser considerada tant dins la MF o la MMC. En aquest report s'ha pres la segona opció.

Lligada a la MF hi ha l'àrea que tracta de la tecnologia de l'aigua i gestió de fluids. Aquesta àrea forma part dels estudis i la recerca mediambiental, per la qual cosa s'ha exclòs del present report.

3.1.2. **Fonts d'informació**

El present report s'ha elaborat a partir de dades quantitatives relatives als recursos humans i econòmics i al resultat de l'activitat investigadora. En principi, aquestes dades haurien de ser accessibles per mitjà dels espais web generals corresponents a aquests dos conceptes de les diferents universitats. Aquests webs generals no sempre existeixen (és el cas, per exemple, de la Universitat de Girona [UdG]); en altres casos, existeixen però no estan actualitzats. En cas que funcionin correctament, no sempre donen totes les dades que interessin (per exemple, és difícil en general tenir accés a les quantitats associades a projectes i convenis, el període al qual corresponen...) o bé donen dades tan globals que és impossible extreure'n la part que es refereix estrictament a l'àmbit de l'EM-M. D'altra banda, adreçar-se directament a les unitats relacionades amb tercer cicle i recerca tampoc condueix sempre a les informacions precises que es desitgen.

Per tots aquests motius, ha calgut consultar més d'una font per tal de poder fer un mapa fiable de l'estat de la recerca en EM-M a Catalunya. S'ha fet sistemàticament un creuament de dades i, quan s'han detectat discrepàncies, s'ha escollit com a indicador representatiu del que es vol avaluar el més alt (o favorable) d'entre els versemblants.

Les dades provenen bàsicament de:

- webs universitaris (webs de les unitats de tercer cicle i recerca de les universitats, webs dels departaments, webs dels grups de recerca —sovint interdepartamentals)
- webs dels diferents centres de recerca no universitaris (vinculats o no a universitats)
- *Web of Science* (base de dades on estan referenciades totes les publicacions en revistes indexades de tots els àmbits científics)
- web del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI).

3.1.3. **Grups i centres de recerca**

Les activitats de recerca en l'àmbit de l'EM-M estan repartides entre el que s'anomenen *unitats de recerca* i el sector industrial. Sota aquesta denominació general d'unitats de recerca s'engloba una diversitat de centres i grups, la majoria associats a institucions públiques, la implicació en la recerca dels quals és d'ordre molt diferent.

La llista més completa d'unitats de recerca a Catalunya es troba al *Directori d'R+D* del DURSI. Aquesta llista presenta, a l'hora de fer el report, dos problemes. El primer és el fet que les unitats apareixen catalogades en categories diferents la intersecció de les quals no és nul·la. Així, es poden trobar sota la categoria «grups de recerca» certs laboratoris que pertanyen a departa-

ments universitaris que apareixen sota la denominació genèrica de *departaments*. Aquests mateixos laboratoris, a més, poden pertànyer a la categoria «xarxes d'innovació tecnològica». El segon problema, més important, és que la fitxa de cadascuna de les entitats no dóna informació sobre el seu grau d'implicació en l'activitat investigadora. Sovint, es classifiquen com a unitats de recerca centres o grups que bàsicament fan desenvolupament i tasques de formació, o que principalment actuen com a enginyeries tècniques.

El tipus de recerca depèn de l'àrea de l'àmbit EM-M. Així, l'àrea de MMC és més teòrica que les altres, i, per tant, és lògica que la recerca associada es faci principalment en els centres universitaris. Les altres, en canvi, tenen una vinculació amb el món industrial més directa, particularment la de MV.

Pel que fa al sector industrial en general, cal tenir en compte que hi ha empreses de mides molt diverses relacionades amb l'àmbit de l'EM-M. Juntament amb les grans empreses del sector automobilístic hi ha una gran quantitat de petites empreses que els subministren components. Obtenir una llista completa de totes és difícil. D'altra banda, l'obtenció de dades sobre la recerca que es desenvolupa a la indústria és complicada. Algunes vegades està protegida per clàusules de confidencialitat; altres vegades es presenta com a recerca el que en realitat són activitats de desenvolupament i producció.

L'any 2000, la UPC i la Universitat Politècnica de Madrid van crear l'Agència d'Accreditació en Investigació, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (AIDIT). Es tracta d'una organització independent l'activitat principal de la qual és la certificació de projectes de R+D duta a terme per empreses de tot tipus arreu de l'Estat. Des de llavors, ha estat treballant en període de prova amb l'objectiu de poder tenir l'acreditació per certificar a partir de l'any 2003. Les dades que es poden obtenir a partir de l'AIDIT no són, doncs, encara gaire significatives (per bé que resultaran fonamentals per a futurs reports). Per aquest motiu, en aquest report s'ha centrat l'atenció en els centres universitaris.

A Catalunya hi ha cinc universitats que inclouen una o més àrees de l'enginyeria mecànica:

- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
- Universitat de Barcelona (UB)
- Universitat de Girona (UdG)
- Universitat Rovira Virgili (URV)
- Universitat de Lleida (UdL).

A la UdL, l'àmbit de l'EM-M (que està inclòs dins el Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial) és molt recent, i, per tant, la producció científica és escassa i no representativa del que pot arribar a fer en un futur proper. Per aquest motiu, s'ha prescindit en el present report de les dades que s'hi relacionen.

El grau de dedicació a la recerca en EM-M en les altres universitats és divers. A la URV només es desenvolupa la branca de MF, mentre que a la UB només es desenvolupa la de CM. En el primer cas, és un grup de recerca sencer (Experimentació, Computació i Modelització en Mecànica de Fluids i Turbulència [ECoMMFIT]) del Departament d'Enginyeria Mecànica el que du a terme la totalitat de les investigacions, mentre que en el segon, l'activitat en CM està associada a una fracció del Departament d'Enginyeria Química i Metallúrgia, i la frontera que separa la producció d'aquest departament relativa a CM i la que no ho és no es pot definir amb precisió. S'ha optat finalment per considerar que totes les dades que es relacionen amb l'àrea de CM i enginyeria metallúrgica d'aquest departament pertanyen a la branca CM (tot i que algunes publicacions, per exemple, tenen títols més propis de l'enginyeria química que de la CM).

A la UdG, la recerca en EM-M està repartida entre diferents grups de recerca interdepartamentals, i no cobreixen la totalitat de les branques. Cal tenir present que els departaments implicats són de creació relativament recent (Departament de Física, des del 1998; Departament d'Enginyeria Mecànica i de Construcció Industrial, des del 2001).

La UPC, finalment, és l'únic centre on la totalitat de les branques és present. És la que compta amb més recursos humans i més finançament global, i la informació sobre els indicadors és la més completa de totes. Per tots aquests motius, es considera el centre més representatiu dels quatre, i en determinats aspectes el seu cas s'analitza separatament dels altres.

La taula 2 resumeix els grups de cada universitat relacionades amb l'EM-M declarats en el web del DURSI, mentre que la taula 3 presenta la resta d'unitats que no pertanyen a cap universitat (per bé que poden estar-hi vinculades). S'indica l'àrea (o les àrees) dins la qual treballen i la categoria (GRC: grup de recerca consolidat; XT: Xarxa d'Innovació Tecnològica).

Els centres recollits en aquesta última taula no són tinguts en compte més endavant a l'hora de calcular indicadors de recerca per manca de dades objectives (nombre d'investigadors, publicacions de recerca...). A continuació es fa una breu ressenya sobre cadascuna d'aquestes entitats:

– CLM: és un dels centres del LGAI, el qual té com a objectiu general donar suport tecnològic a la indústria; concretament, el CLM té dues seccions: la d'enginyeria i la d'innovació. La primera ofereix serveis d'enginyeria tècnica, mentre que dins la segona s'inclou la «investigació precompetitiva». Malauradament, el seu web no dóna cap informació sobre resultats d'aquesta investigació.

– CIM: és un laboratori de fabricació flexible creat per la UPC i l'Institut Català de Tecnologia (ICT) l'any 1990 amb l'ob-

TAULA 2
 Departaments i grups universitaris dins l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials

Universitats	Departaments implicats	Àrea	Categoria	Grup
UPC	Ciència dels materials i metal·lúrgia (702)	CM	GRC	Grup de Fatiga i Fractura dels Materials
		CM	GRC	Grup de Materials Estructurals, Modelització i Biomaterials
		CM	GRC	Grup de Recerca en Tecnologia de Polímers i Compòsits
		CM	XT	Centre de Disseny d'Aliatges Lleugers i Tractaments de Superfície (CDAL)
	Enginyeria mecànica (712)	MV	—	Centre de Disseny d'Equips Industrials (CDEI)
		MV	—	Grup de Mecànica i Vibroacústica
		MV	XT	Laboratori d'Enginyeria Acústica i Mecànica (LEAM)
	Mecànica de fluids (729)	MF	XT	Laboratori de Sistemes Oleohidràulics i Pneumàtics (LABSON)
		MF	XT	Centre de Diagnòstic Industrial i Fluidodinàmica
	Resistència de materials i estructures a l'enginyeria (737)	CM MMC	GRC	Grup de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, secció Camins
UB	Enginyeria química i metal·lúrgia	CM	—	Àrea de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica
UdG	Enginyeria mecànica i de la construcció industrial	CM	—	Grup de Recerca de Materials i Termodinàmica (GRMT)
		MV	—	Anàlisi i Materials avançats per al Disseny Estructural (AMADE)
	Física	MV	—	Grup de Recerca d'Enginyeria de Procés, Producte i Producció (GREPP)
		MF	—	Enginyeria de Fluids i Transport (EFLUIT)
	CM MMC MV	XT	Centre d'Innovació en Materials, Estructures i Processos	
	MV	XT	Centre d'Innovació i Desenvolupament Conceptual de Nous Productes	
URV	Enginyeria mecànica	MF	GRC	Experimentació, Computació i Modelització en Mecànica de Fluids i Turbulència (ECoMMFIT)

TAULA 3
Grups no universitaris dins l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials

Àrea	Categoria	Grup
CM	XT	Centre del Làser i Metal·lúrgia (CLM) (dins el Laboratori General d'Assaig i Investigacions [LGAI])
MV	–	Centre Computer Integrated Manufacturing (CIM) (vinculat a la UPC)
CM	MV	Centre de Referència en Tècniques Avançades de Producció (CeRTAP)
MMC	XT	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)
MMC	GRC	Grup de Mètodes Numèrics en Mecànica del Continu i Estructures (dins el CIMNE) (vinculat a la UPC)
MV	–	Institut d'Investigació Aplicada de l'Automòbil (IDIADA) (vinculat a la UPC)
MF	–	
MV	GRC	Grup de Sistemes i Processos Tèxtils Mecànics INTEXTER (vinculat a la UPC)
CM	–	Institut de Ciència dels Materials de Barcelona (Consell Superior d'Investigacions Científiques [CSIC])
CM	XT	Centre Català del Plàstic (vinculat a la UPC)

jectiu de donar suport a l'entorn industrial en l'àmbit de les noves tecnologies de producció. Les seves activitats principals són els projectes d'optimització de productes i processos de fabricació, la formació i la recerca –feta usualment amb la col·laboració de grups universitaris– en línies de treball relacionades amb el CIM.

– CeRTAP: és un dels centres «sense parets» creat per la Generalitat de Catalunya que agrupa equips d'investigació ja existents i que pertany a institucions diverses, per tal d'afavorir el treball conjunt i l'optimització de recursos de grups complementaris. Actualment aplega quinze grups de recerca, amb més de dos-cents investigadors. Els seu àmbit és el de la recerca i el desenvolupament d'alt nivell en tecnologies de producció. Un dels seus objectius bàsics és transferir tecnologia a les empreses.

– CIMNE: sota aquestes sigles s'agrupen un nombre elevadíssim de científics arreu del món. La majoria, però, simplement donen suport a l'entitat per mitjà del seu propi prestigi. Una de les activitats principals del CIMNE és la formació. La recerca, però, no queda exclosa, i n'és prova l'existència d'un grup de recerca consolidat, el Grup de Mètodes Numèrics en Mecànica del Continu i Estructures. El personal investigador d'aquest grup pertany íntegrament al Departament 737 de la UPC; per aquest motiu no es tracta separatament, sinó dins dels grups universitaris.

– IDIADA: la confidencialitat dels treballs de l'IDIADA no permet la distinció, dins la seva activitat, entre la recerca pròpia (no feta directament per clients industrials) i el desenvolupament.

– Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial (INTEXTER): el web d'aquesta entitat declara obertament la seva activitat de recerca, prova de la qual és l'existència d'un grup de recerca consolidat, el Grup de Sistemes i Processos Tèxtils Mecànics. L'especificitat tèxtil d'aquest centre ha fet que dins el report fos considerat en l'àmbit d'enginyeria química, tèxtil i paperera, i industrial ambiental.

– Institut de Ciència dels Materials de Barcelona (CSIC): el tipus de recerca que s'hi fa, encara que catalogada sempre dins l'àrea CM, és més pròpia d'un enfocament de física dels materials que d'enginyeria dels materials, i per això no es considera en el present report.

– Centre Català del Plàstic: bona part del personal d'aquest centre pertany al Departament 702 de la UPC. La seva activitat investigadora, doncs, es troba inclosa dins l'apartat de centres universitaris.

3.1.4. Recursos humans

La totalitat del personal associat a cada grup o departament universitari no pot ser comptabilitzada dins dels recursos humans per a la recerca. El personal administratiu clarament no en forma part. Dins del PDI, el que correspon a una dedicació a temps parcial (TP) sol tenir una obligació exclusivament docent. Així doncs, s'han definit tres categories: investigadors (que inclou tot el PDI a TC), becaris (que molt sovint reforcen la recerca d'algun membre del PDI o bé realitzen la seva tesi doctoral) i altres (TP). Aquest últim grup no intervé en el càlcul d'indicadors relatius de resultats.

La informació quantitativa sobre recursos humans s'ha obtingut amb una precisió diferent segons el centre de procedència. Així, només es disposa de l'evolució detallada entre els anys 1996 i 2002 del nombre d'investigadors, becaris i altre personal de suport (per separat) per a la UPC. En els altres casos, només s'ha aconseguit el nombre de persones per grup actives l'any 2003, i no sempre classificat en investigadors, becaris i personal de suport. En aquest últim cas, s'ha optat per considerar la totalitat del personal dins la categoria dels investigadors.

Hi ha dos grups de recerca que mereixen un comentari particular. Es tracta de l'àrea de CM i enginyeria metal·lúrgica del Departament d'Enginyeria Química i Metal·lúrgia de la UB, i del Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (Departament 737) de la UPC. En ambdós casos, les persones que hi treballen estan implicades en diferents àrees científiques (no necessàriament de l'àmbit de l'EM). No és possible, doncs, separar del nombre total d'investigadors aquells que només produeixen en l'àrea de CM o de l'àrea de MMC. Des del punt de vista estricte, el que caldria fer és valorar el tant per cent de temps que dediquen cadascun a l'àrea de CM o a l'àrea de MMC, i ponderar el nombre d'investigadors (i en general de tot el personal involucrat en recerca) d'acord amb aquest percentatge. Això és impossible de fer amb

les dades disponibles. Per això s'ha pres sempre com a nombre representatiu de cada categoria el total del que conforma el grup de recerca. Això dóna lloc a imprecisió en certs indicadors relatius que es consideren dins l'apartat de resultats (per exemple, nombre de tesis per investigador, nombre de publicacions per investigador...). Tot i això, i precisament a partir dels resultats que es relacionen amb les publicacions, s'ha intentat fer una ponderació d'aquests indicadors que pogués conduir a valors més realistes. Concretament, com que el 76 % del nombre total de publicacions rellevants del Departament 737 correspon a l'àrea de MMC i el 24 % a la de CM, s'han aplicat aquests percentatges al personal investigador del Departament. La taula 4, apartat *a* i la figura 1 resumeixen els recursos humans, quantificats en nombre de persones, per a la UPC; els valors mitjans que hi apareixen contenen la ponderació anterior. La taula 4, apartat *b* i la figura 2 presenten la mateixa informació per a la resta d'universitats (UB, UdG, URV). La figura 3 presenta la comparació entre els recursos humans en el període que s'avalua i el corresponent al report anterior (1990-1995). No ha estat possible determinar el nombre d'investigadors (EDP) a partir de les dades del report anterior, i per aquest motiu la figura 3 es refereix al nombre total de persones. Aquesta figura posa de manifest que el nombre mitjà de persones per àrea no ha variat substancialment.

TAULA 4
Àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials

a) Universitat Politècnica de Catalunya

Recursos humans (mitjana entre el 1996 i el 2002)	CM	MV	MF	MMC	Total
Investigadors	43,81	41,67	19,50	23,69	128,67
Becaris	9,48	1,67	3,67	4,69	19,51
Altres	14,33	30,17	4,33	12,67	61,50

b) Universitat de Barcelona, Universitat de Girona i Universitat Rovira i Virgili

Recursos humans (any 2003)	CM	MV	MF	MMC	Total
Investigadors	11 (UB) 6 (UdG)	19 (UdG)	2 (UdG) 8 (URV)	—	46
Becaris	—	—	—	—	—
Altres	2 (UdG)	7 (UdG)	—	—	9

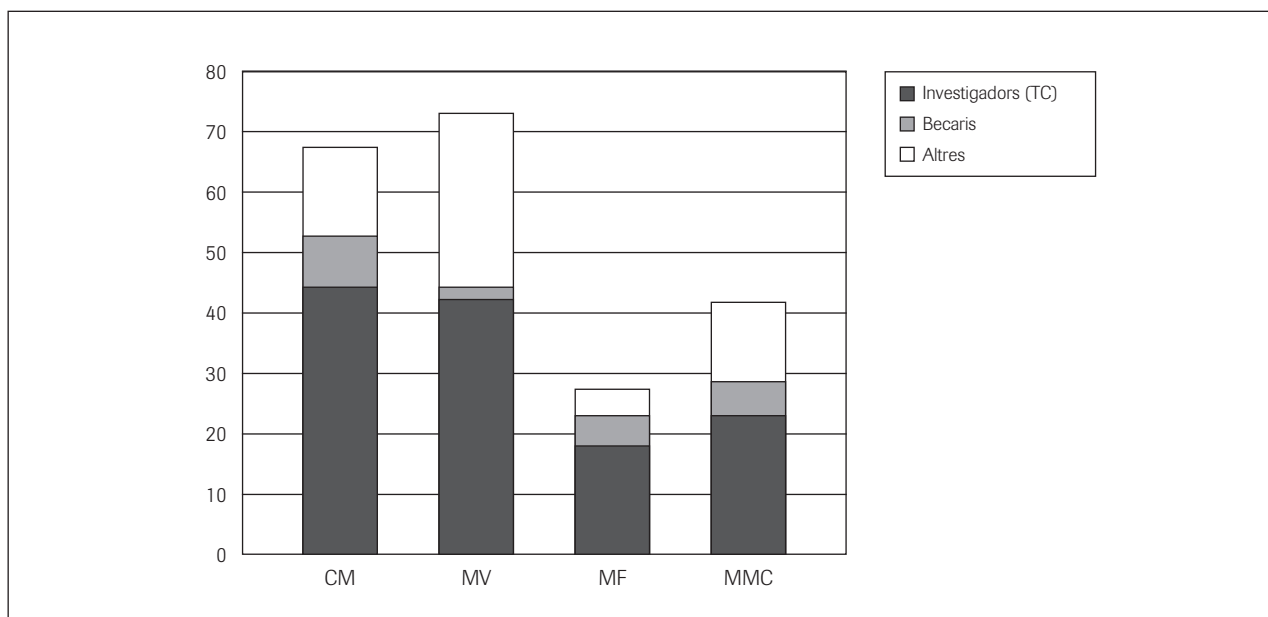


FIGURA 1. Mitjana anual (període 1996-2002) dels recursos humans —expressats en nombre de persones— de la UPC, classificats en investigadors, becaris i altre personal de suport, per a les diverses àrees (CM, MV, MF, MMC). Les dades relatives al Departament 737 de la UPC s'han repartit entre l'àrea de MMC i de CM d'acord amb els percentatges comentats dins el text.

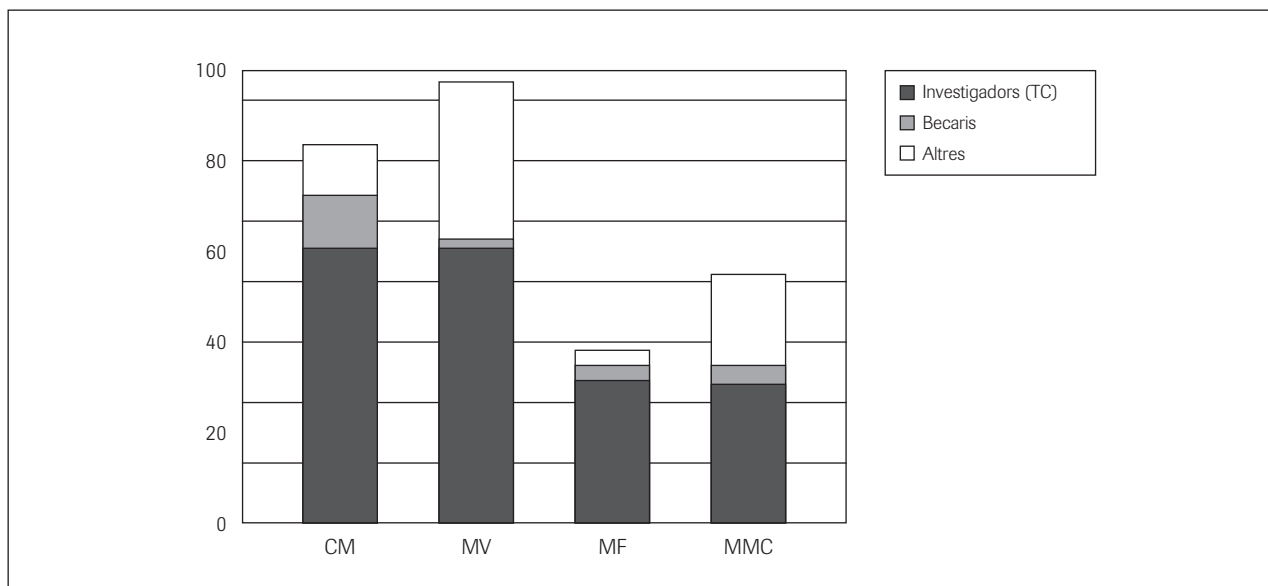


FIGURA 2. Recursos humans —expressats en nombre de persones— corresponents a l'any 2003 de les quatre universitats (UPC, UB, UdG, URV), classificats en investigadors, becaris i altre personal de suport, per a les diverses àrees (CM, MV, MF, MMC). Les dades relatives al Departament 737 de la UPC s'han repartit entre l'àrea de MMC i de CM d'acord amb els percentatges comentats dins el text.

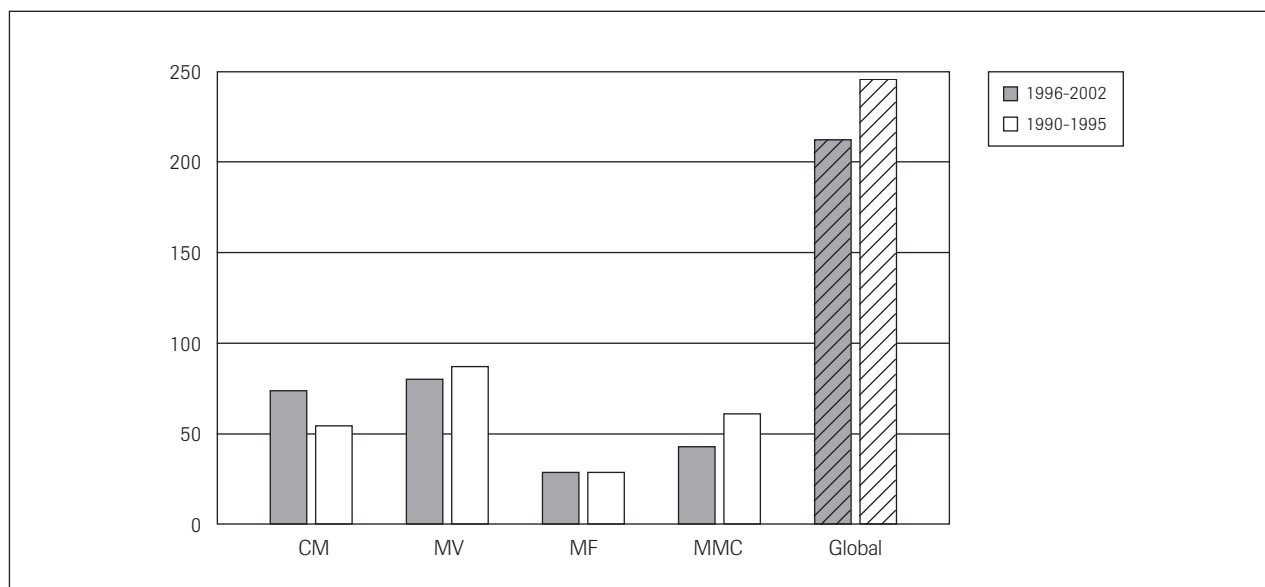


FIGURA 3. Mitjana anual de recursos humans —expressats en nombre de persones (professorat TC i TP, becaris i altres)— de les quatre universitats (UPC, UB, UdG, URV), per a les diverses àrees (CM, MV, MF, MMC) i per als períodes 1996-2002, 1990-1995. Les dades relatives al Departament 737 de la UPC per al període 1996-2002 s'han repartit entre l'àrea de MMC i de CM d'acord amb els percentatges comentats dins el text.

3.1.5. Recursos econòmics

Dins el capítol de recursos econòmics s'han inclòs tant els d'àmbit públic (projectes, accions especials, ajuts a grups de recerca consolidats, borses de viatge...) com els d'àmbit privat (bàsicament convenis amb empreses). Dins els primers, s'ha distingit entre recursos autonòmics (Generalitat de Catalunya), estatals, europeus i altres. Només en el cas de la UPC ha estat possible

obtenir una informació força completa i fiable per departaments. Anàlogament a com s'ha procedit en el cas dels recursos humans, s'ha ponderat la totalitat dels recursos associats al Departament 737 amb un 76 % per a l'àmbit de MMC i un 24 % per a l'àmbit de CM. Els resultats es reflecteixen a les figures 4 (evolució entre el 1996 i el 2001 del conjunt de les àrees) i 5 (mitjana anual en el període del report per àrees) i a la taula 5.

TAULA 5
Mitjana anual (període del 1996 al 2001) dels recursos econòmics de la UPC
(en milions d'euros) en les diverses àrees de l'enginyeria mecànica i dels materials

	CM	MV	MF	MMC	Total
Convenis	0,1391	0,2495	0,1465	0,0640	0,5990
Altres	0,0299	0,0010	0,0634	0,0073	0,1016
Europeus	0,2679	0,0089	0,0838	0,0435	0,4041
Govern central	0,2237	0,0731	0,0502	0,0232	0,3702
Generalitat de Catalunya	0,0650	0,0666	0,0180	0,0255	0,1750
Total	0,7254	0,3991	0,3619	0,1635	1,6499

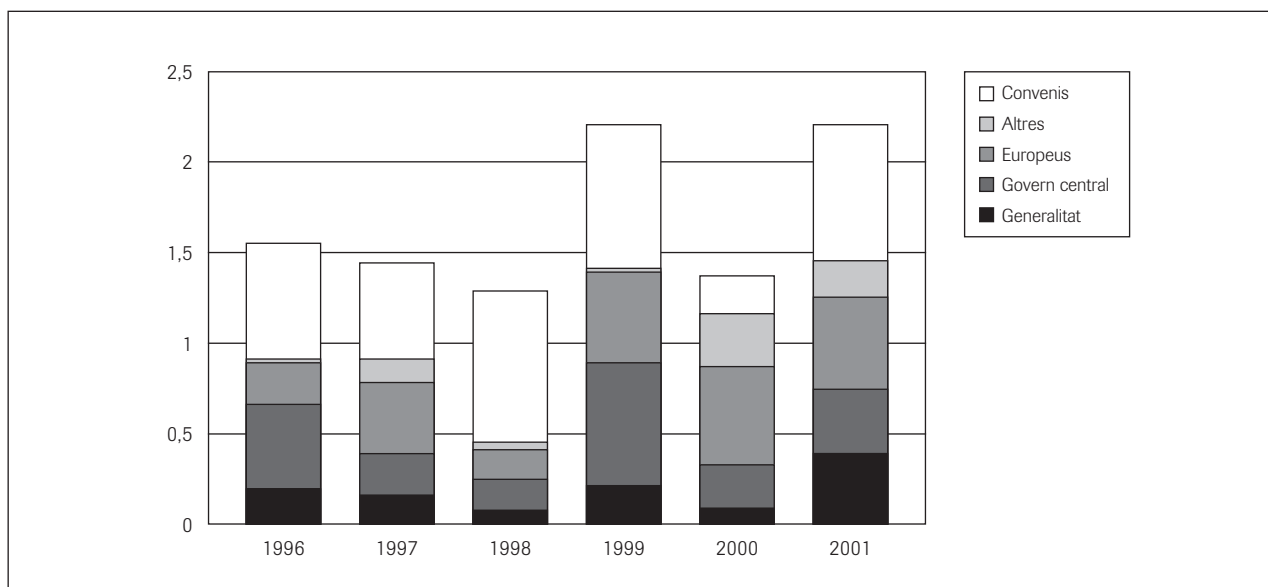


FIGURA 4. Evolució del 1996 i al 2001 dels recursos econòmics (en milions d'euros) del conjunt de les àrees de l'àmbit EM-M de la UPC classificats segons procedència (públics: Generalitat de Catalunya, Govern central, europeus, altres; privats: convenis).

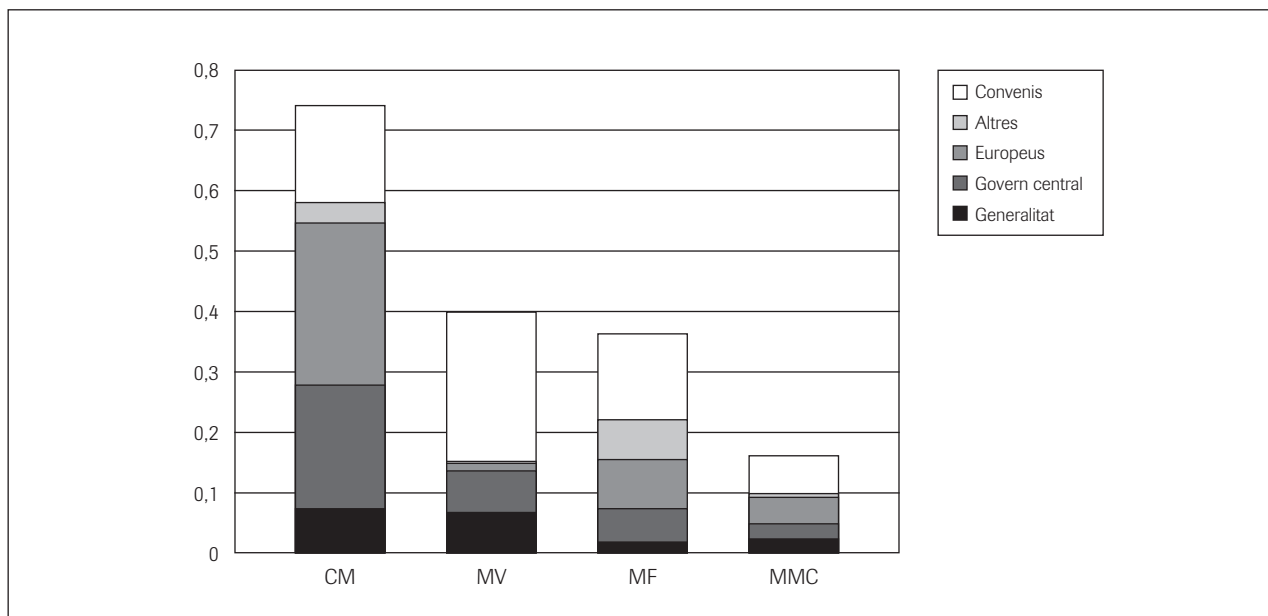


FIGURA 5. Mitjana anual en el període del 1996 al 2001 dels recursos econòmics (en milions d'euros) de la UPC per àrees classificats segons procedència (públics: Generalitat de Catalunya, Govern central, europeus, altres; privats: convenis).

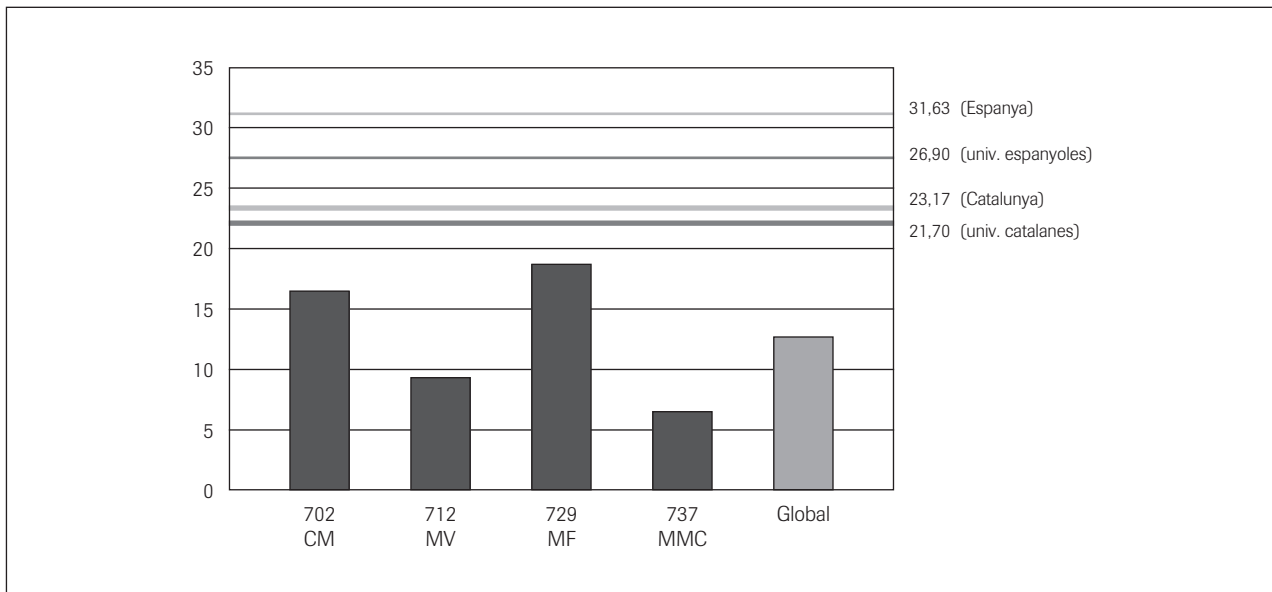


FIGURA 6. Finançament total (públic més privat) mitjà anual per investigador en el període del 1996-2002, en milers d'euros; valor per àrees de l'àmbit EM-M de la UPC i valor global corresponent.

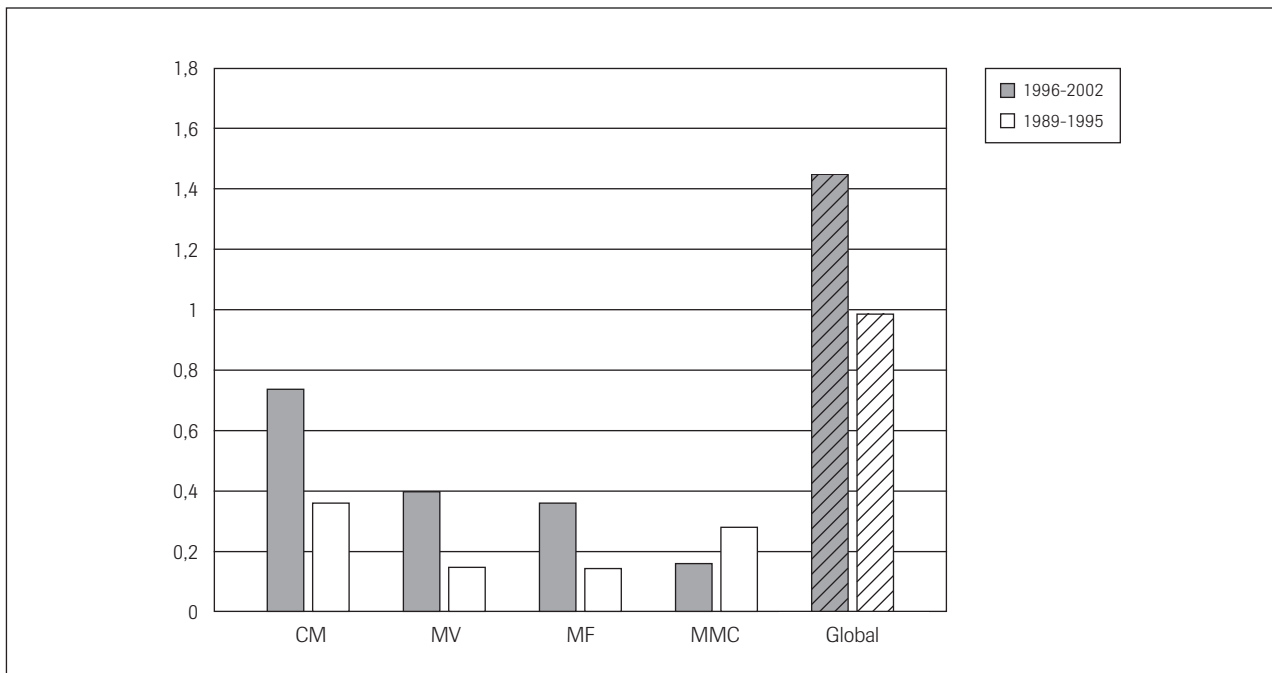


FIGURA 7. Mitjana anual en els períodes del 1996-2001 i el 1990-1995 dels recursos econòmics (en milions d'euros) totals (sector públic i sector privat) de la UPC per àrees i valors globals corresponents.

Les dades sobre recursos humans i econòmics permeten obtenir un indicador relatiu interessant: el finançament total mitjà anual, en el període avaluat, per investigador. La figura 6 presenta aquest resultat per les àrees de l'àmbit EM-M de la UPC i la seva comparació amb els valors de referència per a Catalunya i per a Espanya presentats a la introducció (secció 1).

La comparació entre els recursos econòmics dels últims sis anys i els del report anterior (període 1990-1995) es presenta a les figures 7 i 8 (a, b, c). Globalment s'observa que, tret de l'àrea MMC, les altres han rebut més finançament en el període 1996-2002 que en el període precedent. Aquesta diferència en l'àrea MMC, com es comentarà més endavant, pot provenir del fet

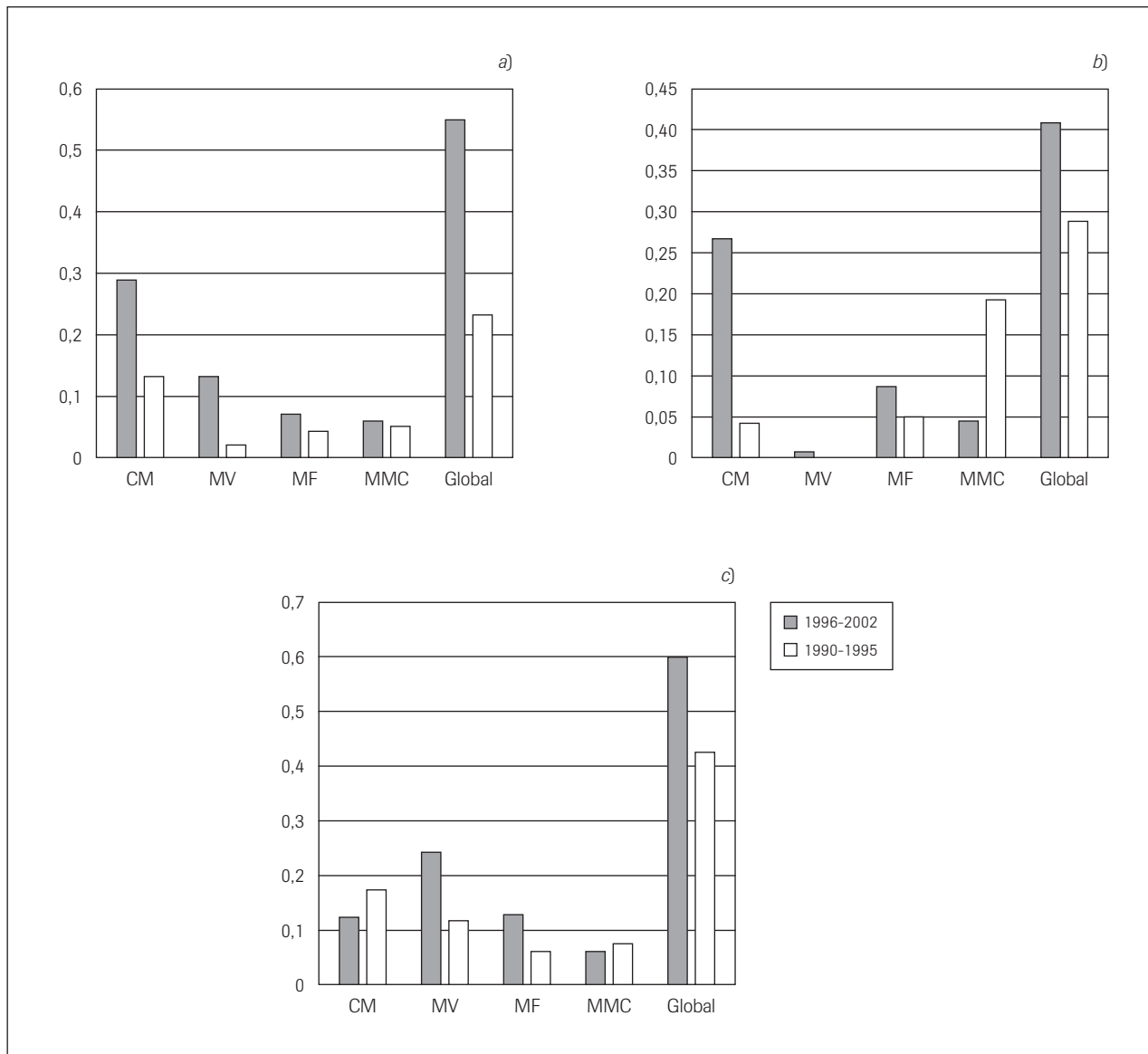


FIGURA 8. Mitjana anual en els períodes del 1996-2001 i el 1990-1995 dels recursos econòmics autonòmics i estatals (a), europeus (b) i associats a convenis (c) (en milions d'euros) de la UPC per àrees.

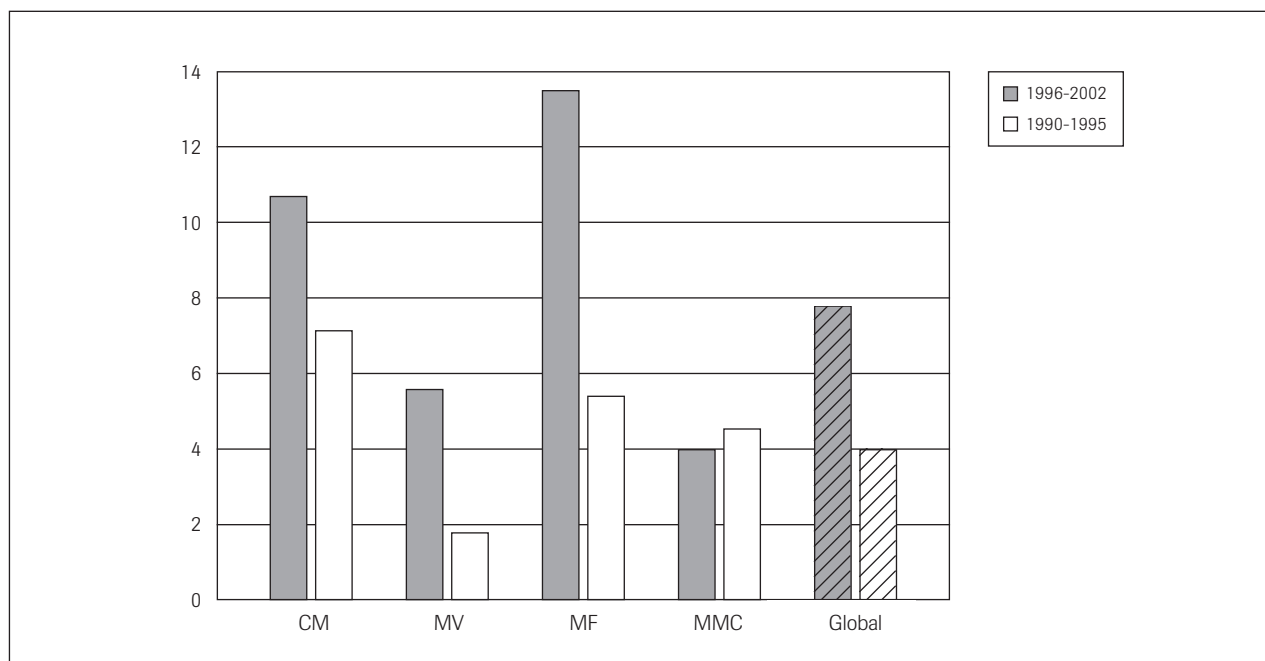


FIGURA 9. Finançament total (públic més privat) mitjà anual per persona en els períodes 1996-2002 i 1990-1995 en milers d'euros; valor per àrees de l'àmbit EM-M de la UPC i valors globals corresponents.

que una part important dels ingressos d'aquesta àrea està lligada a activitats de formació que no s'han tingut en compte dins els recursos econòmics.

Les figures 8 (a, b, c) permeten veure l'evolució del finançament desglossada per capítols: finançament públic autonòmic i estatal (a), europeu (b) i finançament privat o convenis (c). En els tres casos les quantitats globals del període 1996-2002 estan per sobre de les del període 1990-1995.

Finalment, la figura 9 mostra el finançament global mitjà anual per persona dels dos períodes. Com s'ha dit abans, no ha estat possible determinar el nombre d'investigadors del període 1990-1995 a partir de les dades del report anterior, i per aquest motiu la figura 9 es refereix al nombre total de persones. En aquest gràfic la millora de la situació en aquests últims sis anys respecte del període 1990-1995 en les àrees MV i MF és força notable.

3.1.6. Resultats

3.1.6.1. PROGRAMES DE DOCTORAT. TESIS DOCTORALS

Una recerca activa implica no només producció, sinó també formació de personal investigador. Aquest aspecte es relaciona directament amb els estudis de tercer cicle en enginyeria mecànica.

L'oferta de programes de doctorat en les quatre àrees definides anteriorment (CM, MV, MF, MMC), així com el nombre de tesis doctorals que en resulten són indicadors directes i clars d'aquesta activitat.

Cal tenir en compte que el títol de doctor en l'àmbit de l'EM (i de l'enginyeria industrial en general) no és en principi necessari per a les persones que volen treballar en el sector industrial (que solen ser la majoria quan es tracta de persones amb titulació d'enginyeria). On resulta imprescindible per tal d'obtenir una certa estabilitat i una promoció és en l'àmbit universitari. Per aquest motiu, els indicadors relatius a formació doctoral solen estar molt per sota dels de l'àmbit de ciències pures.

Atès que precisament la realització d'una tesi doctoral és el que demostra la capacitat investigadora d'una persona, no és sorprenent després que la recerca en EM en el sector industrial no assoleixi els nivells desitjables.

Tots els programes de doctorat que es relacionen, amb més o menys grau, amb l'EM-M en l'àmbit universitari català es recullen a la taula 6. Cal tenir present, però, que alguns són interdepartamentals i, per tant, la part de formació en EM-M és poc important. És el cas del programa «Graduate Studies in Chemical and Process Engineering» de la URV, que en la seva fase docent només conté un 10 % d'assignatures pròpiament

TAULA 6
Programes de doctorat relacionats amb l'enginyeria mecànica i dels materials a Catalunya

Nom del programa	Àrea	Universitat	Departament
Ciència dels materials i enginyeria metal·lúrgica	CM	UPC	Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica (702)
Enginyeria mecànica	MV	UPC	Enginyeria Mecànica (712)
Fluidotècnia	MF	UPC	Mecànica de Fluids (729)
Anàlisi estructural	MMC	UPC	Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (737)
Projectes d'innovació tecnològica en l'enginyeria de producte i procés	MV	UPC	Projectes d'Enginyeria Enginyeria Mecànica
		UdG	Enginyeria Mecànica i Construcció Industrial
Tecnologia de materials	CM	UB	Enginyeria Química i Metal·lúrgica Física Aplicada i Òptica Química Física Química Inorgànica Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals
Tècniques instrumentals de la física i la ciència de materials	CM	UB	Física Aplicada i Òptica Física Fonamental
Graduate Studies in Chemical and Process Engineering (2/20)	CM	URV	Enginyeria Química Enginyeria Mecànica

d'EM. Els dos programes sobre materials proposats per la UB presenten característiques semblants, encara que són més propers a la CM que l'anterior. Això és conseqüència del fet que cap d'aquestes dues universitats ofereix la titulació d'enginyeria industrial.

En aquest report, es considera que els primers quatre programes de la taula, tots unidepartamentals i de la UPC, són els més importants a l'hora d'avaluar la formació d'investigadors en aquest camp. Per aquest motiu, els indicadors de formació es referiran exclusivament a aquests programes.

TAULA 7
Tercer cicle: indicadors per curs en l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials a la UPC

Mitjanes anuals (tesis dirigides als departaments)	Dep. 70 CM	Dep. 712 MV	Dep. 729 MF	Dep. 737 MMC	Global
Nombre de tesis per curs (període del 1996-1997 al 2001-2002)	6,500	1,830	2,500	3,830	14,660
Nombre de tesis per investigador i per curs (període del 1997-1998 al 2000-2001)	0,179	0,044	0,128	0,123	0,114

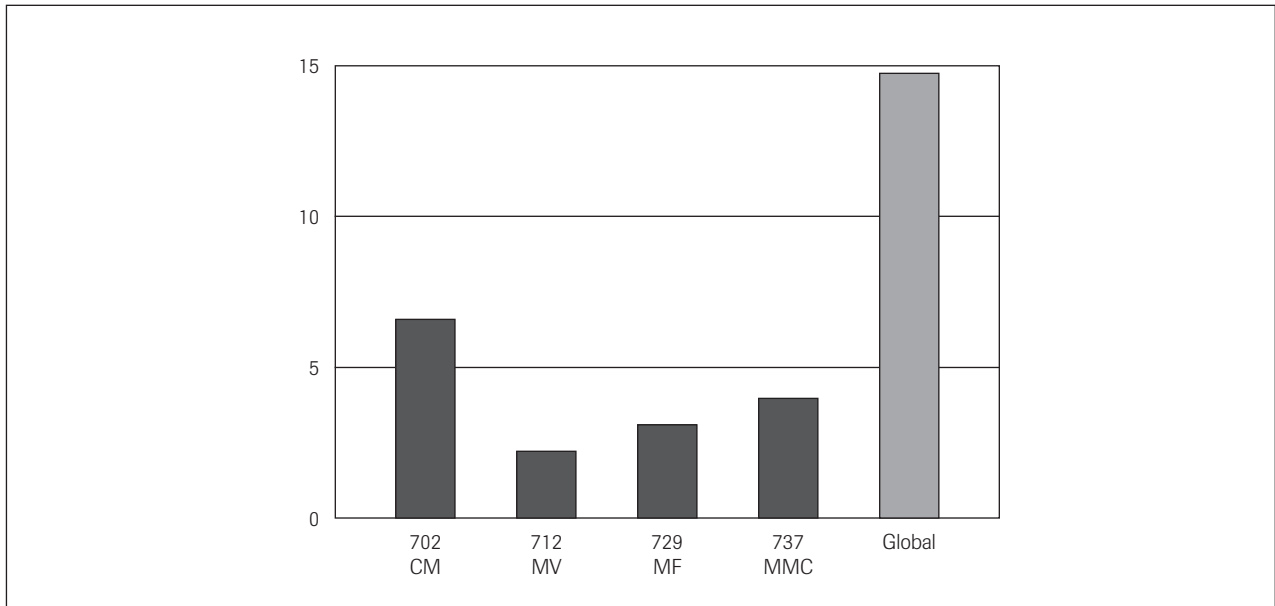


FIGURA 10. Mitjana per curs de les tesis doctorals dirigides en els quatre departaments de l'àmbit EM-M de la UPC en el període del 1996-1997 al 2001-2002.

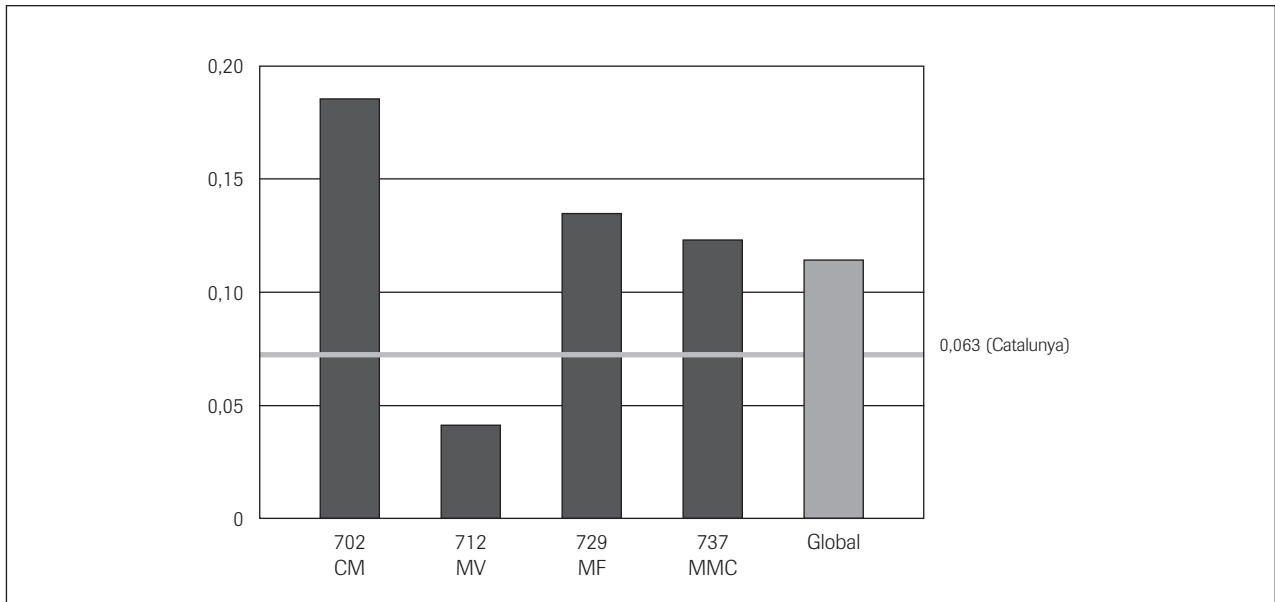


FIGURA 11. Mitjana per curs de les tesis doctorals per investigador dirigides en els quatre departaments de l'àmbit EM-M de la UPC en el període del 1997-1998 al 2000-2001.

Cal esmentar que el Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (737) a més d'abastar les diferents àrees de l'EM abasta també les branques d'enginyeria civil, i que no és senzill separar les tesis i els investigadors que corresponen a cadascuna. Tanmateix, com que molts treballs es refereixen a MMC (com s'ha pogut comprovar amb una inspecció d'una part important dels títols de les tesis corresponents), s'ha optat per considerar totes les tesis dins d'aquesta àrea.

Una altra precisió que cal fer és que hi ha dos nombres diferents relacionats amb tesis associades a un mateix departament. D'una banda, les tesis dirigides per algun doctor del departament, i, de l'altra, les tesis presentades al departament. En general no coincideixen, perquè una tesi presentada en un departament pot haver estat dirigida per un doctor extern al departament. En aquest report s'ha pres com a indicador el que correspon a les tesis dirigides per doctors del departament.

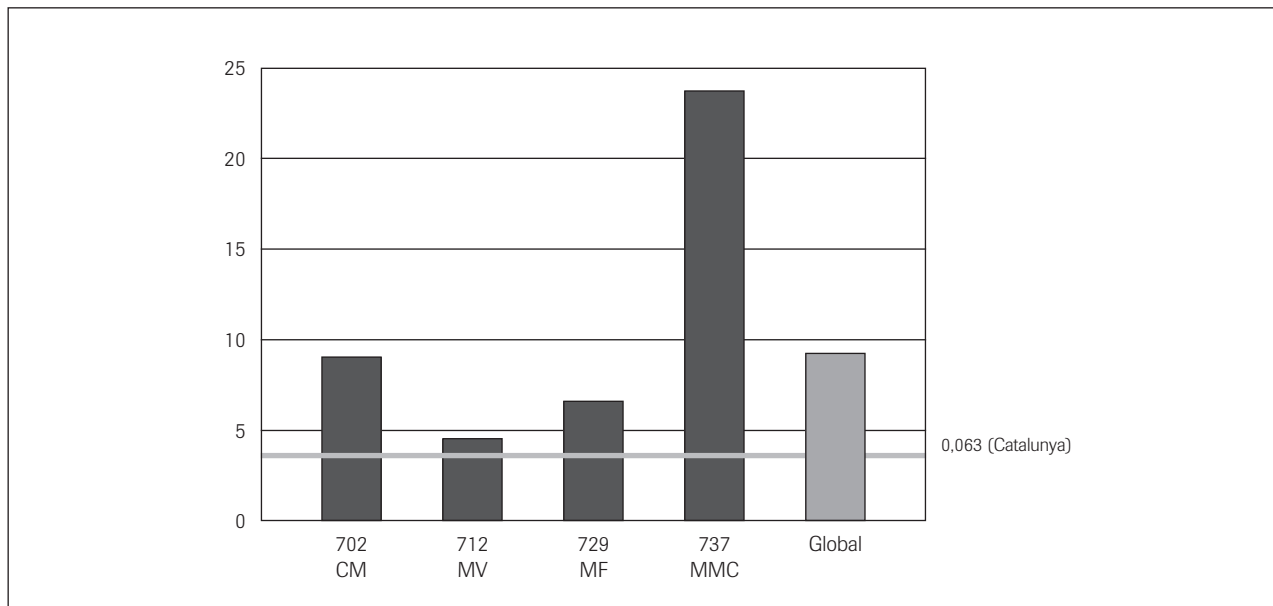


FIGURA 12. Nombre mitjà de tesis per milió d'euros dirigides en els quatre departaments de l'àmbit EM-M de la UPC en el període del 1997-1998 al 2000-2001.

La taula 7 i les figures 10 i 11 presenten la mitjana per curs acadèmic dels indicadors corresponents.

Finalment, la figura 12 relaciona el nombre de tesis dirigides a la UPC amb el finançament, per a cadascun dels departaments considerats i per a la totalitat d'aquests departaments.

3.1.6.2. LÍNIES DE RECERCA I ARTICLES INDEXATS

Tots els resultats de la recerca estan associats a una línia d'investigació. Cada departament té definit un cert nombre de línies, i un mateix investigador pot formar part de més d'una.

El nombre de línies per departament no és *a priori* un indicador d'activitat. El seu coneixement, però, és interessant si s'acompanya dels indicadors de producció científica corresponents. Un departament universitari pot aparèixer globalment com a molt productiu, però pot ser que en realitat un per-

tatge molt elevat d'aquesta producció sigui d'una única línia d'investigació.

Malauradament, aquesta és una situació força freqüent. En l'àmbit de la UPC, aquest problema ha portat a proposar una redefinició de les línies. La proposta, que en breu passarà per la Junta de Govern, consisteix en la supressió de les actuals línies i la creació de grups de recerca, en nombre més reduït que el de les actuals línies, que constaran com a mínim de cinc membres del PDI actius i que hauran de tenir una producció investigadora superior a un cert valor llindar (actualment per definir). En la nova situació, una mateixa persona només podrà pertànyer a una línia d'investigació.

Com en altres apartats, la informació precisa sobre les línies de recerca existents només s'ha pogut trobar per a la UPC. Cal tenir en compte que durant el període del 1996-1997 al 2001-

TAULA 8

Línies de recerca i investigadors en l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials a la UPC. Període 1996-2002

Departament	Àrea	Línia de recerca	Investigadors
Dep. 702	CM	Tecnologia de polímers i compòsits	14
	CM	Comportament mecànic de metalls i ceràmiques	10
	CM	Biomecànica i biomaterials	15
	CM	Processos de conformació de materials metàl·lics	14
	CM	<i>(Aliatges lleugers)</i> Aliatges lleugers i tractaments de superfície	6
	CM	Línia general	—
Dep. 712	MV	Contaminació ambiental per emissió acústica	9
	MV	Teoria de màquines i vibroacústica	8
	MV	<i>(Acústica musical)</i> <i>(Anàlisi cinemàtica i dinàmica de sistemes multisòlid)</i> Mecànica i acústica	2
	MV	Processos de fabricació mecànica	3
	MV	Optimització del disseny de mecanismes i elements de màquines	10
	MV	Disseny de màquines i transmissions: simulació mecànica i anàlisi estructural	9
	MV	Enginyeria i explotació del transport	7
	MV	Línia general	—
Dep. 729	MF	Sistemes materials en estat fluid	3
	MF	Sistemes de control i de potència oleohidràulics i pneumàtics	11
	MF	Sistemes de turbomàquines	8
	MF	Línia general	—
Dep. 737	MMC	<i>(Desenvolupament de models numèrics per a la solució de les equacions d'Euler / Navier-Stokes)</i> <i>(Model d'elements finits per a problemes de flux de fluids)</i> <i>(Anàlisi de models d'escala en estructures)</i> Anàlisi d'estructures i de mecànica de medis continus	17
	MMC	<i>(Anàlisi estructural pel mètode d'elements finits)</i> <i>(Anàlisi dinàmica d'estructures)</i> <i>(Software educatiu per a anàlisi d'estructures)</i> <i>(Problemes acoblats en enginyeria estructural)</i> <i>(Models numèrics per a l'anàlisi no lineal de plaques i estructures)</i> <i>(Anàlisi d'estructures amb materials compostos)</i> Anàlisi estructural avançat mitjançant mètodes numèrics i experimentals	16
	CM	<i>(Anàlisi de conformat de metalls)</i> <i>(Anàlisi d'estructures amb materials compostos)</i> Estudi d'elements resistents i processos de fabricació mitjançant tècniques experimentals i de simulació	6
	MMC	Línia general	—

2002 hi ha hagut línies que han estat donades de baixa i d'altres que han estat donades d'alta. Les línies vigents actualment són sovint la fusió de línies anteriors. La taula 8 recull en lletra cursiva les línies anteriors que s'han refós, i en lletra rodona les vigents. El nombre d'investigadors adscrits a cada línia correspon als d'enguany (curs 2003-2004).

Per a tots els departaments hi ha una línia general de recerca (el nom de la qual coincideix amb el del departament) on s'inclou la producció dels investigadors que no pertanyen formalment a cap de les altres línies. El nombre d'investigadors que es troben en aquesta situació no és avaluable fàcilment, perquè ni tan sols es pot suposar que correspon al nombre total d'investi-

gadors d'un departament menys els que estan adscrits a línies de recerca, atès que hi ha investigadors que no publiquen.

La producció científica és mesurable principalment a través del nombre de publicacions en revistes de prestigi (les que figuren al *Journal Citation Report* [JCR]). Les activitats relacionades amb congressos no es consideren representatives, perquè en la seva majoria no passen per un procés rigorós de selecció per part de revisors, i, per tant, el seu nivell científic (novetat i serietat de l'estudi i/o resultats presentats) no està garantit. Quan les ponències a congressos corresponen a treballs científics de qualitat, és habitual que aquests acabin essent publicats en forma d'articles en revistes del JCR.

TAULA 9
Mitjana anual d'articles indexats corresponents al període 1996-2002 en l'àmbit de l'enginyeria mecànica i dels materials

Universitats	CM	MV	MF	MMC
UB, UdG, URV	15,7	0,00	1,7	0,0
UPC	42,7	3,17	1,0	13,7
<i>Total</i>	58,4	3,17	2,7	13,7

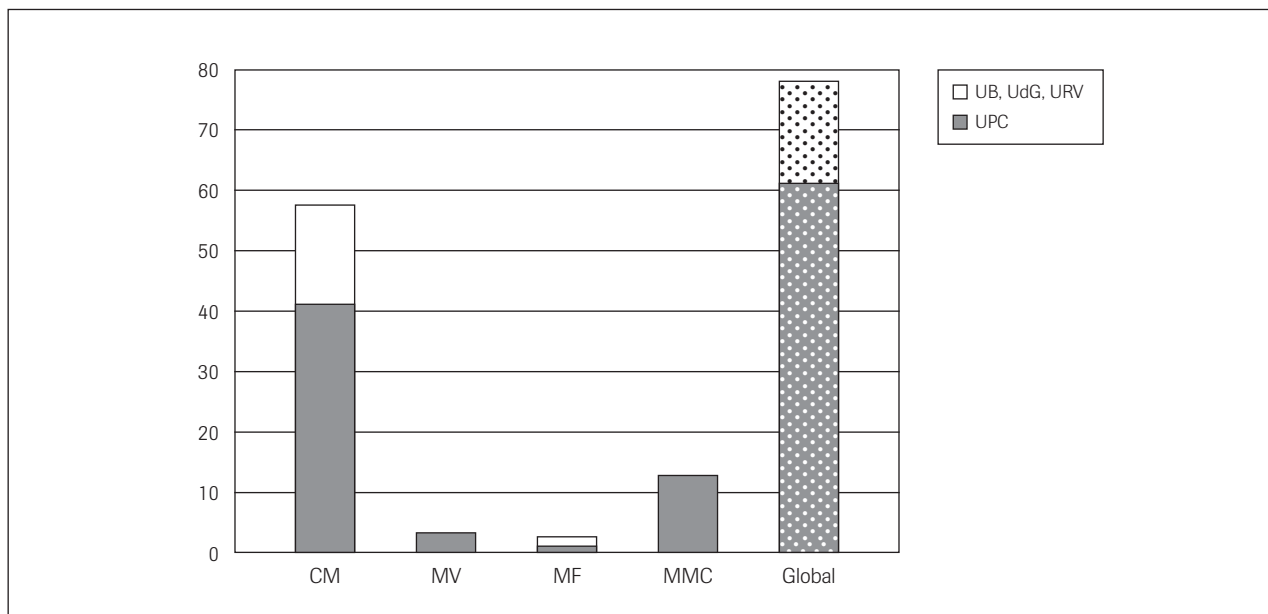


FIGURA 13. Nombre mitjà anual d'articles indexats en l'àmbit EM-M corresponents al període 1996-2002 per a totes les universitats catalanes segons les àrees.

Un altre indicador que s'ha desestimat són les publicacions en llibres. Gairebé totes les que apareixen en els currículums i webs dels grups solen ser resums i ponències inclosos en les actes dels congressos o bé llibres relacionats amb l'activitat docent.

La taula 9 i la figura 13 presenten la totalitat dels articles indexats per a totes les universitats catalanes en el període 1996-2002. En aquesta taula i aquesta figura, els articles procedents del Departament 737 de la UPC s'han subdividit per àrees.

Els indicadors absoluts són poc representatius de la productivitat, ja que no tenen en compte els recursos humans amb que compta cada grup. Per aquest motiu, és desitjable representar els indicadors relatius per investigador. Ara bé, tal com s'ha comentat en apartats anteriors, atès que hi ha grups de recerca l'activitat dels quals no és exclusivament d'una sola àrea i que un mateix investigador pot produir en diverses àrees, els indicadors relatius s'han de prendre sobretot com a una orientació qualitativa. La figura 14 recull la mateixa informació que la figura 9 però per investigador.

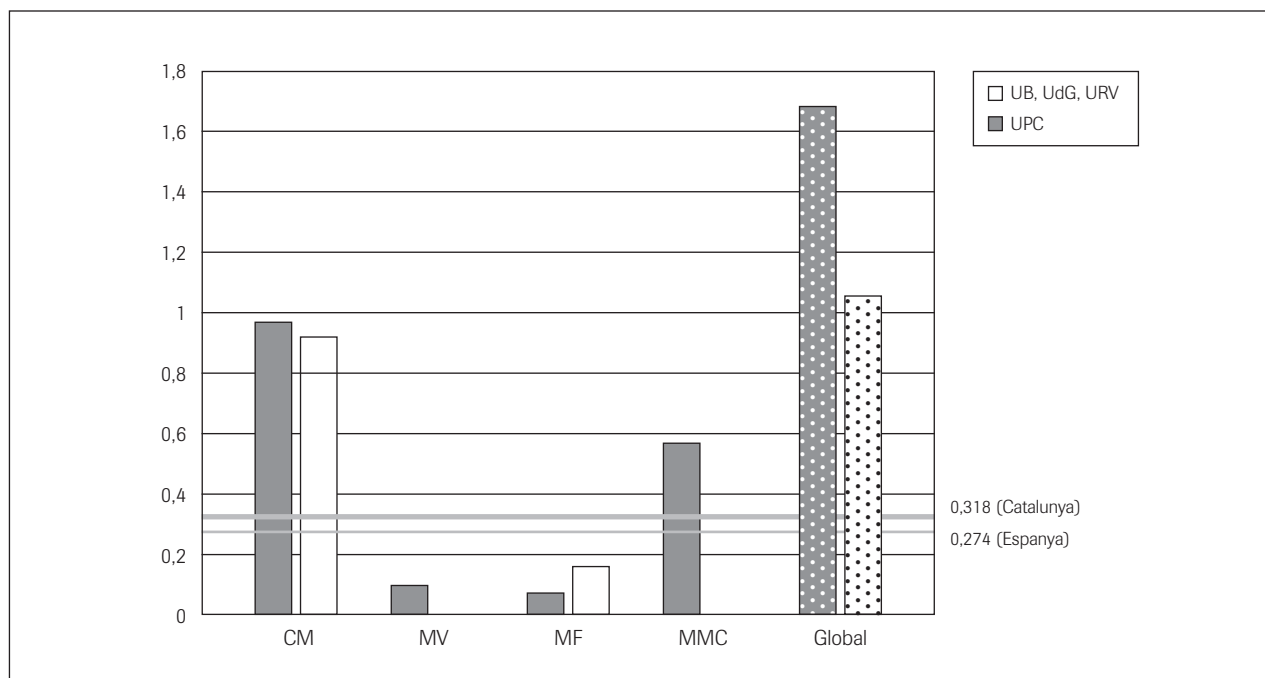


FIGURA 14. Mitjana anual (corresponent al període 1996-2002) d'articles indexats per investigador en l'àmbit EM-M per a totes les universitats catalanes.

Finalment, i exclusivament per al cas dels departaments de la UPC, ha estat possible classificar la productivitat per línia de departament. Aquesta informació permet comprovar que, tal com s'ha comentat abans, el nombre de línies per de-

partament no és *a priori* un indicador d'activitat. La taula 10 i la figura 15 mostren els indicadors relatius (nombre d'articles per investigador) per a cadascuna de les línies de recerca dels quatre departaments.

TAULA 10
 Línies de recerca i mitjana anual d'articles JRC en l'àmbit
 de l'enginyeria mecànica i dels materials a la UPC. Cursos del 1996-19997 al 2001-2002

Departament	Línia de recerca		Articles per any i investigador
Dep. 702	1	Tecnologia de polímers i compòsits	0,57
	2	Comportament mecànic de metalls i ceràmiques	0,72
	3	Biomecànica i biomaterials	1,07
	4	Processos de conformació de materials metàl·lics	0,29
	5	Aliatges lleugers i tractaments de superfície	0,11
Dep. 712	1	Contaminació ambiental per emissió acústica	0,04
	2	Teoria de màquines i vibroacústica	0,04
	3	Mecànica i acústica	0,92
	4	Processos de fabricació mecànica	0,17
	5	Optimització del disseny de mecanismes i elements de màquines	0,00
	6	Disseny de màquines i transmissions: simulació mecànica i anàlisi estructural	0,00
	7	Enginyeria i explotació del transport	0,00
Dep. 729	1	Sistemes materials en estat fluid	0,06
	2	Sistemes de control i de potència oleohidràulics i pneumàtics	0,00
	3	Sistemes de turbomàquines	0,08
Dep. 737	1	Anàlisi d'estructures i de mecànica de medis continus	0,34
	2	Anàlisi estructural avançat mitjançant mètodes numèrics i experimentals	0,33
	3	Estudi d'elements resistents i processos de fabricació mitjançant tècniques experimentals i de simulació	0,72

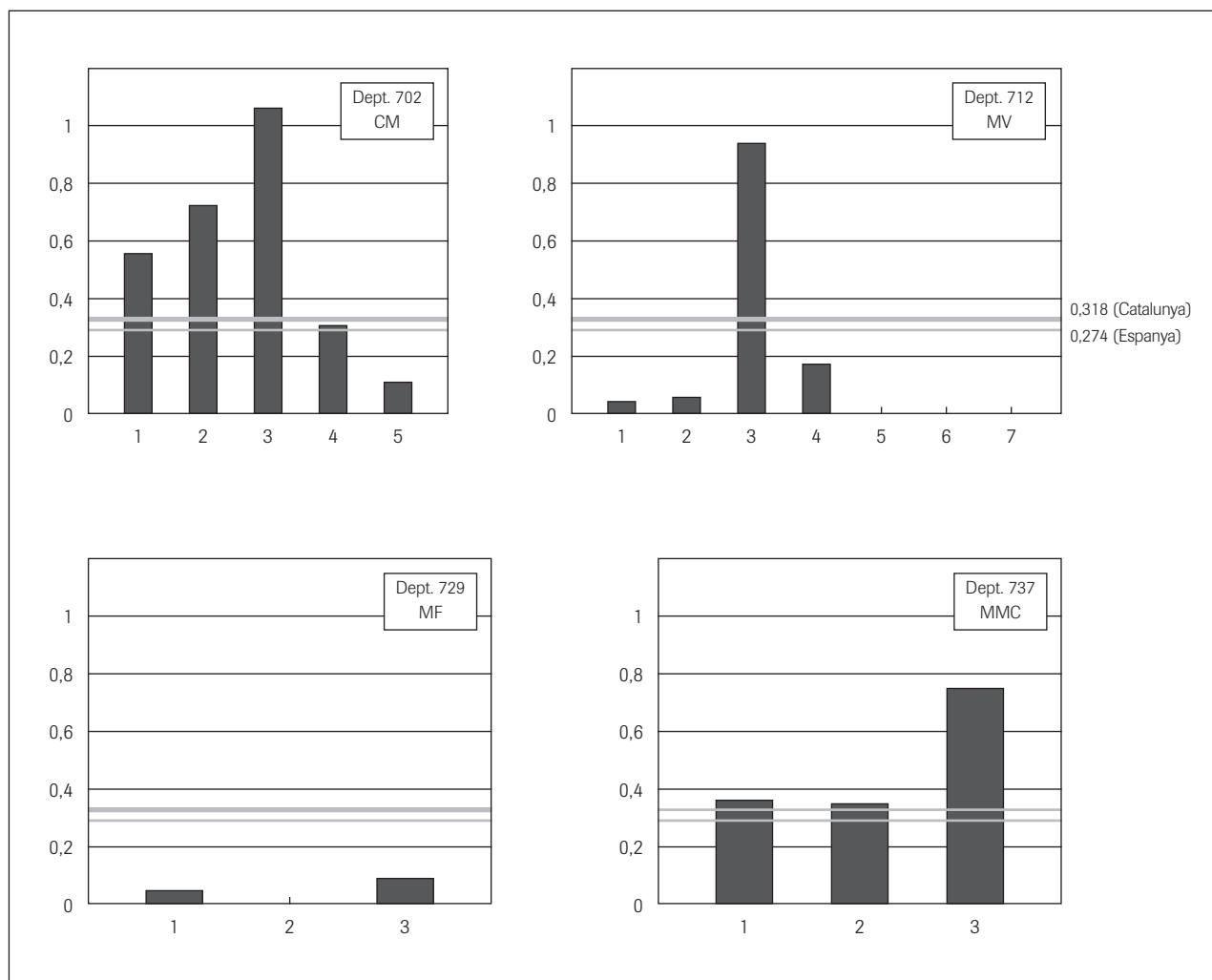


FIGURA 15. Nombre mitjà anual d'articles indexats per investigador per a cadascuna de les línies de recerca existents en els quatre departaments de la UPC de l'àmbit EM-M en el període 1996-2002.

Finalment, un altre indicador relatiu interessant és el que relaciona la producció d'articles amb el finançament. Aquestes dades per als departaments de la UPC es presenten a la figura 16.

La comparació de la producció en articles indexats del pe-

ríode 1996-2002 amb la del període 1990-1995 es mostra a les figures 17 i 18. Ambdues figures mostren un increment de producció important per a les àrees de CM i MMC, discreta per a l'àrea MF, però un retrocés per a l'àrea MV.

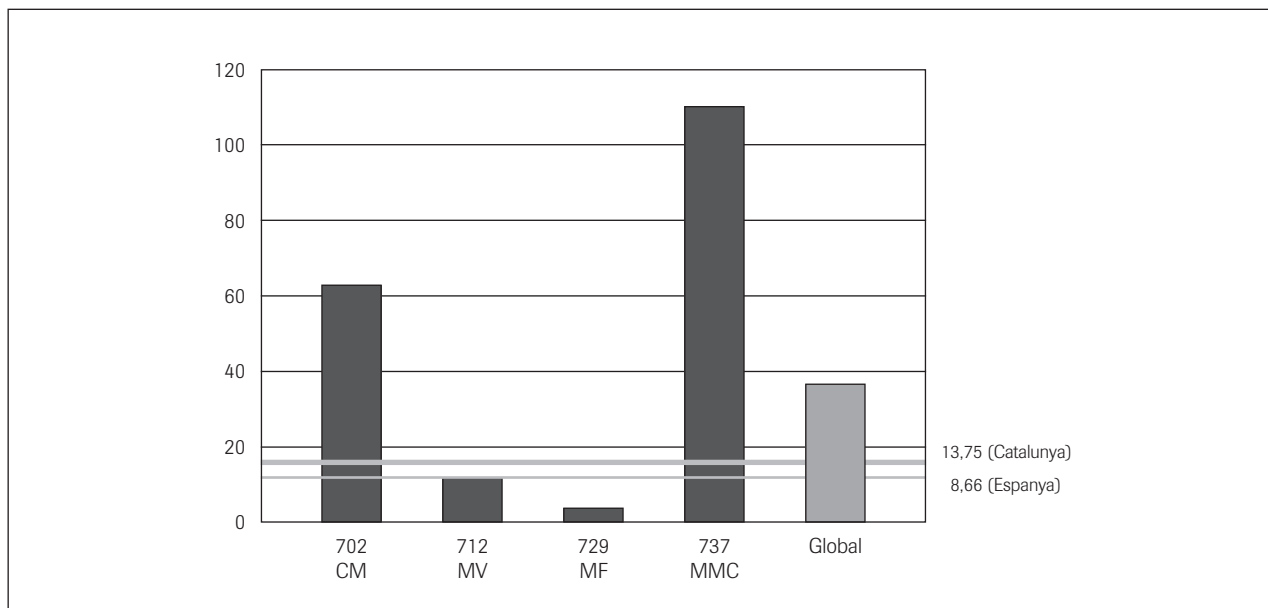


FIGURA 16. Nombre mitjà anual d'articles per milió d'euros en l'àmbit EM-M en el període 1996-2002 classificats per departaments de la UPC.

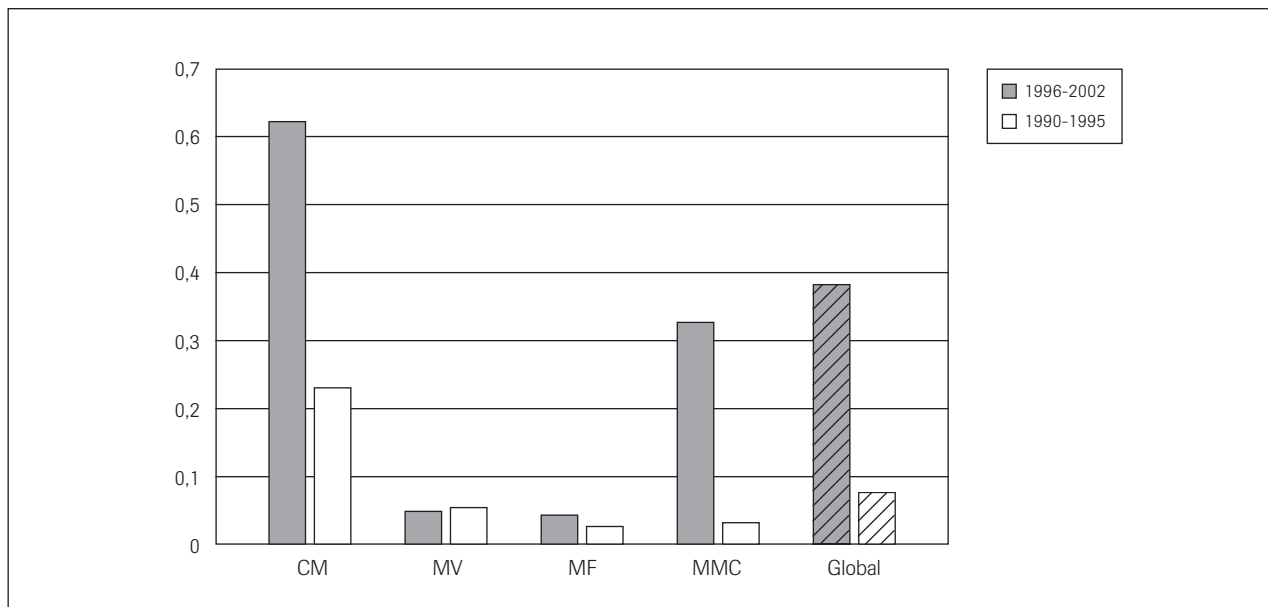


FIGURA 17. Mitjana anual (corresponent als períodes 1996-2002 i 1990-1995) d'articles indexats per persona (professorat TC i TP, becaris i altres) en l'àmbit EM-M per a totes les universitats catalanes.

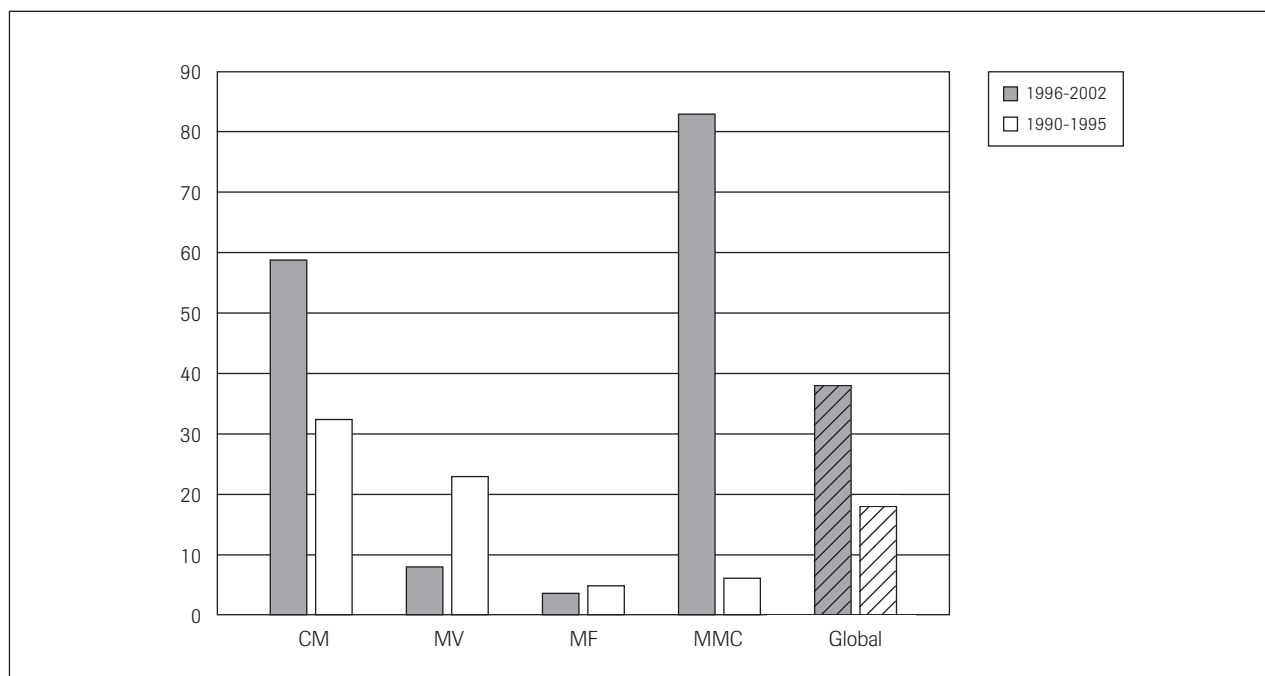


FIGURA 18. Nombre d'articles indexats per milió d'euros en l'àmbit EM-M en els períodes 1996-2002 i 1990-1995 classificats per departaments de la UPC.

3.1.7. Consideracions generals i conclusions

L'anàlisi de les diferents dades quantitatives referents a l'EM-M que es recullen en els apartats precedents posa de manifest clarament que, tot i ser agrupades sota un mateix àmbit, l'enginyeria de materials, d'una banda (que inclou íntegrament l'àrea de CM), i l'enginyeria mecànica (que inclou les altres tres àrees: MV, MF i MMC), d'una altra, presenten un comportament molt diferent.

Efectivament, mentre que els indicadors relatius a l'enginyeria de materials en molts casos estan per sobre de les mitjanes a Catalunya i a Espanya, els que es refereixen a la MV i a la MF estan francament per sota. El cas de l'àrea MMC és intermedi.

Es podria pensar que el comportament diferent prové de la diferent mida dels grups investigadors en cada àrea. De fet, l'àrea CM compta amb un nombre d'investigadors totalment comparable a l'àrea MV (mitjana de 43,81 investigadors en el cas de la CM i de 41,67 en el cas de la MV), i, per tant, la dimensió del grup no pot ser la raó fonamental.

La conclusió clara que sí que es pot extreure d'aquest fet és que si bé tot el PDI a TC es considera investigador, és només un percentatge petit el que sembla que actua realment com a tal en el cas de la MV. Les causes poden ser diverses. Una podria es-

tar vinculada amb el fet que una part d'aquest PDI es troba en escoles tècniques i no escoles superiors. Així, mentre la totalitat dels investigadors en l'àrea CM pertany a la facultat de química de la UB i a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona (ETSEIB) de la UPC, els investigadors en l'àrea MV es troben repartits en proporcions gairebé iguals entre tres centres superiors (ETSEIB, l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Terrassa [ETSEIT] i la UdG) i quatre escoles tècniques universitàries (Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona [EUETIB], Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa [EUETIT], Escola Universitària Politècnica de Vilanova i la Geltrú [EUPVG], Escola Universitària Politècnica de Manresa [EUPM]). Els centres tècnics no tenen la tradició investigadora dels centres superiors i, per tant, tot i que hi ha PDI a TC, la seva vinculació a la recerca activa sol ser menys intensa (tret dels que formen part del CDAL de l'EUPVG, però en aquest cas es tracta de personal de l'àmbit dels materials).

L'àrea MF és també poc productiva, però la seva dimensió és francament inferior a la de les altres dues. Curiosament, la secció més activa és la de la URV, tot i tractar-se d'una universitat amb menys història que la UPC.

Una altra justificació del diferent nivell de producció científica de l'àrea CM comparada amb les altres es podria buscar en

els recursos econòmics. Certament, l'àrea CM disposa d'una mitjana molt superior a la de les altres àrees. L'àrea que disposa de més recursos després de la CM és la de MV (1,8 vegades inferior). Això, però, no implica una producció científica (avaluada a partir del nombre d'articles indexats) 1,8 vegades inferior. En realitat, la producció de l'àrea MV no arriba a l'1 % de la de l'àrea CM.

Un fet sorprenent és el baix nivell de finançament de l'àrea MMC. Malgrat trobar-se gairebé 4,5 vegades per sota del nivell de la CM, és la segona àrea pel que fa a producció científica en articles indexats. Això fa pensar que una part important dels recursos econòmics de la MMC (que de fet correspon exclusivament al Departament 737 de la UPC) prové de fons que no s'han inclòs en els indicadors econòmics d'aquest report. És el cas dels ingressos associats a formació continuada (postgraus, màsters...). Una part important del PDI del Departament 737 forma part del CIMNE i aquest centre té com a activitat principal la formació, amb un corresponent volum d'ingressos elevat.

Si es fa una anàlisi més detallada dels recursos econòmics en funció del seu origen, crida l'atenció l'elevat percentatge (respecte del valor total) que representen els que estan associats a convenis en el cas de l'àrea MV. La conclusió lògica és que una part molt important del PDI d'aquesta àrea dedica el temps bàsicament a contractes amb el món empresarial. Aquesta dada no proporciona cap informació directa sobre la producció científica, ja que tant pot ser que es tracti de projectes i serveis típics d'una oficina tècnica com d'activitats de recerca promogudes pel món industrial. Ara bé, l'absència de publicacions lligades a aquesta activitat és simptomàtica. D'altra banda, com que l'organisme responsable d'acreditar els projectes de recerca dins les empreses (l'AIDIT) encara està en període de prova, no es té la confirmació que els convenis amb el sector empresarial siguin realment de recerca però protegits per clàusules de confidencialitat.

L'activitat lligada a convenis amb el sector privat té uns incentius que no té en principi l'activitat purament investigadora, ja que permet incrementar els ingressos del PDI que hi participa (d'acord amb les restriccions previstes per la llei). D'altra banda, atès que els recursos econòmics que provenen del sector públic solen ser insuficients per a l'adquisició d'infraestructura i desenvolupament d'activitats de recerca, pot ser convenient comptar amb convenis amb empreses privades que ajudin a finançar la recerca. És lògic, doncs, que les universitats tinguin interès a fomentar aquestes actuacions. El problema és que no hi ha una exigència investigadora mínima associada a aquest tipus d'activitats. El món empresarial, per la seva banda, també té interès a potenciar les seves activitats de R+D en col·laboració amb la universitat, pels avantatges fiscals i econòmics implicats.

La conveniència de col·laboració amb l'entorn industrial no és només econòmica: és cert que es poden dur a terme projectes de recerca importants en aquest tipus de convenis. En aquest sentit, els centres de transferència de tecnologia (CTT) de les diferents universitats haurien de fomentar-los. Però sovint els CTT acaben fent només de gestors i no es preocupen ni del nivell científic i tecnològic dels convenis que gestionen ni de connectar adequadament el món universitari amb l'empresarial.

La solució d'aquest cercle viciós lligat als convenis amb el sector privat passaria per diverses actuacions. Caldria que els CTT actuessin realment com a tècnics de venda de l'activitat investigadora universitària i no únicament com a gestors dels ingressos. Això, però, seguiria sense garantir el nivell de les col·laboracions possibles empresa-universitat. És aquí on hauria d'entrar en joc el procés d'acreditació. L'AIDIT hauria de funcionar de manera estable i actuar realment com a institució clau per a certificar el nivell dels projectes. Els CTT i l'AIDIT haurien de formar un tàndem que garantis la qualitat de les activitats de R+D fruit de la col·laboració entre el món universitari i el sector privat.

Totes aquestes actuacions per part dels CTT i de l'AIDIT són insuficients si no existeix personal investigador competent. La competència investigadora queda en principi garantida amb l'obtenció del títol de doctor. En l'àmbit universitari, el doctorat és necessari per a l'estabilitat laboral i la promoció. En canvi, en el món empresarial el títol de doctor no té la mateixa valoració i la promoció no hi està lligada. Potenciar el prestigi del doctorat en l'àmbit empresarial repercutiria positivament en el nivell científic de les seves activitats de R+D.

De manera general, és evident que en l'àmbit universitari no existeixen ni mecanismes per controlar la producció investigadora del PDI ni incentius clars per a promoure-la. La llei diu explícitament que el PDI té obligació investigadora, però no defineix els indicadors corresponents que permetrien avaluar-la. Per aquest motiu, acaba essent impossible demostrar la inactivitat del PDI en aquest terreny.

L'activitat, en canvi, es pot demostrar mitjançant les publicacions. Lligat a aquestes publicacions existeix un únic incentiu per part del Govern central. Són els «sexennis de recerca». Qualsevol membre del PDI hauria d'arribar a un mínim de producció científica anual —el demanat per als sexennis és de 0,5 articles indexats per any—; aquest mínim, tot i revertir en un «sexenni», no millora les condicions per fer recerca. Un incentiu més eficaç seria el de descarregar d'una part de docència o, fins i tot, de concedir un període sabàtic a tota persona la producció de la qual estigués clarament per sobre d'aquest mínim. Això juntament amb una més gran facilitat per disposar de becaris i de personal de suport a la recerca serien mesures que revertirien de ben segur en un augment de la producció i qualitat de la recerca.

La filosofia general, doncs, hauria de consistir no tant a reconèixer el que per llei és obligació, sinó a primar el que excel·leix respecte del nivell mitjà esperat i exigir el compliment de la producció mínima al PDI a qui es concedeix la dedicació a TC.

3.2. Enginyeria energètica i elèctrica

La recerca i el desenvolupament tecnològic en l'àmbit energètic

La investigació d'alt nivell és cada vegada més complexa, interdisciplinària i costosa, al temps que exigeix una «massa crítica» de persones que augmenta constantment. Hi ha molt pocs equips d'investigació, laboratoris o empreses que puguin al·legar raonablement que són capaços de donar resposta a aquests reptes. Fins i tot països sencers es troben que cada vegada els és més difícil treballar i desenvolupar un paper dirigit en els molts camps del progrés científic i tecnològic.

Alejandro ZURITA, Comissió Europea-Euratom

3.2.1. Característiques de l'àmbit

La biosfera està constituïda per dues fonts (origen) d'energia, les anomenades *energies primàries*: a) una presència contínua d'energia potencial originada per l'acció permanent de tres fonts naturals d'energia: solar, geotèrmica i gravitacional i b) un dipòsit no renovable, finit, d'energia química (fòssil) i nuclear (urani, deuteri).

Són múltiples els processos de conversió entre les formes d'energia: química, nuclear, tèrmica, electromagnètica, elèctrica, i mecànica (treball, cinètica, potencial). Aquests processos han donat origen a múltiples ginys que permeten a la humanitat, a partir de les energies primàries, utilitzar formes d'energia per al seu profit: calor i fred (ús industrial, agroalimentari, domèstic), energia mecànica (transport, equipaments industrials i domèstics), energia radiant (il·luminació, telecomunicacions).

La cerca de recursos d'energia primària correspon a ciències i tècniques com la geologia, física de l'aire, biologia, enginyeria de mines i agronòmica, entre d'altres.

L'enginyeria industrial tradicionalment s'ha ocupat —i de fet en gran part s'ha conformat al voltant— del desenvolupament de la majoria dels processos de conversió, transport i ús de l'energia. Com que aquests processos són tan variats i en desenvolupament continu, la investigació es porta a terme des de múltiples àrees tecnològiques de coneixement.

D'altra banda, la utilització massiva de les energies primàries ha generat noves àrees d'investigació, amb un nou enfocament des de la perspectiva científica i tecnològica per tal que els sistemes de conversió, transport i utilització de l'energia siguin més eficients i acceptables mediambientalment, i que es pugui assolir un desenvolupament sostenible sense malbaratament dels recursos naturals. Aquestes consideracions afegeixen noves àrees d'investigació i desenvolupament, no només en l'àmbit de l'enginyeria industrial, sinó també en múltiples ciències bàsiques i tecnològiques.

L'IEC elaborà el 1999 l'informe *Reports de la recerca a Catalunya: Enginyeria industrial*, que cobria el període 1990-1995 dels mateixos àmbits que el present report. La majoria de les dificultats posades de manifest en aquell informe s'han presentat, i en alguns casos agreujat, en aquesta posada al dia. En l'àmbit de l'enginyeria industrial (energia) les dificultats es troben en la varietat d'àrees de coneixement relacionades amb l'energia i l'elevat nombre de departaments (amb presència en diversos centres, escoles o facultats) que d'alguna manera participen en línies d'investigació que s'hi relacionen.

D'altra banda, resulta d'especial interès per a aquesta revisió de l'estat de la investigació en el camp de l'energia el Pla de l'Energia elaborat per la Generalitat de Catalunya per mitjà del Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, intitulat: *Pla de l'Energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*, publicat l'any 2002. En aquest pla s'estableix un Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic, elaborat considerant la situació de la R+D a Catalunya, en l'àmbit general i, en particular, en el sector energètic. Entre els estudis emprats pel Departament d'Indústria destaquen els realitzats per l'Institut Català d'Energia (ICAEN), *Estudi sobre R+D energètic a Catalunya* de 1991, i l'*Estudi sobre R+D en enginyeria energètica i elèctrica* de 1998. A més, es destaquen «les aportacions pel que fa a coneixement de la realitat, possibilitats i aspiracions de les forces implicades en el procés de recerca i desenvolupament energètic a Catalunya».

La situació actual d'investigació i desenvolupament en el sector energètic a Catalunya està relacionada amb la situació general de la investigació i desenvolupament tecnològic a Espanya. L'escenari de referència és la Unió Europea (UE), tant com a marc de convergència, com a font de finançament.

3.2.1.1. EL SECTOR DE L'ENGINYERIA I TECNOLOGIA ENERGÈTIQUES

L'energia constitueix una àrea temàtica en el nou Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007. La major part de la seva activitat es porta a terme en l'àmbit de l'enginyeria i de la tecnologia, encara que també hi intervenen altres disciplines com són les ciències agràries o les ciències exactes i naturals.

L'energia té una gran influència en el desenvolupament de l'activitat econòmica i és un component decisiu en el desenvolupament sostenible i conservació del medi ambient, per la qual cosa té característiques de valor estratègic i de servei públic.

A causa de les múltiples bases científiques i tècniques que fonamenten la R+D de l'àrea de l'enginyeria energètica, i el seu ampli camp d'aplicació, l'àrea de la R+D d'energia és present en tots els sectors d'execució: Administració pública, ensenyament superior, empreses i institucions privades sense finalitat de lucre (IPSFL), així com en múltiples àrees de les ciències i enginyeries. Aquesta diversificació ha produït, tret del cas dels centres estatals d'investigació –Centre d'Investigacions Energètiques, Mediambientals i Tecnològiques (CIEMAT) i Centre Nacional d'Energies Renovables (CENER), Consell de Seguretat Nuclear (CSN) i Empresa Nacional de Residus (ENRESA) en energia nuclear– i en les grans empreses del sector energètic, una atomització dels grups d'investigació i, en conseqüència, la creació de grups d'investigació de dimensió mitjana o petita, i finalment, en general, una escassa productivitat.

a) *Perspectiva des de l'Administració autonòmica de Catalunya*

Una perspectiva des de Catalunya, a la R+D de l'àrea de l'energia, es presenta en l'estudi *Pla de l'Energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010* que, a més de ratificar la distància que separa la investigació i la innovació tecnològica de Catalunya i Espanya del grup de països més avançats, assenyalen els factors que han originat la baixa activitat de R+D:

[...] els principals factors específics que n'han originat la baixa activitat fins ara han estat els següents:

- Poca demanda industrial en R+D.
- Manca de recursos i incentius específics de l'Administració estatal.
- Escassa productivitat de les estructures de R+D.

La baixa demanda industrial de R+D energètic a Catalunya es deu fonamentalment a les característiques del teixit industrial català, amb una petita presència d'empreses autòctones importants del sector.

Pel que fa a la manca de recursos i incentius específics de l'Administració estatal, cal remarcar en primer lloc la poca presència de la tecnologia energètica en els plans de R+D estatals. Així, des dels inicis de la dècada dels vuitanta fins al 1995, la recerca i el desenvolupament energètic era emmarcat dins l'anomenat Pla d'Investigació Energètica (PIE) que incloïa, a més de les accions pròpies dels centres i entitats de l'Administració, un mecanisme de finançament de projectes de R+D basat en els fons que pro-

venien de les tarifes energètiques. La posterior transformació del sector energètic, com a conseqüència de la desregularització i liberalització del sector, va fer desaparèixer el PIE.

L'eliminació d'aquesta font de finançament procedent de l'activitat energètica ha estat progressiva i en tots els sectors: elèctric, carbó i gas.

Actualment només la investigació en energies renovables i medi ambient presenta per a les empreses energètiques ajuts fiscals mitjançant l'impost de societats. D'aquesta manera gran part de la investigació es reconduïx o focalitza sobre aquests temes.

Fins fa pocs anys (1999) no es va establir una iniciativa en el sector, per mitjà del Programa Tecnològic de I+D Energètic (Programa TEIDE) en el marc de la Iniciativa de Apoyo a la Tecnología, la Seguridad y la Calidad Industrial (ATYCA). El Programa va acabar englobat en l'àrea sectorial de l'energia del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2000-2003, i més recentement en el nou Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació 2004-2007.

Com ja s'ha indicat anteriorment, els recursos estatals específics més importants per a R+D han estat destinats en els últims anys als grans centres d'investigació, la majoria dels quals estan integrats en el CIEMAT, que no disposa de cap centre ubicat a Catalunya. Només el CSIC disposa de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB), que porta a terme línies d'investigació en l'àmbit energètic dels materials superconductors.

L'estudi de la Generalitat de Catalunya finalitza remarcant com a tercer punt l'escassa productivitat, en termes generals, de les estructures de R+D, que atribueix als següents factors: «fragmentació dels equips de treball, la desconexió dels equips investigadors amb la realitat tecnològica i de mercat, a més de la manca d'estructura i orientació empresarial, i de valoració de l'obtenció de resultats productius».

b) *Línies d'investigació i desenvolupament tecnològic en l'àrea energètica a Catalunya en el marc de l'enginyeria i la tecnologia*

Malgrat la situació comentada en l'apartat anterior, l'estudi de la Generalitat de Catalunya destaca l'apreciable conjunt de línies d'investigació i projectes de R+D en l'àmbit energètic. Així, en la taula 11 s'indiquen els principals sectors d'investigació i les seves línies d'investigació.

La investigació fonamental es produeix principalment a les universitats i centres institucionals d'investigació. L'estudi de la Generalitat de Catalunya indica que les empreses de fabricació de béns d'equip energètics tenen un volum d'inversió en R+D, amb alguna excepció, molt reduït. També s'ha reduït el flux d'in-

TAULA 11
Principals línies i projectes de R+D energètic desenvolupats a Catalunya

Sector de recerca	Línies de recerca
Energia elèctrica	Modelització, projecte de màquines i accionaments elèctrics / sistemes elèctrics de potència / motors elèctrics / optimització i simulació de fluxos en xarxes / enllumenat / mesurament i control de magnituds elèctriques / tecnologia de sensors / superconductivitat
Energia nuclear	Seguretat en instal·lacions / detecció de radioisòtops / utilització i riscos de les radiacions / fusió nuclear
Gas natural	Aplicacions de gas natural
Energies renovables	Recursos energètics renovables / aerogeneradors / energia solar fotovoltaica (aplicació en automòbils, aplicacions arquitectòniques, cèl·lules, enllumenat fotovoltaic) / energia solar tèrmica (condicionament d'aire, dessalinització d'aigua de mar) / biomassa i residus
Sistemes energètics	Eficiència energètica / cogeneració i cicles combinats / sistemes de turbomàquines
Transferència de calor i massa	Modelització i simulació / disseny i modelització tèrmica de components i equips industrials
Climatització	Arquitectura bioclimàtica / aïllaments transparents / disseny de compressors / emissors de calor regulables / emmagatzematge d'energia tèrmica / noves tècniques de distribució d'aire / recuperació de calor per a habitatges / termoargiles / sistemes de climatització / refredament (evaporador indirecte, dessecament, absorció)
Transport	Disseny d'automòbils més eficients / ignició i combustió en motors / sistemes energèticament eficients / Milliores en disseny de motors de combustió interna
Informàtica i telecomunicacions aplicades a l'energia	Control de màquines de fred per lògica Fuzzy / serveis avançats de telegestió / unitats de control de ventiloconvectors amb bus EIB o LON

Font: Pla de l'Energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010, Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, 2002.

vestigació encarregat per les empreses energètiques, a les universitats i a centres d'investigació des de la desaparició del Pla d'Investigació Energètica.

Tot i això, el sector d'empreses energètiques participa més activament que la resta de sectors (universitats i Administració pública) en els programes estatals i europeus d'ajuts a la R+D energètic. N'és significatiu el balanç del V Programa Marc (PM)

de la UE. En el V Programa Marc la participació espanyola total va ser del 6,1 %. En el Programa Marc d'Euratom per a l'energia nuclear el panorama és similar al del V Programa Marc, ja que encara que hi va haver participació espanyola en gairebé la meitat dels projectes, el cost de l'esforç de participació fou del 6,8 %.

A les taules 12, 13, 14 i 15 es mostra un resum de la participació espanyola i catalana en el V Programa Marc.

TAULA 12
Programes marc de R+D de la UE

Període	1987-1990 (II)	1990-1994 (III)	1994-1998 (IV)	1998-2002 (V)
Pressupost del PM (milions d'euros)	5.396,00	8.409,20	12.530,40	14.960,00
Contribució espanyola al pressupost de la UE (percentatge)	7,40	8,40	6,50	7,30
Retorn espanyol en els PM (percentatge)	5,50	6,30	6,30	6,10

TAULA 13
Participació d'Espanya en el V Programa Marc per sectors

	Milions d'euros	Percentatge del retorn total	Percentatge de grups
Empreses	492,3	54	38
Universitat	219,0	24	28
Centres d'investigació	155,1	17	23
Altres	45,6	5	11
<i>Total</i>	912,0	100	100

TAULA 14
Participació d'Espanya i Catalunya en el V Programa Marc per programes específics

Programes específics	Participació d'Espanya en milions d'euros	Participació de Catalunya en milions d'euros	Percentatge de participació de Catalunya
Tecnologies informàtiques			
Tecnologies industrials			
Medi ambient	838,1	90,15	10,8
Ciències de la vida			
Cooperació internacional			
Innovació			
Formació i mobilitat			
Energia (exclosa l'energia nuclear)	73,9	9,26	12,5
<i>Total</i>	912,6	99,41	10,9

TAULA 15
Participació de Catalunya en el programa d'energia (exclosa l'energia nuclear) del V Programa Marc per sectors d'execució

Sector d'execució	Milions d'euros	Percentatge	Grups
Administració pública	0,65	7,0	12
Ensenyament superior	0,56	6,1	5
UPC	0,23	2,5	1
UdG	0,25	2,7	2
UB	0,03	0,3	1
URV	0,09	1,0	1
Empreses	7,80	84,2	38
IPSFL	0,25	2,7	1
<i>Total</i>	9,26	100,0	56

Font: IEC.

Destaca la participació de les empreses, que, per al sector d'energia no nuclear, en el conjunt d'Espanya i conjunt de programes és del 54 %, mentre que a Catalunya va suposar el 82,9 % de la participació. L'activitat de les empreses es dedica a la innovació i al desenvolupament tecnològic.

3.2.1.2. PROPOSTES ACTUALS SOBRE LA INVESTIGACIÓ TECNOLÒGICA EN L'ÀMBIT DE L'ENERGIA

Les noves propostes d'investigació en l'àrea de l'energia es troben presents tant en el Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007, del Ministeri de Ciència i Tecnologia, com en el III Pla de Recerca de Catalunya (2001-2004), del DURSI. Més específicament i amb caràcter més propi de l'activitat industrial s'emmarca el Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic, que apareix en el *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*, publicat l'any 2002. En els apartats següents es fa un breu comentari d'aquestes propostes.

a) Programa Nacional d'Energia del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007

El Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007 es divideix en àrees temàtiques i es compon de plans nacionals. L'àrea temàtica energia identifica un programa nacional d'energia.

Aquest pla reconeix la importància estratègica del sector energètic en els sectors de l'economia, així com el seu caràcter de servei imprescindible per a la vida dels ciutadans. A més, estableix que l'enfocament des de la perspectiva científica i tecnològica ha de fer-se de manera que es contribueixi a assolir un desenvolupament sostenible mitjançant el qual s'aconsegueixin les legítimes aspiracions de creixement econòmic i de benestar social dels pobles, sense malbaratament dels recursos naturals i conservant el medi ambient.

En particular, el Programa Nacional d'Energia, puntualitza l'àmbit del Programa de R+D+I en els següents termes:

Cal abordar un plantejament d'R+D+I en aquells àmbits en els quals, existint una determinada capacitat nacional d'investigació i desenvolupament, calgui una evolució que s'adigui amb les polítiques nacionals, potenciant al màxim la capacitat tecnològica del país. Per aquest motiu l'àrea d'energia estarà constituïda per un «Programa Nacional de Energia» dividit en dues prioritats temàtiques i el «Subprograma de Fusión Termonuclear», amb els següents objectius:

— El desenvolupament de formes i usos convencionals de l'energia per tal que siguin més eficients i acceptables mediambientalment

— El foment de les energies renovables i de les tecnologies emergents que permetin un subministrament energètic segur i eficient i amb criteris de rendibilitat, mitjançant la diversificació de les fonts i de llur procedència geogràfica

— Contribució en la investigació i el desenvolupament de la fusió termonuclear promogut per la Unió Europea.

El Programa es justifica en criteris científics, tecnològics, sectorials i d'interès públic. L'estructura i objectius del Programa es resumeixen a la taula 16.

El desenvolupament del Pla es du a terme en els centres i les instal·lacions de mida mitjana i gran: CIEMAT (que disposa de dos grans centres, el Laboratori Nacional de Fusió i la Plataforma Solar d'Almeria i múltiples centres de mida mitjana i petita) i el CENER. Es reconeix, però, que cal plantejar una coordinació activa entre les administracions, organismes públics d'investigació, centres i instal·lacions, amb inclusió de les empreses i universitats per tal de facilitar la disponibilitat dinàmica de la informació. Finalment s'assenyalen les actuacions horitzontals associades al Programa que haurien de posar-se en funcionament en els temes següents: recursos humans, suport a la competitivitat empresarial, cooperació internacional i foment de la cultura científica i tècnica.

Un dels mèrits d'aquest programa és plantejar dues prioritats temàtiques i reconèixer implícitament la importància tant de la investigació en l'àrea energètica que actualment suporta l'ús convencional de l'energia, com del foment de les energies renovables i de les tecnologies emergents.

b) Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic

La Generalitat de Catalunya elaborà per mitjà del Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, el *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*, publicat l'any 2002. En aquest pla s'estableix un Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic.

El Programa assumeix que

la recerca i el desenvolupament de tècniques energètiques és una activitat que, malgrat que s'inclou plenament en l'àmbit de l'economia productiva, requereix la participació activa de l'Administració pública per a ser aplicada.

Les raons d'aquesta proposta s'argumenten en el retard tecnològic de Catalunya i Espanya en aquesta àrea, i en la manca d'aportacions econòmiques del sector privat a la investigació.

TAULA 16
Estructura i objectius del Programa Nacional d'Energia 2004-2007

Prioritats temàtiques	Àrees d'actuació	Algunes actuacions més significatives
Optimització de les formes i utilitzacions convencionals de l'energia	Millora de carburants per a transport	Nous processos i nous combustibles compatibles amb les infraestructures actuals
	Tecnologies d'ús net del carbó i de productes petrolífers	Desenvolupament de la gasificació integrada amb cicle combinat (GICC) i control d'emissions
	Fisió nuclear	Àrea de la seguretat nuclear i protecció radiològica i gestió de residus radioactius. Actuacions de CSN, ENRESA i sector elèctric
	Poligeneració	Cogeneració, mesclades de combustibles
	Eficiència en l'ús final de l'energia	Bombes de calor, sistemes bioclimàtics. Producció de fred i calor
	Transport d'energia	Sector elèctric: dispositius superconductors, models d'ajut a l'operació de sistemes elèctrics
	Generació distribuïda / distribució activa	Sector elèctric: sistemes d'emmagatzematge d'energia; integració a gran escala de mini i microsistemes avançats de generació distribuïda d'electricitat
Foment de les energies renovables i tecnologies emergents	Avaluació i predicció de recursos d'energies renovables	Bases de dades; tecnologies avançades d'amidament dels recursos
	Energia eòlica	Creació d'infraestructures i eines per al desenvolupament d'aerogeneradors; integració en el sistema elèctric; emmagatzematge d'energia amb el vector hidrogen; integració ambiental; tècniques i equips predictius del manteniment; nous sistemes de transport, muntatge i manteniment; nous desenvolupaments
	Energia solar	Solar fotovoltaica (materials, cèl·lules, moduls, sistemes, acoblament a la xarxa) Solar tèrmica d'alta temperatura (tecnologia de concentració en focus lineal; tecnologia de receptor central) Solar tèrmica de baixa i mitjana temperatura Solar passiva (sistemes bioclimàtics)
	Biomassa	Investigació i desenvolupament de cultius energètics; biocombustibles sòlids; biogàs; biocombustibles líquids
	Altres energies renovables	Minihidràulica, geotèrmica, marines.
	Hidrogen	Producció, mètodes de producció sense emissió de CO ₂ ; emmagatzematge; distribució i subministrament final; normes, especificacions i estandarització en equipament, seguretat i qualitat del producte; infraestructures d'assaig i equips relacionats amb la seguretat
Subprograma Fusió Termonuclear	Piles de combustible	Desenvolupament de materials per a piles d'alta i baixa temperatura; nous combustibles; sistemes d'utilització i desenvolupament de mètodes computacionals
	Explotació de la instal·lació TJ-II i física de plasma	
	Desenvolupament de tecnologies i materials per a instal·lacions de fusió	
	Fomentar la participació en projectes europeus de fusió	

Es destaca, a més, que sense un

teixit empresarial productiu d'equips o una demanda d'innovació, l'activitat de R+D no arrelarà. Per tant, tota actuació de promoció ha de tenir un enfocament integral, de reforç tant de l'oferta com de la demanda de R+D: augment del teixit productiu de béns d'equip energètics, incorporació de la recerca i el desenvolupament com a element estratègic, promoció en universitats, centres de R+D, formació, incentivació de la incorporació de tecnologia innovadora autòctona.

El Programa es planteja en l'àrea tecnològica de l'energia, l'actuació en el camp científic es manté en el marc dels plans genèrics d'investigació, autonòmic, estatal i europeu. L'objectiu del Programa:

és dur a terme una actuació dirigida a obtenir resultats directes de tecnologia productiva o transferible, ja que el retard i les mancances hi són acusats, a més de ser un camp estratègic determinant per a la productivitat econòmica dels països més avançats. En aquest sentit, el Programa de R+D energètic abra-

ça tant la recerca i el desenvolupament de productes com el de serveis en l'àmbit de l'energia.

L'actuació específica del Programa se centrarà en les tecnologies emergents que

suposin una millora de l'estalvi i l'eficiència energètica i de l'ús de les energies renovables, com ara la combustió (piles de combustibles), el transport de vehicles i mercaderies (vehicles elèctrics, organització i control del transport), el transport d'energia (superconductors), l'energia solar i l'eòlica.

En aquest aspecte el Programa coincideix amb una de les dues prioritats temàtiques del Programa Nacional d'Energia del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007 sobre el foment de les energies renovables i de les tecnologies emergents, que permetin un subministrament energètic segur i eficient i amb criteris de rendibilitat mitjançant la diversificació de les fonts i de llur procedència geogràfica.

TAULA 17

Línies d'actuació del Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic contingut en el Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010

Línies d'actuació	Principals actuacions
Econòmiques	<p>Suport en les línies de finançament del Pla d'Innovació de Catalunya</p> <p>Línia d'ajuts per a incentivar la creació d'empreses <i>spin-off</i></p> <p>Assistència a l'hora de buscar finançament, tant de l'Estat espanyol com de la UE</p>
Comercials	<p>Promoció comercial</p> <p>Compra pública</p>
Estructurals	<p>Creació de bases de dades, registres i catàlegs (mercat de R+D: oferta; mercat de R+D: demanda; altres entitats rellevants)</p> <p>Creixement de microempreses (actuacions sobre la demanda)</p> <p>Creació de xarxes de suport a la recerca i el desenvolupament:</p> <ul style="list-style-type: none"> – potenciar les empreses i els tallers de servei a la R+D energètics – potenciar l'ús d'infraestructures existents a Catalunya (Centre Experimental en Refrigeració i Climatització [CERC], LGAI, IDIADA), a Espanya (CIEMAT) i a la UE – impulsar la possible instal·lació a Catalunya d'un centre dedicat a estudis energètics en col·laboració amb el CIEMAT <p>Promoure actuacions per a l'establiment de grups i departaments de recerca i desenvolupament a Catalunya</p> <p>Connexió entre actors de la recerca i el desenvolupament</p> <p>Externalització dels serveis administratiu i comercial (creació d'una estructura de suport)</p> <p>Assessorament en l'estudi de la tècnica</p>

TAULA 18
 Funcions de l'Oficina Gestora considerada en el Programa de Recerca i Desenvolupament Energètic

Tipus defuncions	Descripció
Econòmiques	Suport en la recerca de capital i finançament propi (Pla d'Innovació de Catalunya) i extern (Estat espanyol i UE)
Comercials	<p>Suport a la comercialització de tecnologia i desenvolupament d'actuacions comercials directes</p> <p>Col·laboració amb el Consorci de Promoció Comercial de Catalunya (COPCA) per a preparar la difusió internacional dels projectes i serveis amb R+D energètic efectuats a Catalunya</p> <p>Foment de la creació d'empreses o seccions d'empreses de transferència internacional de tecnologia energètica</p> <p>Gestions per a incloure clàusules de valoració de la recerca i el desenvolupament en les compres públiques</p>
Estructurals	<p>Confecció, manteniment i difusió de registres de la recerca i el desenvolupament energètic</p> <p>Assessorament per a l'avaluació tecnològica (viabilitat tècnica, estat de la tècnica i grau d'innovació, propostes de millora) i del mercat (viabilitat econòmica i empresarial, oportunitat, cel·les i quota de mercat assolible, propostes de millores) dels projectes de recerca</p> <p>Organització de reunions de multiactors</p> <p>Difusió continuada (Internet) i periòdica (revistes) dels projectes de recerca en mitjans propis i externs</p> <p>Creació i manteniment d'una pàgina web</p> <p>Organització de jornades i congressos</p> <p>Suport administratiu als grups de recerca</p>

Font: *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*, Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, 2002.

Finalment, el Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic estableix unes línies d'actuació (econòmiques, comercials i estructurals), descrites a la taula 17, i situa l'ICAEN com a impulsor del Programa i coordinador amb els plans de R+D d'innovació. És per a això que propugna la creació d'una Oficina Gestora del Programa, a la qual s'assignen les funcions de suport, assessorament i foment per impulsar la R+D tecnològics en l'àmbit energètic, descrites a la taula 18.

L'Oficina persegueix establir la connexió entre grups universitaris d'investigació, centres d'investigació i empreses del sector energètic amb les fonts de finançament i el mercat tecnològic energètic.

La posada en funcionament d'aquest programa està a l'espera de decisions polítiques. Sembla evident, però, que es necessita un impuls des dels sectors de l'àrea industrial de la Generalitat de Catalunya.

3.2.2. Fonts d'informació

Per a l'estudi de la R+D de l'àrea industrial energètica i elèctrica s'han consultat diverses fonts d'informació entre les quals destaquen les subministrades per l'IEC, i les dels organismes oficials autonòmics i estatals. D'especial rellevància és la informació so-

bre la R+D de l'àrea industrial energètica de l'Administració competent a Catalunya (Direcció General d'Energia i Institut Català d'Energia del Departament de Treball i Indústria).

Les dades detallades sobre la investigació del desenvolupament tecnològic en l'àrea energètica en l'ensenyament superior de l'enginyeria industrial s'han obtingut de les fonts oficials dels centres.

La llista de la informació consultada que ha proporcionat informació d'interès per a l'estudi és la següent:

1. *Anuari Estadístic de Catalunya, 2003*. Generalitat de Catalunya. Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT). Barcelona, octubre 2003.
2. *Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) 2001*. Instituto Nacional de Estadística (INE). Madrid, 2003.
3. *Ministerio de Ciencia y Tecnología. Indicadores de Ciencia y Tecnología*. España 2002. Març 2003.
4. *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, 2002.
5. *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007*. Vol. I: *Objetivos y estructura*.

Vol. II. *Àrees temàtiques*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. 7/11/2003.

6. Institut Català d'Energia. Departament de Treball i Indústria. Generalitat de Catalunya.

7. Servei d'Anàlisi i Planificació de la Direcció General d'Energia, Mines i Seguretat Industrial del Departament de Treball i Indústria.

8. Institut d'Estudis Catalans. Informació específica que prové de les bases de dades de la UPC, UB, UdG, URV i UAB.

9. Centre de Transferència de Tecnologia de la UPC.

10. Àrea de Planificació, Avaluació i Estudis de la UPC. Unitat Tècnica d'Estadística i Estudis de la UPC.

3.2.3. Grups i centres de recerca en l'àmbit de l'ensenyament superior

L'anàlisi detallada de la investigació i el desenvolupament tecnològic en l'àrea energètica s'ha centrat en l'ensenyament superior de l'enginyeria industrial. L'energia és una àrea multidisciplinària i, en conseqüència, com que se n'ha restringit l'estudi a l'àmbit de l'enginyeria industrial, s'han hagut d'eliminar un ventall important d'àrees d'investigació. Fins i tot dins l'enginyeria industrial la varietat temàtica és considerable. Com a exemple d'això es mostren les taules 19, 20 i 21, que recullen la varietat tant pel que fa a línies d'investigació com a grups d'investigació sobre energia a la UPC, URV i UdG.

TAULA 19
Línies d'investigació en àrees d'energia a la UPC

Àrees científiques de recerca de la UPC: medi ambient, energia i recursos naturals	Departaments	N*	Tesis 1997-2001**
Tècniques frigorífiques i aire condicionat (3322990200)	724: Màquines i Motors Tèrmics	2	2/1
Ignició i combustió en motors i equips tèrmics. Propagació de flama. Transferència de calor. Emissió (3322990100)	724: Màquines i Motors Tèrmics	9	2/0
Simulació numèrica i contrastació experimental de fenòmens de transferència de calor i massa (3322040500)	724: Màquines i Motors Tèrmics	18	5/0
Enginyeria nuclear (332099700)	721: Física i Enginyeria Nuclear 460: Institut de Tècniques Energètiques	15	4/1
Disseny i modelització tèrmica de components i equips industrials (3313100400)	724: Màquines i Motors Tèrmics	3	1/1
Enginyeria de projectes (cogeneració) (3311020400)	736: Projectes d'Enginyeria 713: Enginyeria Química	31	0/5
Arquitectura, energia i serveis (3305010700)	720: Física Aplicada 704: Construccions Arquitectòniques	7	3/1
Recursos, mineria, medi ambient i la seva gestió (2506040100)	741: Enginyeria Minera i Recursos Naturals	13	0/3
Aliatges moleculars. Emmagatzematge d'energia (2213080500)	721: Física i Enginyeria Nuclear	7	1/0

TAULA 19 (Continuació)
Línies d'investigació en àrees d'energia a la UPC

Àrees científiques de recerca de la UPC: arquitectura i enginyeria civil. Enginyeria hidràulica	Departaments	N*	Tesis 1997-2001**
Sistemes de turbomàquines (3313990200)	729: Mecànica de Fluids	9	0/6
Noves tècniques experimentals i models reduïts en l'estudi dels fenòmens hidràulics (hidràulica de preses i embassaments) (330510200)	711: Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	13	0/0

Àrees científiques de recerca de la UPC: tecnologia de la producció	Departaments	N*	Tesis 1997-2001**
Sistemes elèctrics de potència (3306090100)	709: Enginyeria Elèctrica	24	8/1
Modelització, projecte i control de màquines i components elèctrics (336030100)	710: Enginyeria Electrònica 709: Enginyeria Elèctrica	24	4/0
Dispositius semiconductors. Energia solar (3307140000)	710: Enginyeria Electrònica	19	2/8
Materials i tecnologies d'anàlisi aplicades al'edificació i al medi ambient (estalvi d'energia, auditoria energètica) (210601000)	736: Projectes d'Enginyeria 721: Física i Enginyeria Nuclear	6	0/2
Disseny, operació i control de processos químics i biotecnològics (energia i medi ambient) (3303030100)	741: Enginyeria Minera i Recursos Naturals 724: Màquines i Motors Tèrmics 715: Estadística i Investigació Operativa 713: Enginyeria Química	37	4/10
Optimització i simulació de fluxos en xarxes (gestió de l'energia) (1207100100)	725: Matemàtica Aplicada 715: Estadística i Investigació Operativa	16	2/2

* N: nombre de personal total adscrit a la línia d'investigació.

** Tesis de l'àrea d'energia / tesis d'altres àrees.

Font: UPC.

TAULA 20
Línies d'investigació en tecnologies energètiques de l'enginyeria industrial a la URV i UdG

Universitat	Àrea d'investigació en energia i grups	Línies d'activitat energètiques
Universitat Rovira i Virgili	Química, enginyeria i medi ambient	Biomassa, biocèl·lules de combustible, sistemes tancats i sostenibles
	Centre d'Innovació en Biotecnologia (DINAMIC)	
	Centre d'Innovació Tecnològica CREVER. Grup d'Investigació d'Enginyeria Tèrmica Aplicada	Tecnologies de refrigeració i bombes de calor per absorció. Climatització i gestió energètica d'edificis
		Sistemes de generació distribuïda d'energia. Integració de sistemes de producció de fred, calor i electricitat
Universitat de Girona	Energia i mediambient Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial	Grup de Recerca d'Energies Renovables i Medi Ambient (CREMA)

Font: URV. Catàleg de l'oferta científicotecnològica. (UdG). Grups de recerca de l'àmbit científic i tècnic.

TAULA 21
Estructura departamental. Laboratoris, centres i línies de recerca

a) Exemple 1: Departament de Màquines i Motors Tèrmics de la UPC

Departaments i centres de la UPC	Laboratoris, centres i línies de recerca	Personal total (N)
724: Màquines i Motors Tèrmics	Laboratori de Termodinàmica i Físicoquímica (Barcelona)	9
	Centre Experimental en Refrigeració i Climatització – Anàlisi tèrmica i calorimètrica – Refrigeració i climatització	
	Laboratori de Termodinàmica (Barcelona)	6
	– Disseny i modelització tèrmica de components i equips tèrmics – Condicionament d'aire	
Laboratori de Motors Tèrmics (Barcelona)	7	
– Combustió diesel – Vehicles híbrids		
	Laboratori de Termodinàmica i Físicoquímica (Terrassa)	*
	Gestió energètica industrial	
	Laboratori de Termodinàmica i Energètica (Terrassa) (vegeu CTTC)	

TAULA 21 (Continuació)
Estructura departamental. Laboratoris, centres i línies de recerca

Departaments i centres de la UPC	Laboratoris, centres i línies de recerca	Personal total (N)
	Laboratori de Motors Tèrmics i Automòbils (Terrassa) – Automòbils, biocombustibles, turbomàquines tèrmiques, refrigeració i condicionament d'aire	10
	Laboratori de Termoenergètica (Terrassa) – Equips i instal·lacions tèrmiques: energia solar a baixa temperatura, cogeneració	3
	Laboratori de Mecànica de Fluids i Motors Tèrmics (Manresa)	3
928: Centre Tecnològic de Transferència de Calor (CTTC)	Formulació matemàtica, resolució numèrica i validació experimental de fenòmens de transferència de calor i massa Aplicacions del <i>know-how</i> adquirit a l'optimització de sistemes i equips tèrmics	26*
Total		35/9**

(*) (**) El total de personal (N) del Departament de Màquines i Motors Tèrmics el 2003 és de trenta-cinc professors investigadors, set tècnics i dos auxiliars. El total dels diversos laboratoris és superior, a causa de l'activitat compartida del professorat, i del personal extern del CTTC, que disposa d'un total de vint-i-tres investigadors. Font: Departament de Màquines i Motors Tèrmics de la UPC. Les dades per al període 1996-2001 es troben a la taula 22.

b) Exemple 2: Secció d'Enginyeria Nuclear del Departament de Física i Enginyeria Nuclear de la UPC

Departaments de la UPC	Laboratoris, centres i línies de recerca	ID/T+A
721: Física i Enginyeria Nuclear. (Secció d'Enginyeria Nuclear)	Enginyeria nuclear Laboratori d'Enginyeria de Fusió Nuclear: fusió nuclear per confinament magnètic, Tokamaks, Stellarators Termohidràulica de reactors nuclears: seguretat en instal·lacions nuclears Altres: residus radioactius, detecció de radioisòtops, acceleradors de partícules	7/3 5/8 10/-
Total		12/11/2

El total de personal de la Secció d'Enginyeria Nuclear el 2003 era de vint-i-quatre, dotze doctors (ID), deu tècnics i doctorands (T) i dos auxiliars (A), que es dedicaven en alguns casos a diverses sublínies d'investigació. Les dades per al conjunt del Departament de Física i Enginyeria Nuclear i el període 1996-2001 es troben a la taula 22.

Les àrees de R+D en energia i enginyeria industrial estan concentrades a la UPC. Destaquen les àrees d'investigació sobre energia en departaments amb forta implantació de les escoles d'enginyeria industrial, però també en departaments d'arquitectura i telecomunicacions i en centres d'investigació: CIMNE, Centre d'Estudi i Innovació del Transport, Parc Tecnològic de Barcelona, entre d'altres.

A la UPC s'han identificat disset línies d'investigació que desenvolupen activitats en energia (sense comptar les línies exclusivament relacionades amb el medi ambient i l'energia). La

majoria són línies adscrites a un sol departament, però abunden també les interdepartamentals.

Per portar a terme una anàlisi detallada d'activitats en R+D de tecnologia energètica i electricitat, durant el període 1996-2001, s'ha seleccionat un conjunt representatiu de grups de l'àrea de l'enginyeria industrial de la UPC: Departament de Màquines i Motors Tèrmics, Departament d'Enginyeria Elèctrica, Departament de Física i Enginyeria Nuclear (DFEN), el CTTC, i l'Institut de Tècniques Energètiques (INTE). Aquests grups figuren també en l'anterior report de recerca.

3.2.4. Recursos humans, grups UPC

3.2.4.1. PERSONAL TOTAL PER LÍNIA D'INVESTIGACIÓ

Si s'analitzen els recursos humans per línia d'investigació, per al conjunt de les disset línies de la UPC durant el període 1996-2001, el valor mitjà, és de quinze, varia entre dos i trenta-set, i arriba a valors d'entre vint i trenta en línies participades per diversos departaments i en el CTTC. La participació del personal és en alguns casos merament nominal.

Nou de les línies anteriors estan relacionades amb activitats de l'enginyeria industrial i es dirigeixen des del Departament de Màquines i Motors Tèrmics, el d'Enginyeria Elèctrica, el de Física i Enginyeria Nuclear, i centres o instituts que comparteixen medis humans i infraestructures amb els departaments anteriors, tal com l'INTE (Secció d'Enginyeria Nuclear) i el CTTC (Departament de Màquines i Motors Tèrmics). L'anàlisi detallada d'aquests grups es fa en l'apartat següent.

3.2.4.2. CLASSIFICACIÓ DEL PERSONAL PER GRUP O CENTRE D'INVESTIGACIÓ

No és fàcil valorar els recursos humans exclusivament dedicats a la investigació en els diferents grups (departaments o centres) i per a cada línia. La majoria del professorat no té una dedicació exclusiva a la R+D, la comparteix amb la gestió i la docència. Malgrat això s'ha establert una classificació basada a considerar com a personal d'investigació els catedràtics d'universitat (CU), titulars d'universitat (TU), catedràtics d'escola universitària (CEU) i personal d'investigació, és a dir, el personal amb grau de doctor. La resta de personal dels departaments o grups s'ha classificat com a personal docent (titulars d'escola universitària [TEU] i professorat associat), becaris i personal de suport tècnic i personal administratiu i de serveis (PAS). S'ha considerat l'EDP la dedicació a TC i s'han ponderat per 0,5 les dedicacions a TP.

Les dades per al període 1996-2001, per als grups de l'àrea

TAULA 22
Estadística de la investigació en energia elèctrica, tèrmica i nuclear de grups de la UPC.
Període 1996-2001

Departament d'Enginyeria Elèctrica	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
PI	13	14,0	15,0	15	15,0	15,0	14,500
Personal docent	43	41,5	41,5	41	41,5	49,5	43,000
Becaris	1	2,0	3,0	5	5,0	3,0	3,167
PAS + suport	4	4,0	5,0	5	5,0	5,0	4,667
Total personal	61	61,5	64,5	66	66,5	72,5	65,330
Tesis	4	2,0	3,0	4	4,0	9,0	4,333
Articles JCR	1	0,0	2,0	6	1,0	1,0	1,833
Patents	0	0,0	1,0	1	0,0	0,0	0,333

Departament de Màquines i Motors Tèrmics	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
PI	11,00	14	21	21	22	22	18,500
Personal docent	20,50	16	9	9	10	9	12,250
Becaris	9,00	9	7	10	12	12	9,833
PAS + suport	7,00	7	7	7	8	11	7,833
Total personal	47,50	46	44	47	52	54	48,420

TAULA 22 (Continuació)
 Estadística de la investigació en energia elèctrica, tèrmica i nuclear de grups de la UPC.
 Període 1996-2001

Departament de Màquines i Motors Tèrmics	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
Tesis	2,00	5	1	4	1	5	3,000
Articles JCR	11,00	11	16	9	8	14	11,500
Patents	0,00	0	0	0	0	0	0,000

Departament de Física i Enginyeria Nuclear	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
PI	31,0	31	38	43	43	42	38,000
Personal docent	46,5	45	38	32	32	37	38,420
Becaris	2,0	4	5	7	10	10	6,333
PAS + suport	10,0	11	10	10	10	10	10,167
<i>Total personal</i>	89,5	91	91	92	95	99	92,917
Tesis	5,0	8	4	3	5	4	4,833
Articles JCR	55,0	50	67	58	84	59	62,170
Patents	0,0	0	2	3	1	0	1,000

Institut de Tècniques Energètiques	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
PI	7	6	6	6	7	7	6,500
Personal docent	0	1	1	1	2	2	1,167
Becaris	2	2	1	1	1	1	1,333
PAS + suport	6	6	8	7	7	7	6,833
<i>Total personal</i>	15	15	16	15	17	17	15,833
Tesis	3	0	1	1	0	1	1,000
Articles JCR	1	4	5	4	4	3	3,500
Patents	0	1	0	0	0	0	0,167

PI: personal investigador (inclou professors doctors CU, CEU, TU i investigadors); personal docent: inclou professors TEU i professors associats.
 Font: Àrea de Planificació, Avaluació i Estudis de la UPC. Unitat Tècnica d'Estadística i Estudis.

de l'enginyeria industrial –Departament de Màquines i Motors Tèrmics (CTTC), Departament d'Enginyeria Elèctrica, Departament de Física i Enginyeria Nuclear FEN i l'INTE, es mostren a la taula 22.

La mitjana d'investigadors per grup varia entre 6,5 i 38 i la proporció d'investigadors en els diferents grups és similar, de l'ordre del 41 %, llevat en el Departament d'Enginyeria Elèctrica que és del 22 %, on el grup més gran de personal és el de professors associats TEU, dedicats a la docència. Destaca també la baixa proporció de personal administratiu i tècnic, que varia entre el 7 % i 16 % en els departaments. En els instituts d'investigació analitzats el percentatge de personal de suport és del 43 %.

3.2.5. Recursos econòmics, grups UPC

3.2.5.1. FINANÇAMENT DE LA INVESTIGACIÓ ENERGÈTICA EN L'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE LA UPC

Si s'analitza el finançament del període 1996-2001, a partir de les dades del CTT de la UPC d'un conjunt representatiu de grups de l'àrea de l'Enginyeria Industrial –Departament de Màquines i Motors Tèrmics, Departament d'Enginyeria Elèctrica, Departament de Física i Enginyeria Nuclear, el Centre Tecnològic de Transferència de Calor i l'INTE– i s'agrupen els ingressos per convenis de transferència, subvencions, programes nacionals i programes europeus, s'obtenen diverses dades d'interès que es recullen a la taula 23.

TAULA 23
*Finançament de la investigació en energia elèctrica, tèrmica i nuclear de grups de la UPC.
Quantitats adjudicades durant el període 1996-2001*

Departament d'Enginyeria Elèctrica	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	58,7	5,3	27,0	34,4	75,6	21,6	37,1
Programes europeus	–	–	–	–	–	–	–
Programes nacionals	50,9	–	–	53,9	33,5	15,4	48,8
Altres (subvencions, donacions...)	18,3	–	29,5	–	–	–	79,7
Total	128,0	5,3	56,5	88,2	109,1	176,1	93,9

Percentatge programes/total, 51,98 %.

Departament de Màquines i Motors Tèrmics	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	91,5	122,1	204,7	187,1	21,2	22,2	108,1
Programes europeus	–	–	54,5	–	–	–	9,1
Programes nacionals	111,5	101,5	–	38,4	103,0	127,1	80,3
Altres (subvencions, donacions...)	3,3	6,0	8,1	4,5	10,8	2,4	5,9
Total	206,4	229,6	267,3	230,0	135,0	151,7	203,3

Percentatge programes/total, 43,94 %.

TAULA 23 (Continuació)
 Finançament de la investigació en energia elèctrica, tèrmica i nuclear de grups de la UPC.
 Quantitats adjudicades durant el període 1996-2001

Departament de Física i Enginyeria Nuclear	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	137,0	314,7	195,7	152,2	114,0	117,9	171,9
Programes europeus	80,8	38,5	–	–	196,7	–	52,7
Programes nacionals	113,7	132,8	192,7	426,1	64,4	362,1	215,3
Altres (subvencions, donacions...)	–	–	2,4	–	–	–	0,4
Total	331,5	486,0	390,7	578,2	375,1	480,0	440,3

Percentatge programes/total, 60,86 %. S'inclou la totalitat de línies d'investigació: les d'energia i de física fonamental i aplicada.

Centre Tecnològic de Transferència de Calor	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	58,3	161,1	7,8	209,8	120,2	–	92,9
Programes europeus	–	129,4	708,5	–	6,0	–	140,7
Programes nacionals	11,4	–	142,4	437,5	69,7	54,1	119,2
Altres (subvencions, donacions...)	–	4,8	–	189,3	–	–	30,9
Total	69,7	295,3	858,7	836,6	195,9	54,1	383,4

Percentatge programes/total, 67,75 %.

Institut de Tècniques Energètiques UPC	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	126,7	107,2	233,7	103,6	220,1	58,8	141,7
Programes europeus	37,3	–	–	–	–	–	6,3
Programes nacionals	41,1	–	17,6	69,3	–	74,5	33,8
Altres (subvencions, donacions...)	–	–	–	–	–	–	–
Total	205,1	107,2	251,3	172,9	220,1	133,3	181,6

Percentatge programes/total, 22 %. S'inclouen la totalitat de línies d'investigació: les d'energia i de física aplicada.
 Font: Centre de Transferència de Tecnologia de la UPC.

La relació d'ingressos per programes d'investigació és, en mitjana, del 54 % del total. La contribució dels convenis, que en general contenen un component menor en investigació bàsica, representa entorn del 46 %. Els ingressos totals mitjans anuals per grup són d'1,3 milions d'euros, valor similar al del període anterior 1990-1995, segons dades del report de recerca de l'IEC. Cal destacar que part del finançament d'alguns grups (INTE o DFEN) no està dedicat exclusivament a la investigació en energia, perquè disposen de línies pròpies d'investigació en física fonamental o física aplicada.

Els ingressos anuals en R+D totals en milers d'euros *per capita*, considerant tot el personal, varien entre 1,4 i 14,7, segons els grups, i entre 6,5 i 27,9 si es consideren els ingressos per investigador. Els valors més baixos corresponen als departaments

que tenen una doble funció docent i investigadora, mentre que els valors més alts corresponen als centres o instituts, l'activitat fonamental dels quals és la investigació.

3.2.6. Resultats, grups UPC

Els principals indicadors de la producció en R+D dels diferents grups es presenten a la taula 24. L'anàlisi de les dades té un valor relatiu, i a vegades reflecteix situacions particulars que poc aporten a l'estat general de la R+D en el sector. Per bé que, en el seu conjunt, sí que són un reflex de la situació general de la R+D a Catalunya, tota vegada que deriven d'activitats de grups universitaris d'enginyeria industrial (àrea energètica i elèctrica) durant el període 1996-2001 relacionades amb l'activitat industrial de l'entorn.

TAULA 24
Principals indicadors sobre la investigació en energia elèctrica, tèrmica i nuclear de grups de la UPC. Període 1996-2001

Departament d'Enginyeria Elèctrica	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
Tesis/invest.	0,308	0,143	0,200	0,267	0,267	0,600	0,299
Articles JCR/invest.	0,077	0,000	0,133	0,400	0,067	0,067	0,126
Tesis/milió d'euros	31,250	380,000	53,100	45,300	36,400	51,100	46,200
Articles/milió d'euros	7,800	0,000	35,400	68,000	9,200	5,700	19,500
<i>PI</i> /total	0,213	0,228	0,233	0,227	0,226	0,207	0,222
Patents/invest.	0,000	0,000	0,067	0,067	0,000	0,000	0,023
Milers d'euros per invest.	—	—	—	—	—	—	6,470
Milers d'euros per persona	—	—	—	—	—	—	1,440

Departament de Màquines Motors Tèrmics	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
Tesis/invest.	0,182	0,357	0,048	0,190	0,045	0,227	0,162
Articles JCR/invest.	1,000	0,786	0,762	0,429	0,364	0,637	0,622
Tesis/milió d'euros*	9,690	21,780	3,750	17,390	7,410	32,960	14,750
	7,240	9,520	0,890	3,750	3,020	24,300	5,110
Articles/milió d'euros*	53,300	47,900	60,000	39,100	59,300	92,300	56,500
	39,800	20,900	14,200	8,400	24,200	68,000	19,600
<i>PI</i> /total	0,232	0,304	0,477	0,447	0,423	0,407	0,382

3.2.6.1. TESIS PER INVESTIGADOR

El nombre de tesis per investigador i any varia de 0,127 a 0,299. El valor més alt correspon al Departament d'Enginyeria Elèctrica, caracteritzat per un elevat personal no investigador a causa de la seva gran dedicació a la docència en àrees de l'enginyeria tècnica i per escassos ingressos per a R+D, que en els darrers anys ha impulsat la realització de tesis per part del seu professorat. La producció de tesis no està correlacionada amb els ingressos per R+D, ni amb la mida dels grups. És possible que altres factors tinguin més influència en la producció de tesis, com ara la promoció i formació de personal docent dels departaments. També és previsible que part de l'activitat investigadora en la fase de formació tingui un component acadèmic i vocacional que superi les dificultats d'ordre estructural material.

3.2.6.2. ARTICLES PER INVESTIGADOR

El nombre d'articles per investigador i any varia de 0,126 a 1,636. La producció d'articles per investigador sí que està correlacionada amb els ingressos per R+D i el nombre d'investigadors (mida del grup), tot i que poden existir altres factors que tenen influència en l'esmentada producció. El valor més alt correspon al Departament de Física i Enginyeria Nuclear, amb línies d'investigació en energia, però també en física fonamental i física aplicada, el pes de les quals és notable.

3.2.6.3. TESIS PER MILIÓ D'EUROS

El nombre de tesis per milió d'euros i any varia de 5,1 a 46,2. El valor de 46,2 tesis per milió d'euros, molt superior al dels altres

grups i a la mitjana de Catalunya (3,56), correspon al Departament d'Enginyeria Elèctrica —petit pel que fa a investigadors i finançament— que, com ja s'ha indicat en l'apartat «Tesis per investigador», ha estat impulsant la realització de tesis per part del seu nombrós professorat. Tal com s'ha comentat anteriorment la producció de tesis no està correlacionada amb els ingressos per R+D ni amb la mida dels grups. Que aquest índex no depengui dels ingressos suggereix que gran part dels recursos obtinguts per a R+D no s'empren per al desenvolupament de tesis, probablement perquè provenen d'activitats de transferència de tecnologia que no presenten suficient interès innovador i contingut científic per possibilitar el desenvolupament de tesis.

3.2.6.4. ARTICLES PER MILIÓ D'EUROS

El nombre d'articles per milió d'euros i any és similar en tots els grups i se situa en 19. S'eleva a 141 en el cas del Departament de Física i Enginyeria Nuclear que, com ja s'ha esmentat, a més de la línia d'investigació en energia en té d'altres en física fonamental i física aplicada, la contribució de les quals a les publicacions científiques és molt elevada.

3.2.7. Recursos humans, recursos econòmics i resultats d'altres grups

Com a exemple de nous grups d'investigació en l'àrea energètica es mostren les estadístiques i resultats del Centre d'Innovació Tecnològica en Revalorització Energètica i Refrigeració (CREVER) de la URV (taules 20, 25, 26 i 27). Els nous grups presenten tres característiques ben definides: un fort impuls institucional,

TAULA 25

Estadística de la investigació del Centre d'Innovació Tecnològica en revalorització energètica i refrigeració, URV

CREVER (URV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
PI	1	2	2	3	4	4	2,667
Personal docent	4	4	5	5	5	5	4,667
Becaris	5	6	6	6	8	8	6,500
PAS + suport	0	0	1	2	3	3	1,500
<i>Total personal</i>	10	12	14	16	20	20	15,333
Tesis	0	0	1	1	2	3	1,167
Articles	11	11	16	9	8	14	11,500
Patents	0	0	0	1	0	0	0,167

Font: CREVER (URV) 29/05/2004.

un procés de consolidació del personal docent i investigador, i una implantació territorial en àrees de serveis d'assessoria tècnica i investigació. Els indicadors de resultats són dispars en raó del procés de consolidació del personal docent i investiga-

dor, per la qual cosa no han estat considerats en l'anàlisi global. Tot i això, sí que s'aprecia, en l'exemple esmentat, l'evolució de l'etapa de consolidació del grup, amb un índex molt elevat de producció.

TAULA 26
Finançament de la investigació del Centre d'Innovació Tecnològica en revalorització energètica i refrigeració de la URV

CREVER (URV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana (milers d'euros/any)
Convenis	–	–	24,0	62,6	36,7	59,4	30,5
Programes europeus	–	–	–	45,0	45,0	–	15,0
Programes nacionals	9,0	9,0	60,0	222,1	198,6	251,4	125,0
Altres (subvencions, donacions...)	22,4	14,6	12,0	31,8	105,6	83,4	45,0
<i>Total</i>	31,4	23,6	94,0	361,5	385,9	394,2	215,5

Font: CREVER (URV) 29/05/2004.

TAULA 27
Indicadors de la investigació del Centre d'Innovació Tecnològica en revalorització energètica i refrigeració de la URV

CREVER (URV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Mitjana anual
Tesis/invest.	0,0	0,00	0,50	0,333	0,50	0,75	0,438
Articles/invest.	2,0	1,00	3,00	1,000	0,50	0,75	1,125
Tesis/milió d'euros	0,0	0,00	10,60	2,770	5,18	7,61	5,420
Articles/milió d'euros	63,7	84,70	63,80	8,300	5,20	36,00	13,900
<i>PI/total</i>	0,1	0,17	0,14	0,190	0,20	0,20	0,170
Patents/invest.	0,0	0,00	0,00	0,333	0,00	0,00	0,060
Milers d'euros per invest.	–	–	–	–	–	–	80,800
Milers d'euros per persona	–	–	–	–	–	–	14,100

Font: CREVER (URV) 29/05/2004.

3.2.8. Consideracions finals i conclusions

Les opinions i els comentaris que aquí s'expressen són personals i no hi ha cap interès a convèncer, agradar o molestar. Les dades que es presenten s'han obtingut de les bases de dades disponibles, que no sempre es poden considerar completes.

3.2.8.1. CONTEXT GENERAL

La R+D, i més recentment la R+D+I en el sector de l'energia presenta, si més no, dues vessants, l'una de caràcter científic bàsic, i l'altra (o moltes altres) de caràcter tecnològic aplicat. La investigació en el primer cas no es troba significativament representada en l'àmbit de l'enginyeria industrial. Per contra, la innovació i investigació tecnològica, encara que dispersa en múltiples grups, sí que és objecte d'una activitat cada vegada més estructurada i que creix en les universitats que imparten (2001) la titulació d'enginyeria industrial (UPC, URV, UdG).

La R+D energètic bàsic requereix considerables esforços, grups consolidats i grans centres d'investigació. La major part d'aquesta investigació es realitza en les grans empreses energètiques i en els centres europeus i estatals d'investigació.

La R+D en l'ensenyament superior de l'enginyeria industrial es desenvolupa a Catalunya gràcies a petits centres d'investigació i departaments que disposen d'escassa infraestructura, i que participen d'un finançament combinat provinent de recursos que obtenen de la seva participació en programes estatals i europeus, i en part també de la transferència de tecnologia o estudis per a empreses del sector que no sempre es poden considerar investigació.

Les mancances en infraestructures de suport administratiu i tècnic, la reduïda mida dels grups d'investigació, la doble funció docent i investigadora, la competència creixent entre les universitats i els centres i grups per a l'obtenció de recursos, afegeixen més dificultats per a la consolidació dels grups.

A més, com que la major part de recursos en R+D+I es dedica a les empreses del sector, o a centres estatals, la participació dels centres universitaris en els grans projectes d'investigació està condicionada a la modalitat de col·laboració, sotmesa a terminis i objectius específics, amb la conseqüent pèrdua d'iniciativa.

3.2.8.2. EL SECTOR INDUSTRIAL ENERGÈTIC

a) Tecnologies energètiques convencionals

El sector de l'energia és estratègic, i el tancament, trasllat, o el declivi d'empreses del sector productiu de béns d'equip i del manteniment, per efecte de la liberalització del mercat i la pràctica de la compra de tecnologia claus en mà, condueix en pa-

ral·lel al declivi del mateix sector energètic i a la pèrdua de recursos humans qualificats, que provoca a mig termini la pèrdua de pes dels estudis tècnics —afectats per la reducció d'expectatives laborals— i finalment a un sistema que es queda sense tècnics, personal acadèmic, investigadors i coneixement. Àrees com l'enginyeria elèctrica, l'enginyeria nuclear, les tecnologies de la combustió, es troben en ple cicle de decadència com el descrit.

En aquests casos es fa necessari un impuls des dels àmbits industrial, universitari i de l'Administració per corregir o paliar la situació. La situació anterior es presenta en diversos països, i no només en l'àrea energètica, on es tracta de corregir-la amb beques de formació i ajuts a la investigació.

b) Energies renovables i tecnologies emergents

La investigació en aquest camp, per la mateixa varietat de principis de funcionament, està molt disseminada en àrees de la física, química, electrònica, biologia i agricultura, entre d'altres. Els centres nacionals CIEMAT i CENER són els que presenten un potencial més gran.

Els centres d'ensenyament superior i d'investigació de l'àrea de l'enginyeria industrial en l'àmbit de Catalunya participen escassament en el desenvolupament d'algunes d'aquestes tecnologies. Per contra, la Generalitat de Catalunya per mitjà de l'ICAEN n'impulsa molt activament l'ús i l'aplicació. En aquest context, el Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic que planteja el *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010* (2002), actualment en revisió, pot ser un vehicle per estimular iniciatives en els centres universitaris.

D'altra banda, el desenvolupament de les energies renovables es percep, en molts casos, amb un grau més gran del que realment han assolit. Presenten grans estímuls econòmics i avantatges fiscals (en associar-se amb el medi ambient), amb la qual cosa, en molts casos, les etapes d'investigació, a càrrec d'empreses i centres especialitzats, en un camp molt competitiu, s'han escurçat o traslladat a l'etapa de demostració i estandardització, amb evidents mancances pel que fa a proves d'homologació, materials, rendiment i normes de seguretat. D'aquesta manera part de la investigació es realitza en l'etapa productiva, que ofereix un cost de desenvolupament i d'investigació més baix.

3.2.8.3. PROPOSTES DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA PER IMPULSAR LA R+D EN ENERGIA

La proposta d'establir un Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic, coordinat per l'ICAEN, remarca la necessitat d'establir la connexió entre

grups universitaris d'investigació, centres d'investigació i empreses del sector energètic amb les fonts de finançament i el mercat tecnològic energètic, focalitzant la necessitat de R+D en l'àrea de les energies renovables i l'eficiència energètica.

També es considera convenient que des de l'Administració s'impulsi la instal·lació d'un laboratori, o la potenciació dels laboratoris ja existents, per a la calibració, assaig i homologació de prototipus, especialment per a aplicacions tèrmiques o elèctriques de les energies renovables, i que pugui donar servei de suport a la investigació de prototipus.

Probablement seria també necessari impulsar la investigació de les energies convencionals amb els seus reptes d'eficiència i considerant la seva actual funció rellevant en el context general del sector energètic, tal com assenyala el Pla Nacional, si més no per frenar la pèrdua de recursos humans i del seu coneixement.

La posada en funcionament del Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic està en espera de decisions polítiques. Sembla evident, però, que iniciatives com les exposades en l'esmentat programa són necessàries i que requereixen un impuls des dels sectors de l'àrea industrial de la Generalitat de Catalunya.

3.2.8.3.1. *La R+D en enginyeria industrial de l'ensenyament superior*

a) Línies i grups

La principal característica dels grups d'investigació associats a les línies sobre energia és, llevat d'excepcions, el reduït nombre d'investigadors adscrits, l'escassa dotació de tècnics de suport i auxiliars (mal endèmic de la investigació a la universitat), i una limitada capacitat dels laboratoris.

La gran quantitat de línies d'investigació es deu en part a l'herència de la formació dels departaments, i en part a la demanda massiva d'investigació i estudis sobre temes relacionats amb el medi ambient i l'energia. La política de les universitats és corregir aquestes anomalies establint criteris de mida i producció per emparar les línies i grups d'investigació.

b) Centres d'enginyeria industrial

En els centres d'enginyeria industrial de la UPC les principals línies d'investigació sobre energia són les impulsades pel Departament de Màquines i Motors Tèrmics, el Departament d'Enginyeria Elèctrica, el Departament de Física i Enginyeria Nuclear, el CTTC i l'INTE.

En la resta d'universitats catalanes amb estudis d'enginyeria industrial (URV, UdG), els grups d'investigació es troben immersos en departaments amb múltiples àrees de coneixement.

c) Recursos per a investigació

El finançament de l'activitat investigadora s'ha ressentit de la nova estructura del mercat energètic. S'han eliminat els recursos per a R+D que provenien de les tarifes energètiques. Els ajuts fiscals a les empreses que realitzen R+D provenen ara del camp del medi ambient (i energies renovables que s'hi relacionen), la qual cosa ha ocasionat que les grans empreses incrementessin els seus esforços en aquestes línies, i que en conseqüència s'hagi produït un transvasament o reconversió de línies d'investigació energètica envers el medi ambient.

Les àrees energètiques pròpies de l'enginyeria industrial es troben, en conseqüència, en situació desfavorable o han procedit a una reconversió envers el medi ambient. En l'àmbit dels centres d'ensenyament superior d'enginyeria industrial la situació és similar i ha produït un estancament de l'activitat en R+D.

En general la R+D que es desenvolupa en el camp energètic industrial és aplicada, en bona part per causa de la petita dimensió dels grups i per la formació i dedicació del personal.

Si es prenen com a mostra els cinc grups de la UPC esmentats anteriorment (i que figuraven també en l'anterior report de recerca de l'IEC) es comprova que els ingressos totals mitjans anuals (1,3 milions d'euros) per al període 1995-2001 per R+D són similars als del període anterior 1990-1995. Els centres o instituts d'investigació obtenen ingressos més grans *per capita* per a R+D, de prop de 4 vegades superiors a la dels departaments, i de 2,5 vegades superiors si es refereixen a ingressos per investigador, cosa que evidència que l'activitat investigadora d'aquests últims presenta dificultats més grans d'arrelament i desenvolupament generalitzat. La major part dels recursos provenen de programes nacionals i internacionals de R+D, que aporten el 54 %. La resta d'ingressos són per convenis de transferència, propis dels serveis d'enginyeria, que a més es troben sotmesos a clàusules de confidencialitat que impossibiliten la utilització lliure dels resultats i la seva difusió en publicacions. Per al període analitzat, la producció de tesis en l'àrea energètica no està gaire relacionada amb els ingressos en l'activitat de R+D dels departaments. Això es desprèn de la relació entre tesis i ingressos en els departaments de l'àrea energètica de l'enginyeria industrial. Probablement part de l'activitat investigadora en la fase de formació té un component acadèmic i vocacional que supera les dificultats d'ordre estructural i material. La producció d'articles per investigador sí que està correlacionada amb els ingressos per R+D i el nombre d'investigadors (dimensió del grup), però especialment amb el tipus de línia d'investigació dels grups, i són les línies tecnològiques les de producció més baixa en comparació amb les línies d'investigació de la física fonamental o aplicada.

d) Reptes de futur

L'evolució dels grups de R+D en el sector energètic industrial sol estar fortament condicionada per l'activitat econòmica mundial i per les decisions de caràcter polític a tots els nivells. Catalunya es troba des de fa anys en una situació difícil en aquest àmbit. En són la causa factors com ara la renovació industrial, la liberalització dels mercats energètics, la competitivitat ferotge entre sectors per tal de fer-se amb els mercats, la manca d'infraestructures, les falses, o si més no exagerades, expectatives creades amb algunes de les noves energies. Com a resposta a aquest panorama en R+D les línies d'investigació tracten de racionalitzar-se; vegeu, per exemple, les iniciatives del Programa Nacional d'Energia del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació 2004-2007 i del Programa de Foment de la Recerca i el Desenvolupament Tecnològic en l'Àmbit Energètic.

En l'àmbit de l'ensenyament superior, que té una participació escassa en R+D de l'àrea energètica i que es troba sotmès, en aquest camp, a forces que no controla, els principals reptes són: la participació activa en el «mercat» de R+D, la formació d'investigadors i el manteniment del coneixement científic i tècnic. Els canvis estructurals per millorar la situació actual estan en mans de les autoritats.

3.3. Enginyeria química, enginyeria tèxtil i paperera i enginyeria industrial ambiental

3.3.1. Característiques de l'àmbit

La indústria química és un dels sectors més importants del teixit industrial de Catalunya. Segons dades de l'informe realitzat per la Federació Empresarial de la Indústria Química Espanyola (FEIQUE) de l'any 2001, el 44,7 % de la indústria d'aquest sector a Espanya es troba a Catalunya. A més, a Espanya es fabrica el 7 % dels productes químics de la UE; per tant, Catalunya representa una producció del 3,2 % de tot el mercat europeu.

D'altra banda, aquest sector té un nombre elevat de subsectors productius, segons la mateixa font d'informació un total de vint-i-cinc, que engloba des de la indústria pesant com la indústria del refinament del petroli fins a indústries de química fina com la indústria farmacèutica. Això implica que el sector tingui una tipologia industrial molt diversa, que va des de les grans multinacionals fins a la mitjana i petita empresa. Aquest fet comporta una dificultat a l'hora de fer un seguiment de la recerca que es fa en l'àmbit industrial d'aquest sector, ja que les multinacionals, generalment, realitzen aquesta recerca als seus països d'origen, i les empreses del sector que fan recerca al nostre país com, per exemple, algunes de les relacionades amb

la química fina, estan sotmeses a restriccions de confidencialitat dels seus resultats que n'impedeixen l'accessibilitat. També cal dir que una part d'aquesta recerca es fa en col·laboració amb centres públics o privats de recerca com les universitats o el CSIC.

Una altra característica que cal ressaltar d'aquest sector és la dificultat que hi ha per establir la frontera entre la recerca que és pròpia de l'enginyeria química o d'altres, com la química, la ciència i tecnologia dels materials, etc. Aquesta característica fa que, com més endavant es comenta en tractar els centres de recerca analitzats, hi hagi àrees i temàtiques molt diverses que estan dins o conviuen amb l'àmbit de l'enginyeria química, però no en són pròpies, encara que avui dia moltes hi estan fortament relacionades; per tant, en el report s'ha seguit, en la mesura que ha estat possible, el criteri d'excloure de l'anàlisi de l'àmbit la recerca allunyada del que es pot considerar com a enginyeria química.

La diversitat ja esmentada d'aquest sector queda reflectida en el nombre de línies o temàtiques de recerca o transferència de tecnologia que cobreixen els centres d'investigació de l'àmbit. En són exemple:

- optimització de processos químics
- seguretat de plantes químiques i modelització d'accidents
- control i disseny de reactors
- tecnologia de l'aigua, tractament d'aigües residuals urbanes i industrials
- tecnologia alimentària
- tractament de residus industrials i radioactius
- biosensors
- tècniques de separació i/o recuperació de metalls
- anàlisi de contaminants
- catàlisi heterogènia
- enginyeria molecular
- síntesi i estructura de polímers i tecnologia de materials polimèrics
- biotecnologia
- fenòmens de transport.

Com en el cas de la indústria química, el sector de la indústria tèxtil i paperera també és molt important al nostre país, com ho indica el fet que el 48 % de les empreses tèxtils espanyoles es trobin a Catalunya. Ara bé, en aquest sector la majoria de les empreses són de dimensió petita o mitjana; això implica que la recerca o transferència de tecnologia de l'àmbit quedi concentrada en uns pocs centres, com l'INTEXTER i el Departament d'Enginyeria Tèxtil i Paperera (DETIP), ambdós de la UPC, el Laboratori d'Assaigs i Investigacions Tèxtils de Condicionament Terrassenc (LEITAT) i el LGAi. Aquesta situació fa que aquests pocs centres cobreixin un gran ventall de línies de recerca, al-

gunes de les quals estan més relacionades amb l'àmbit de l'enginyeria mecànica o l'àmbit de la biotecnologia que amb l'àmbit tèxtil o paperer. La relació següent és il·lustrativa d'aquest ampli ventall de línies de recerca o de transferència de tecnologia d'aquests centres:

- tractament d'aigües residuals
- ecotoxicologia dels productes contaminants i d'aigües
- estudis bioquímics i enzimàtics relacionats amb situacions de contaminació tèxtil i paperera
- fisicoquímica de tintura i acabats
- estructures tèxtils múltiples
- polímers tèxtils
- desenvolupament de sistemes experts per a l'optimització automàtica dels sistemes i processos tèxtils
- aplicacions mecàniques i informàtiques destinades al desenvolupament de tecnologies netes (reciclatge, recuperació de productes i regulació de banys)
- fisicoquímica dels productes tensioactius
- tèxtils d'ús tècnic.

3.2.2. Fonts d'informació

S'han emprat diverses fonts d'informació per obtenir dades quantitatives sobre els recursos humans i econòmics aportats a la recerca en els dos àmbits, així com dels resultats de l'esmentada recerca. Ara bé, la diversitat d'aquestes fonts, la seva diferent estructura, la seva disponibilitat i, sobretot en el sector industrial, la seva globalització, han dificultat extraordinàriament l'elaboració del report; principalment a l'hora de poder fer una anàlisi precisa i exhaustiva d'ambdós àmbits en el sector industrial i per a determinats centres de recerca o transferència de tecnologia. Tot això ha representat també que, en alguns dels centres analitzats, no s'hagi pogut disposar de tota la informació necessària, no s'hagi pogut aconseguir una gran fiabilitat en les dades utilitzades per manca de correlació entre si en funció de la font d'informació, i que finalment no s'hagi pogut evitar una certa imprecisió en les fronteres entre les diferents àrees.

Com a font d'informació de referència s'ha utilitzat el report de recerca de l'enginyeria industrial a Catalunya editat l'any 1999 per l'IEC. Les altres fonts d'informació han estat utilitzades en funció de la seva territorialitat; així, les dades referents a Catalunya s'han extret de:

- els webs de les universitats, dels centres de transferència de tecnologia o de tercer cicle d'aquestes, i les bases de dades com Fènix o GREC
- el DURSÍ, tenint en compte tots els programes de recerca que patrocina
- Informes CIDEM i el Programa CIDEM-CIRIT

Pel que fa a Espanya, s'ha emprat la informació següent:

- Ministeri de Ciència i Tecnologia. Informes dels diferents plans nacionals de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (1996-2002)
- Informes de la Fundació Cotec
- Programa de Foment de la Investigació Tècnica (PROFIT).

La informació referent a la recerca i innovació tecnològica a Europa s'ha extret de:

- la xarxa EUREKA
- el Third European Report of Science and Technology Indicators (2003)
- els informes dels IV i V Programa Marc de Recerca i Desenvolupament Tecnològic (1994-2002).

A més, la informació referent als articles dels àmbits analitzats s'ha obtingut i contrastat amb:

- el *Web of Knowledge* de l'Institute for Scientific Information (ISI)
- el *Journal Citation Report*.

3.3.3. Grups i centres de recerca

Pel que fa a l'enginyeria química, els centres de recerca que s'han tingut en compte a l'hora de realitzar aquest report, han estat els departaments universitaris i instituts següents:

- Enginyeria Química (UAB)
- Enginyeria Química i Metal·lúrgica (UB)
- Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Alimentària (UdG)
- Enginyeria Química (UPC)
- Institut Químic de Sarrià (URL)
- Enginyeria Química (URV),

dels quals es disposa d'informació sobre la recerca que és prou completa en el període del report.

Com que alguns d'aquests departaments i institucions tenen àrees de coneixement o grups de recerca que estan relacionats amb altres àmbits com la química o l'enginyeria mecànica, que han estat tractats en altres reports o seccions d'aquest mateix report, o altres àrees tant allunyades de l'enginyeria química com són la producció animal i la producció vegetal, l'anàlisi s'ha restringit, en la mesura que ha estat possible, als grups de recerca vinculats a l'àrea d'enginyeria química. La taula 28 recull les diferents àrees de coneixement o els grups de recerca d'aquests departaments.

De totes les àrees que conformen aquests departaments, la selecció d'aquelles que eren pròpies o estaven prou relacionades amb l'enginyeria química s'ha pogut fer quan la informació disponible ho ha permès. Així, per elaborar el report, només s'han utilitzat les dades referents a l'àrea d'enginyeria química de la UB, la UAB i la UdG; mentre que les dades emprades de la URL corresponen als grups d'Ecotecnologia i Se-

guretat. D'altra banda, en el cas de la URV i la UPC s'han emprat les dades referents a totes les àrees que estan incloses dins dels departaments; cal dir, però, que l'àrea majoritària en aquestes universitats és l'enginyeria química i que els investigadors de les altres àrees fan, en molts casos, una recerca fortament relacionada amb aquesta àrea de coneixement.

Cal indicar que, per diferents motius, no s'ha considerat en el report l'anàlisi específica de les dades d'altres institucions com ara centres de recerca o de desenvolupament del sector industrial, centres del CSIC o centres específics (Centre de Desenvolupament de Processos de Química Fina [CDPQF]). Així, i en referència al sector industrial, s'ha de remarcar que, com ja s'ha indicat anteriorment, la majoria d'empreses relacionades amb el

sector són multinacionals i, per tant, la recerca la fan en els seus països d'origen; d'altra banda, les empreses nacionals o bé són de serveis i no fan recerca, o bé tenen els seus centres de recerca fora de Catalunya, o bé pel seu àmbit de recerca, més relacionat amb la química fonamental, i confidencialitat dels resultats —per exemple, la indústria farmacèutica—, fan difícil tenir una informació adequada que permeti una anàlisi exhaustiva. A més, com també ja ha estat comentat, la globalització de les dades —dades macroeconòmiques— de l'àmbit industrial dificulta la possibilitat de fer un estudi sectorial amb certa precisió i fiabilitat sobre la recerca i el desenvolupament tecnològic. Respecte a la recerca que es fa als centres del CSIC està clarament ubicada dins la química bàsica i, per tant, no té cabuda dins d'aquest report.

TAULA 28

Àrees de coneixement o grups de recerca dels diferents departaments universitaris relacionats amb l'enginyeria química

Universitat	Departament	Àrea de coneixement/ grup de recerca
UAB	Enginyeria Química	Enginyeria química
UB	Enginyeria Química i Metallúrgia	Enginyeria química Ciència dels materials i enginyeria metallúrgica*
UdG	Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària	Economia, sociologia i política agrària** Edafologia i química agrícola** Enginyeria agroforestal** Enginyeria hidràulica** Enginyeria química Producció animal** Producció vegetal** Tecnologia dels aliments**
UPC	Enginyeria Química	Enginyeria química Química analítica Química-Física Química orgànica
URL	Institut Químic de Sarrià	Enginyeria i corrosió** Ecotecnologia Química biològica i biotecnologia** Química analítica i mediambiental** Recerca Interdisciplinària Seguretat
URV	Enginyeria Química	Enginyeria química Enginyeria telemàtica Tecnologia dels aliments Estadística i investigació operativa

* Inclosa en l'àmbit d'enginyeria dels materials.

** Les seves dades no s'han inclòs en aquest report.

En l'àmbit de l'enginyeria tèxtil i paperera, el report s'ha centrat en l'anàlisi de les dades aportades per l'INTEXTER i el DETIP. Com que la informació obtinguda fa difícil poder separar àrees que estan relacionades amb l'enginyeria mecànica com, per exemple, l'àrea de sistemes i processos tèxtils mecànics, aquesta informació s'ha considerat dins l'àmbit tèxtil i paperer. D'altra banda, per dificultats semblants, no s'han inclòs dades de grups que es troben a l'àrea de l'enginyeria química, però amb una part de la seva recerca relacionada amb el sector paperer com, per exemple, el Laboratori d'Enginyeria Paperera i Materials Polímers (LEPAMAP) del Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària de la UdG, les dades del qual s'han comptabilitzat dins l'anàlisi de l'esmentada àrea d'enginyeria química.

No s'han tingut en compte altres centres que poden estar relacionats amb el sector tèxtil i paperer, com el LEITAT o el LGAI, per la dificultat d'obtenir una informació concreta de la recerca realitzada a l'esmentat sector per aquestes institucions. També cal remarcar que tampoc s'ha considerat la recerca realitzada a la indústria del sector, ja que la majoria de les empreses, per la seva magnitud —petites o mitjanes—, no tenen centres específics de recerca i, per tant, la major part d'aquesta recerca es fa en els centres ja inclosos en el report; a més, sovint, la confidencialitat de part de les dades, així com la dispersió de les dades obtenibles, fan que la informació obtinguda sigui insuficient per dur a terme un estudi significatiu.

Un fet a destacar sobre aquests centres és que una part, en alguns casos important, de la recerca feta està fortament lligada amb l'àmbit mediambiental. En són exemple:

- el Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA) de la UdG
- els grups d'Ecotecnologia i Seguretat de la URL
- el Grup d'Anàlisi i Gestió Ambiental (AGA) de la URV
- els Laboratoris de Control de la Contaminació Ambiental i Toxicologia Ambiental de l'INTEXTER (UPC).

A més, una part important de la recerca realitzada al Departament d'Enginyeria Química de la UAB està dedicada a l'aplicació de la biotecnologia al tractament d'aigües residuals, i part de la recerca que es fa a la UB també s'inclou en aquest àmbit. Al Departament d'Enginyeria Química de la UPC hi ha quatre línies de recerca específiques, d'un total de dotze, de l'àrea mediambiental —anàlisi de risc i impacte ambiental; estudi i tractament de residus industrials; medi ambient i tecnologia de l'aigua; i gestió de residus—, i cinc sublínies, incloses a les altres vuit restants, també dedicades a la recerca en aspectes relacionats amb el medi ambient. Per tant, l'estudi de l'evolució de la recerca de l'àmbit anomenat *enginyeria industrial ambiental* durant el període del report queda incorporat en l'estudi dels àmbits d'enginyeria química i d'enginyeria tèxtil i paperera, ja que ambdós abasten àmpliament la recerca en aquest altre àmbit.

També cal remarcar que aquests centres, segons dades del darrer any del període del report (2002), tenen diversos grups de recerca de qualitat consolidats (taula 29). Pel que fa a l'enginyeria química, el nombre de grups s'ha incrementat en un 40 % respecte a l'any 1995.

TAULA 29
Grups de recerca de qualitat consolidats per centres

UAB	UB	UdG	UPC	URL	URV	DETIP	INTEXTER
1	3	1	5	—	4	—	1

3.3.4. Recursos humans

Els recursos humans corresponents als centres de recerca analitzats s'han comptabilitzat, sempre que ha estat possible, tenint en compte els diferents tipus de personal implicat: professorat a temps complet i parcial, investigadors doctors o no doctors, professorat visitant, becaris, personal tècnic de suport, etc. Com que part d'aquest personal no té dedicació exclusiva en la recerca o n'està al marge, com per exemple el personal d'Administració, s'ha considerat només el personal docent i investigador. S'ha pres com a unitat de referència per veure l'evolució d'aquest recurs el que es

coneix com a *equivalent a dedicació plena* (EDP) —amb l'equivalència: 1 EDP = 1 professor o investigador a temps complet (TC).

A les taules 30 i 31 es recullen les dades disponibles per als diferents departaments i instituts. S'hi pot veure l'evolució durant el període analitzat del personal total dels grups, sense tenir en compte el personal d'Administració i serveis; del personal dedicat específicament a donar suport a la recerca —personal tècnic de suport (PTS) o personal qualificat de suport (PQS)—; dels becaris i dels EDP corresponents. Pel que fa als becaris, i en el cas de les universitats públiques, només s'han considerat els

TAULA 30
Recursos humans corresponents als centres de recerca de l'àrea d'enginyeria química

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
UAB	<i>Personal total</i>	36,0	38	38,0	43,0	41,0	52,0	48,0	42,3
	PTS/PQS	—	—	—	—	—	—	—	—
	Becaris	9,0	9	10,0	8,0	7,0	11,0	8,0	8,9
	EDP	22,5	21	21,5	24,5	21,5	26,0	26,5	23,6
UB	<i>Personal total</i>	—	—	—	—	—	—	—	48,0*
	PTS/PQS	—	—	—	—	—	—	—	—
	Becaris	—	—	—	—	—	—	—	—
	EDP	—	—	—	—	—	—	—	41,5
UdG	<i>Personal total</i>	23,0	25	26,0	29,0	27,0	27,0	27,0	26,3
	PTS/PQS	—	—	—	—	—	—	—	—
	Becaris	—	—	—	—	—	—	—	—
	EDP	20,5	21	22,0	24,5	22,5	22,5	22,5	22,2
UPC	<i>Personal total</i>	101,0	104	106,0	110,0	113,0	124,0	141,0	114,1
	PTS/PQS	—	—	0,0	2,0	6,0	5,0	4,0	3,4
	Becaris	16,0	13	13,0	15,0	16,0	18,0	21,0	16,0
	EDP	77,5	82	84,5	83,5	82,0	89,5	101,5	85,8
URL	<i>Personal total</i>	34,0	23	30,0	26,0	16,0	21,0	21,0	24,4
	PTS/PQS	1,0	1	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,7
	Becaris	8,0	7	6,0	6,0	5,0	5,0	9,0	6,6
	EDP	12,5	10	13,0	11,5	9,0	10,5	8,5	10,7
URV	<i>Personal total</i>	—	—	—	—	—	—	—	53,0*
	PTS/PQS	—	—	—	—	—	—	—	—
	Becaris	—	—	—	—	—	—	—	—
	EDP	—	—	—	—	—	—	—	40,5
<i>Total</i>	<i>Personal total</i>	—	—	—	—	—	—	—	308,1
	EDP	—	—	—	—	—	—	—	224,3

Els guions llargs signifiquen que no hi ha dades o no se'n disposa.

* Només està comptabilitzat el personal docent investigador.

que tenen beca del Ministeri, de la Generalitat de Catalunya o d'altres òrgans públics no universitaris.

En els casos de la UB i URV, com que no es disposa de l'evolució d'aquestes dades en aquest període, s'ha pres l'opció d'utilitzar com a dades de personal total i d'EDP les corresponents al curs 2003-2004, i utilitzar-les com a referent per a l'anàlisi posterior de resultats.

La representació de la figura 19 mostra la dimensió dels departaments i instituts analitzats en aquest report. Pot observar-se que l'anàlisi inclou centres de recerca de dimensions força diferents. Així, per causa de la seva macroestructura —tres seccions

departamentals territorials, participació en la docència i recerca a quatre escoles tècniques i quatre escoles superiors, etc. —hi ha el Departament d'Enginyeria Química de la UPC que és de dimensió gran, amb, aproximadament, vuitanta-sis EDP; hi ha tres departaments que poden considerar-se de dimensió mitjana —uns trenta o quaranta EDP— com són els corresponents a la UB i a la URV o el DETIP, en tant que la resta poden ser considerats com a petits amb una certa variabilitat en la seva grandària, compresa entre els deu i vint EDP.

L'evolució dels EDP en l'àrea d'enginyeria química al llarg del temps durant el període del report es mostra a la figura 20.

TAULA 31
Recursos humans corresponents al DETIP i a l'INTEXTER

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
DETIP	Personal total	41,0	34,0	32,0	33,0	32,0	33,0	—	34,2
	PTS/PQS	—	—	0,0	0,0	0,0	0,0	—	0,0
	Becaris	2,0	2,0	1,0	3,0	3,0	5,0	—	2,7
	EDP	37,5	31,5	30,5	29,5	28,5	26,5	—	30,7
INTEXTER	Personal total	22,0	17,0	17,0	15,0	16,0	16,0	—	17,2
	PTS/PQS	—	—	0,0	0,0	0,0	0,0	—	0,0
	Becaris	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	—	2,0
	EDP	18,0	15,0	15,0	13,0	15,0	15,0	—	15,2
Total	Personal total	63,0	51,0	49,0	48,0	48,0	49,0	—	51,4
	Becaris	6,0	4,0	3,0	5,0	4,0	6,0	—	4,7
	EDP	55,5	46,5	45,5	42,5	43,5	41,5	—	45,9

Els guions llargs signifiquen que no hi ha dades.

Aquesta figura posa de manifest un increment en els darrers anys pel que fa a la UPC i a la UAB —un 18 % i un 10 %, respectivament, sobre el valor mitjà, en el darrer any—, un estanca-

ment en el cas de la UdG i una lleugera disminució a la URL. Cal dir que l'increment observat als centres de la UPC i UAB es deu més a necessitats docents —en el període esmentat s'inicien no-

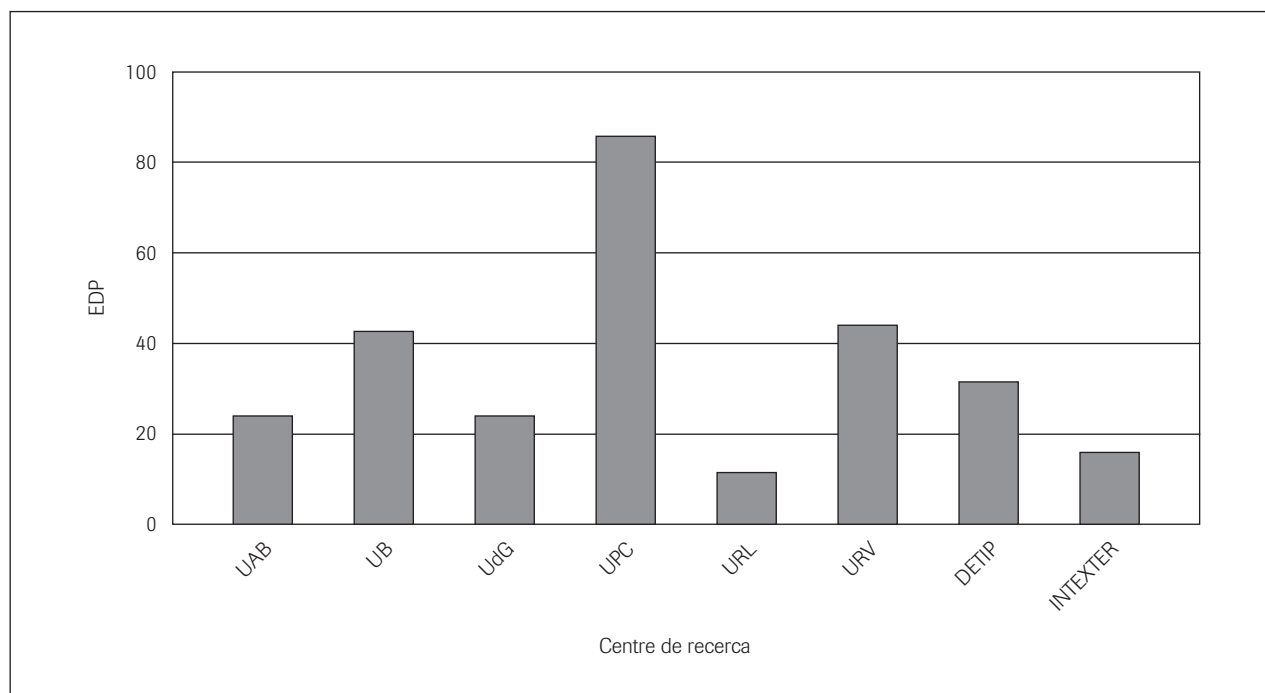


FIGURA 19. Grandària dels centres de recerca analitzats.

ves titulacions a diferents universitats, com per exemple la d'enginyeria química a la UPC— que a necessitats de la recerca. A més, l'increment mitjà durant aquest període és del 13 %, que està per sota dels increments mitjans d'EDP a l'àrea de ciència i tecnologia de l'Estat espanyol i de la UE que han estat del 30 % i 24 %, respectivament.

Fent la mateixa anàlisi d'evolució temporal d'EDP per als centres de l'àrea tèxtil i paperera, les dades de la taula 31 mostren un estancament per a l'INTEXTER durant pràcticament tot el període del report, i una disminució, que s'inicia l'any 1999, amb un 4 % per sota de la mitjana i que l'any 2001 és d'un 14 % per al DETIP.

Si s'analiza com ha evolucionat el nombre de becaris per EDP durant el període del report per als centres de recerca de l'àrea d'enginyeria química (figura 21), s'observa una diferència notable entre centres. Així, el grup de la URL manté durant el període una relació compresa entre 0,46 i 1,06, amb una relació mitjana de 0,61; la UAB té una relació entre 0,3 i 0,47, amb una mitjana de 0,37, i la relació de la UPC, que és la més estable, està entre 0,15 i 0,21, amb una mitjana de 0,19. Aquestes diferències provenen principalment del fet que en el cas de les universitats públiques, com ja s'ha indicat anteriorment, només s'han comptabilitzat els becaris amb beca concedida per òrgans oficials no universitaris, i no s'han tingut en compte becaris adscrits a convenis específics amb empreses i d'altres. Aquesta restricció no s'ha introduït en el cas de la URL. Si es comptabilitzés aquesta altra

modalitat de becaris, el nombre de becaris a considerar passaria a ser, en el cas de la UAB, el doble del què s'ha comptabilitzat, la qual cosa faria que la relació fos del mateix ordre que la relació a la URL. Una situació semblant es donaria en el cas de la UPC.

La mateixa representació feta per a l'INTEXTER i el DETIP (figura 22), mostra dues situacions oposades. Mentre que l'INTEXTER presenta una disminució important durant el període del report, el DETIP té un creixement significatiu, sobretot el darrer any, creixement que no es deu només a la disminució d'EDP del centre. Així i tot, el nombre de becaris per EDP és encara més petit que per als centres d'enginyeria química, amb valors mitjans de 0,13 per a l'INTEXTER i de 0,09 per al DETIP.

La figura 23 mostra l'evolució de la relació entre el personal tècnic de suport a la recerca i els EDP. Abans de fer una avaluació d'aquestes dades cal comentar diversos aspectes: en primer lloc, aquest tipus de personal no apareix a la universitat pública com a tal fins l'any 1998; en segon lloc, es tracta de personal cofinançat: el 50% del seu cost laboral va a càrrec del grup de recerca; i en tercer lloc, la seva contractació està limitada a un màxim de tres anys. Tot això limita la seva incorporació, com es pot observar a la figura per al cas de la UPC, únic centre públic del qual es tenen dades de contractació anual a partir del 1998. La tendència descendent en la contractació d'aquest personal al llarg del temps és ben manifesta. D'altra banda, la relació observada, que es troba entre 0,02 i 0,07 per la UPC i entre 0,08 i 0,12

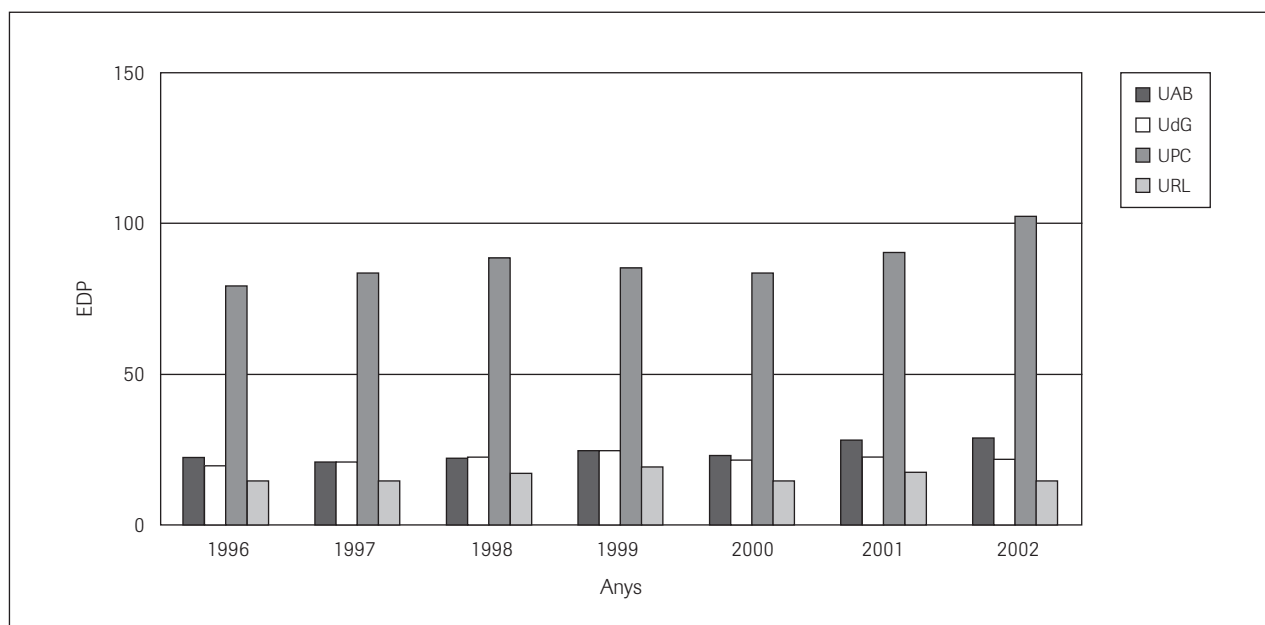


FIGURA 20. Evolució temporal dels EDP dels centres de l'àrea d'enginyeria química.

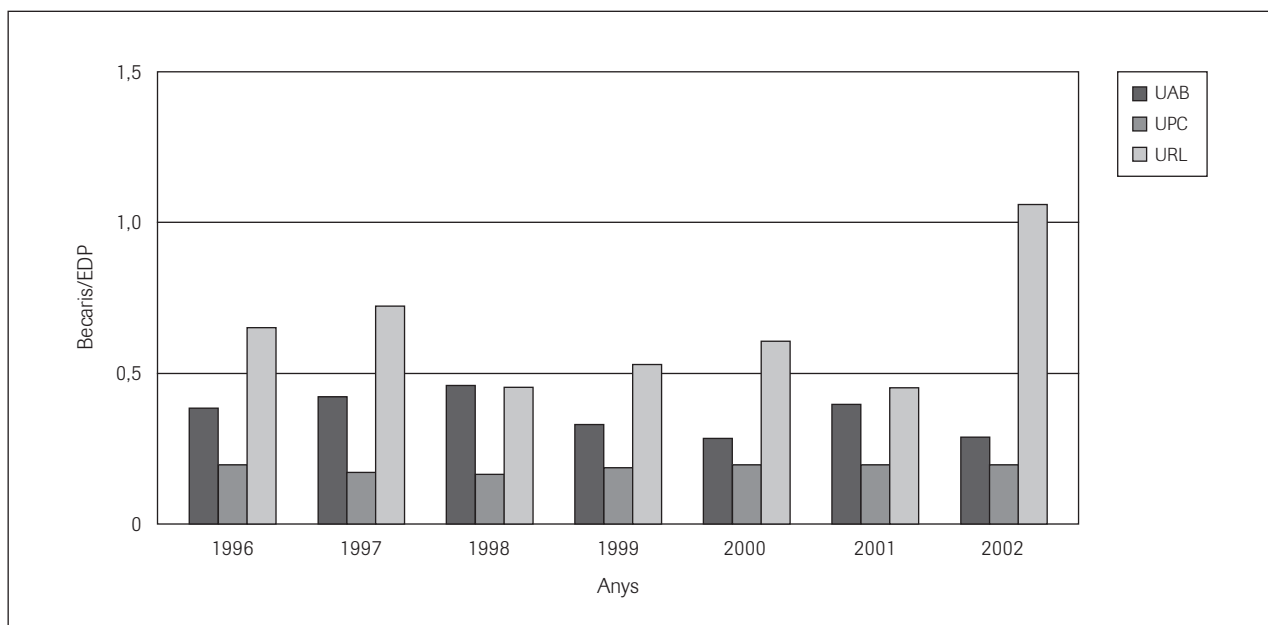


FIGURA 21. Evolució temporal de la relació becaris/EDP dels centres de l'àrea d'enginyeria química.

per la URL, és molt semblant a la relació que hi ha a l'Estat espanyol de 0,08; ara bé, aquesta relació mostra la deficiència d'aquest tipus de personal que hi ha en els centres de recerca ca-

talans i arreu de l'Estat, si es té en compte que la relació mitjana de personal tècnic de suport per EDP dels països de la Unió Europea com Alemanya, França i el Regne Unit és de 0,4.

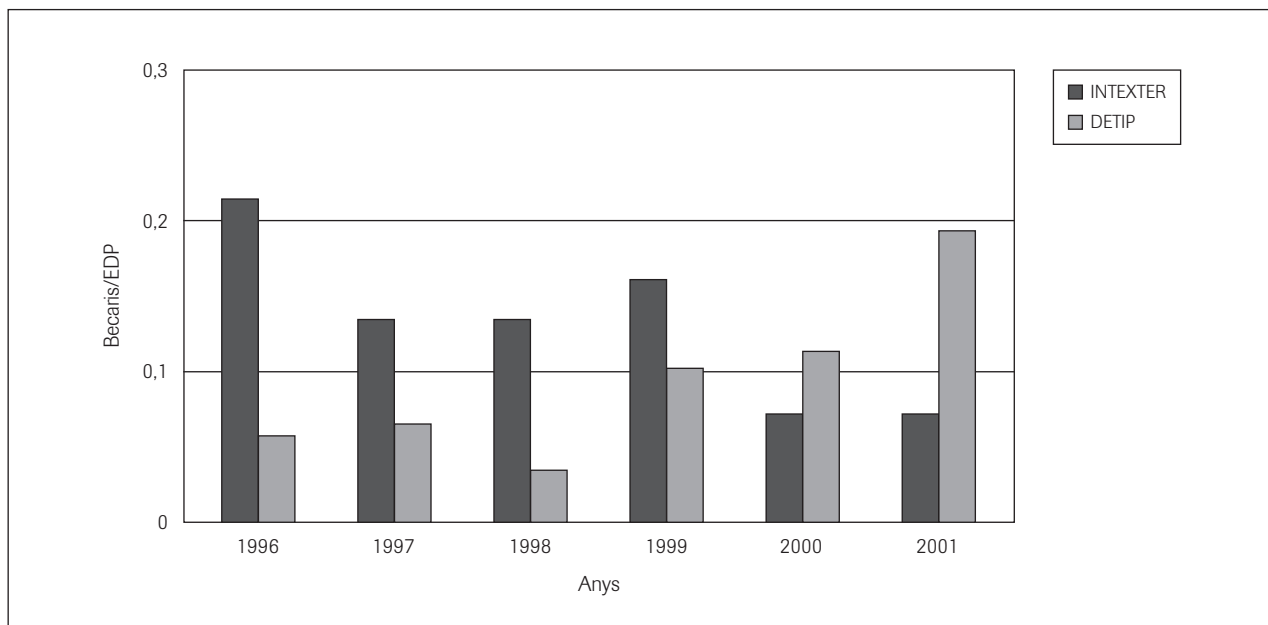


FIGURA 22. Evolució temporal de la relació becaris/EDP de l'INTEXTER i del DETIP.

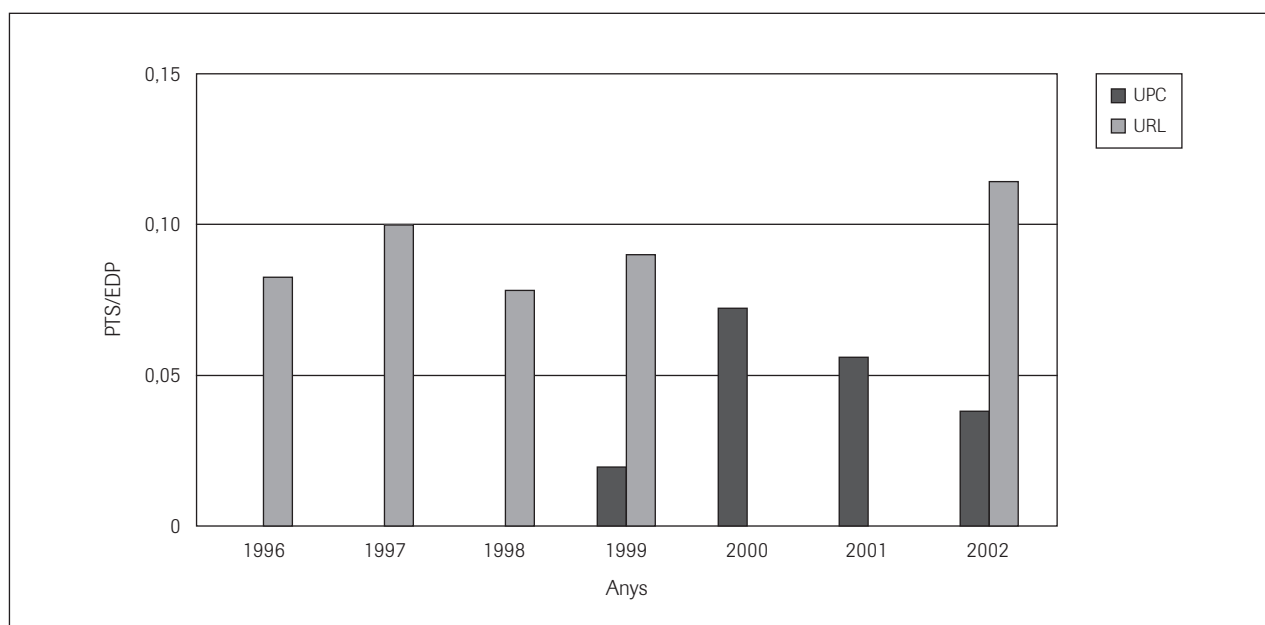


FIGURA 23. Evolució temporal de la relació PTS/EDP dels centres de l'àrea d'enginyeria química.

3.3.5. Recursos econòmics

S'han considerat tres tipus de recursos econòmics: els obtinguts de projectes i ajuts finançats per l'Estat espanyol i la Generalitat de Catalunya, que s'han designat com a fons públics; els obtinguts de projectes europeus i els obtinguts de convenis i serveis amb empreses i institucions públiques o privades. No s'han inclòs els recursos obtinguts per activitats de formació continuada, així com el finançament amb fons propis de la universitat a la qual pertany cadascun dels centres de recerca.

La taula 32 i la taula 33 recullen les dades disponibles d'aquests recursos per als diferents centres analitzats durant el període del report, les dades es donen en milers d'euros. Pel que fa als projectes europeus, cal dir que en alguns casos el finançament total del projecte està considerat en l'any de la seva concessió.

La figura 24 mostra la distribució global dels recursos rebuts durant el període del report per als dos àmbits analitzats. S'hi observa una distribució molt diferent segons l'àmbit. A més, les dues distribucions també tenen diferències respecte a la mitjana de la universitat espanyola, on el 55,5 % dels recursos econòmics són d'origen públic, el 23,5 % de projectes europeus i el 21 % restant de convenis i serveis.

Pel que fa a l'enginyeria química, el 40 % dels recursos —valor mitjà— provenen del finançament públic, amb una variació

d'aquest valor mitjà entre el 33,9 % per a la UB i el 56,6 % per a la UdG, pel que fa a les universitats públiques, mentre que només el 13 % del finançament que obté la URL prové de fons estatals i autonòmics. En canvi, si s'analiza la distribució de recursos obtinguts dels convenis i serveis amb empreses i institucions —amb un valor mitjà del 41%—, en el cas dels centres públics, el percentatge varia entre el 32,8 % per a la UPC i el 49,3 % per a la UAB, en tant que per a la URL aquest recurs és el 62,8 % del total. El finançament mitjançant projectes europeus representa un 19 % com a valor mitjà, amb una gran variació, però, en funció del centre de recerca: des del 5,3 % de la UdG al 26,3 % de la UPC.

Si es fa la mateixa anàlisi per a l'enginyeria tèxtil i papera, els valors mitjans de finançament europeu i de convenis i serveis són força diferents dels valors observats per a l'Enginyeria Química, però això prové en gran mesura de la distribució de recursos que ha rebut l'INTEXTER durant el període del report. Així, l'INTEXTER presenta una distribució de finançament públic, europeu i de convenis i serveis del 35,3 %, 43 % i 21,7 %, respectivament; mentre que el DETIP té una distribució, seguint el mateix ordre, del 50 %, 11,5 % i 38,5 % respectivament, que és més semblant a la distribució observada per a l'enginyeria química.

TAULA 32
 Recursos econòmics, en milers d'euros, corresponents als centres de recerca de l'àrea d'enginyeria química

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
UAB	Públic	85,4	443,7	142,4	210,6	330,1	723,1	306,8	320,3
	Europeu	424,3	13,4	—	—	—	—	—	62,5
	Conv./serv.	171,5	232,2	146,8	476,7	445,5	512,9	618,2	372,0
	<i>Total</i>	681,2	689,3	289,2	687,3	775,6	1.236,0	925,0	754,8
UB	Públic	238,1	194,3	291,5	176,1	342,8	346,8	399,3	284,1
	Europeu	112,0	—	399,3	—	342,6	220,0	198,5	181,8
	Conv./serv.	491,2	247,0	294,8	371,5	406,0	212,0	590,4	373,3
	<i>Total</i>	841,3	441,3	985,6	547,6	1.091,4	778,8	1.188,2	839,2
UdG	Públic	183,2	259,4	256,6	321,5	358,5	542,1	591,7	359,0
	Europeu	39,9	13,7	30,9	31,3	13,6	83,8	20,3	33,4
	Conv./serv.	74,1	71,3	214,5	256,9	328,0	395,5	352,3	241,8
	<i>Total</i>	297,2	344,4	502,0	609,7	700,1	1.021,4	964,3	634,2
UPC	Públic	356,2	280,3	271,4	1.085,0	306,6	386,7	488,8	453,6
	Europeu	73,6	242,6	229,8	176,0	915,3	18,0	383,2	291,2
	Conv./serv.	276,5	244,2	320,3	659,0	371,6	265,1	409,5	363,7
	<i>Total</i>	706,3	767,1	821,5	1.920,0	1.593,5	669,8	1.281,5	1.108,5
URL	Públic	36,6	36,6	16,0	33,0	38,0	22,0	5,0	26,8
	Europeu	28,4	39,6	20,1	50,0	50,0	72,5	86,9	49,6
	Conv./serv.	176,0	150,2	117,8	105,6	64,8	113,4	176,1	129,1
	<i>Total</i>	241,0	226,4	153,9	188,6	152,8	207,9	268,0	205,5
URV	Públic	172,0	321,1	205,2	194,5	452,2	375,8	599,7	331,5
	Europeu	—	191,3	—	197,5	—	386,5	752,8	218,3
	Conv./serv.	143,0	339,1	654,6	343,6	276,7	253,2	191,8	314,6
	<i>Total</i>	315,0	851,5	859,8	735,6	728,9	1.015,5	1.544,3	864,4
<i>Total</i>	Públic	1.071,5	1.535,4	1.183,0	2.020,7	1.828,2	2.396,5	2.391,3	1.775,3
	Europeu	678,2	500,6	680,2	454,8	1.321,4	780,8	1.441,7	836,8
	Conv./serv.	1.332,3	1.284,0	1.748,8	2.213,3	1.892,7	1.752,1	2.338,3	1.794,5
	<i>Total</i>	3.082,0	3.320,0	3.612,0	4.688,8	5.042,3	4.929,4	6.171,3	4.406,6

TAULA 33
Recursos econòmics, en milers d'euros, corresponents al DETIP i a l'INTEXTER

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
DETIP	Públic	132,9	18,0	58,5	90,8	68,1	204,5	—	95,5
	Europeu	—	—	—	—	122,6	—	—	20,4
	Conv./serv.	2,3	44,8	78,2	89,5	184,5	36,0	—	72,6
	<i>Total</i>	135,2	62,8	136,7	180,3	375,2	240,5	—	188,5
INTEXTER	Públic	114,9	735,3	12,1	200,7	168,4	398,3	—	271,6
	Europeu	1.285,5	—	113,7	—	—	587,2	—	331,1
	Conv./serv.	55,4	139,4	137,0	167,7	131,4	368,0	—	166,5
	<i>Total</i>	1.455,8	874,7	262,8	368,4	299,8	1.353,5	—	769,2
<i>Total</i>	Públic	247,8	753,3	70,6	291,5	236,5	602,8	—	367,1
	Europeu	1.285,5	—	113,7	—	122,6	587,2	—	351,5
	Conv./serv.	57,7	184,2	215,2	257,2	315,9	404,0	—	239,1
	<i>Total</i>	1.591,0	937,5	399,5	548,7	675,0	1.594,0	—	957,7

Els guions llargs signifiquen que no hi ha dades.

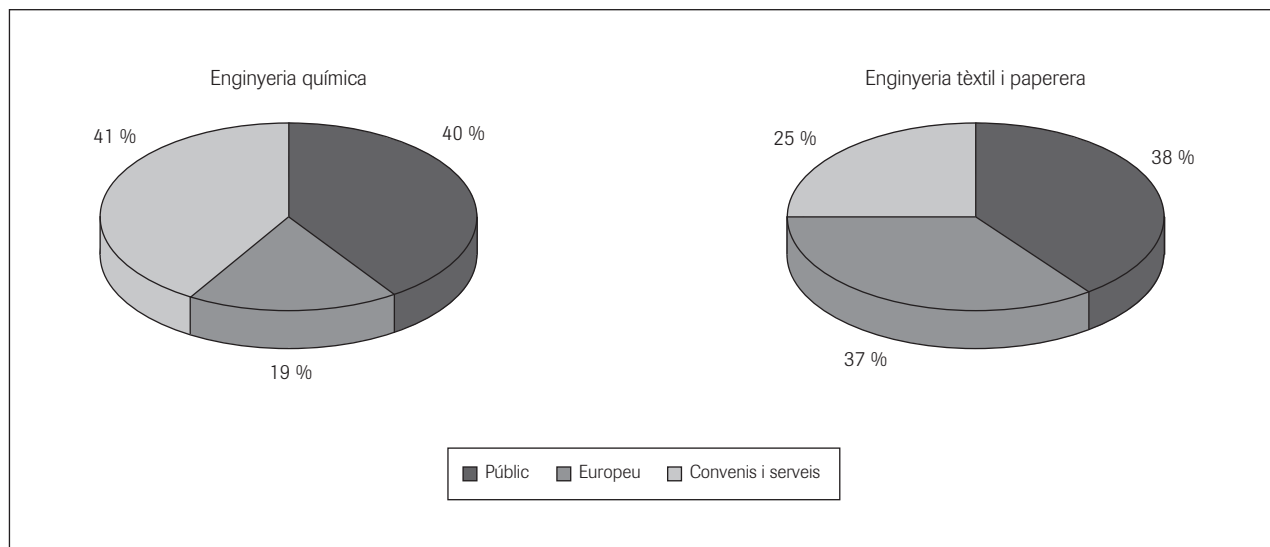


FIGURA 24. Distribució global de recursos, segons l'àmbit.

Malgrat el caràcter oscil·lant de l'evolució temporal dels recursos econòmics, sobretot en el cas dels fons europeus, s'hi poden observar certes tendències. La figura 25, que mostra aquesta distribució per a la totalitat dels centres de recerca d'enginyeria química, evidencia una tendència creixent en els recursos totals rebuts durant el període del report, tendència que és compartida pels recursos obtinguts per les diferents fonts de finançament —públics, europeu i convenis i serveis. Hi ha, però, un cert estancament en els darrers anys del període. Cal destacar que el finançament mitjà anual durant aquest període ha estat de 4,41 milions d'euros, més de tres vegades superior al finançament mitjà anual rebut per aquests centres (1,35 milions d'euros) de les mateixes fonts durant el període 1990-1995, segons dades del ja esmentat report de recerca de l'enginyeria industrial a Catalunya de l'any 1999.

Si s'analitza aquesta distribució per als centres de recerca d'enginyeria tèxtil i paperera, s'observa un comportament molt diferent al mostrat a l'àrea d'Enginyeria química (figura 26). En aquest cas, la distribució temporal mostra una caiguda important dels recursos obtinguts des de l'inici fins a la meitat del pe-

ríode del report amb una posterior recuperació. Aquesta tendència prové, sobretot, del finançament obtingut de projectes europeus —concentrat a l'inici i final del període— i també, en part, pel comportament del finançament rebut de fons públics. En canvi, els recursos que provenen de convenis i serveis mantenen una tendència creixent al llarg de tot el període.

La comparació del finançament mitjà anual en aquest àmbit amb el corresponent al primer report mostra una clara disminució d'aquest finançament; així, la mitjana dels recursos econòmics obtinguts ha estat entorn d'un milió d'euros en aquest període, mentre que la mitjana en el període 1990-1995 va vorejar els dos milions d'euros.

A títol comparatiu, els recursos obtinguts per empreses catalanes, de fons públics i europeus, per desenvolupar tasques de R+D durant aquest període, han estat entorn d'una mitjana anual de vint-i-dos milions d'euros per a la indústria química i de tres milions i mig milions d'euros per a la indústria tèxtil i paperera.

La figura 27 mostra el finançament mitjà anual per EDP que han tingut els centres de recerca durant el període del re-

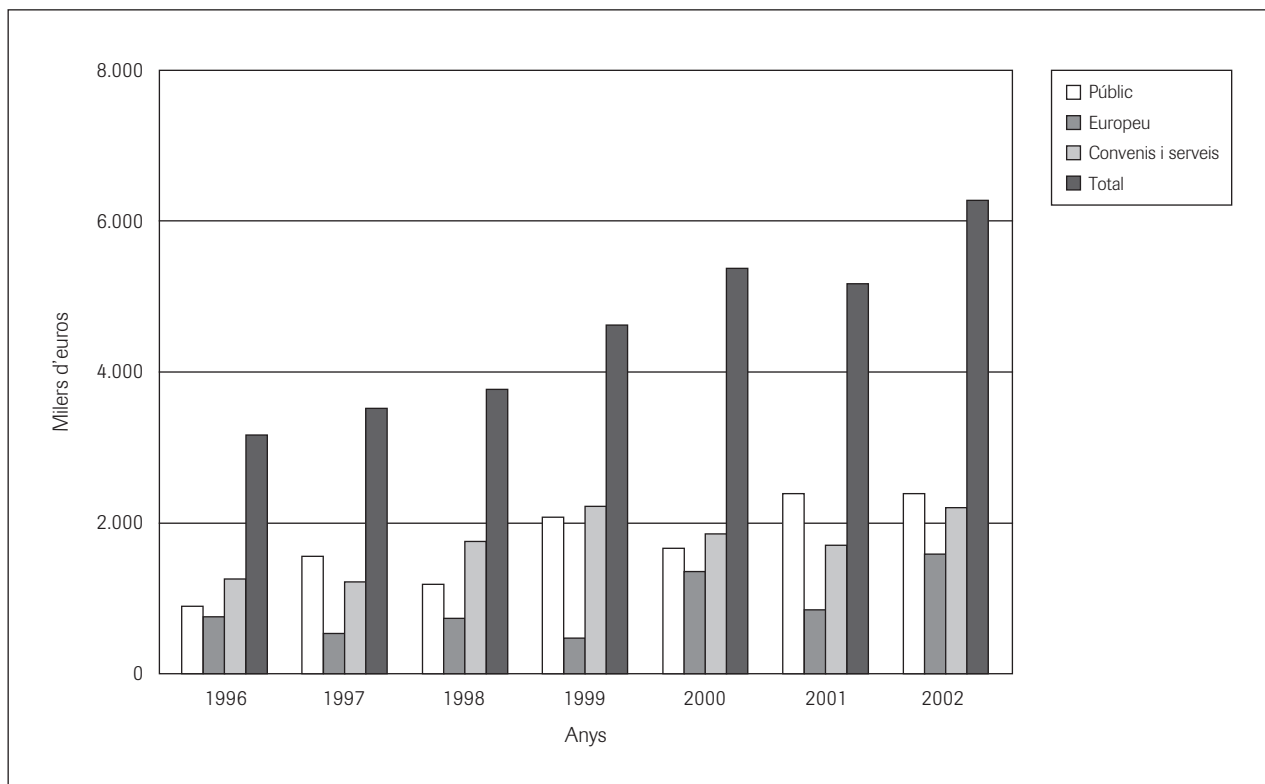


FIGURA 25. Distribució temporal dels recursos econòmics corresponents als centres d'enginyeria química.

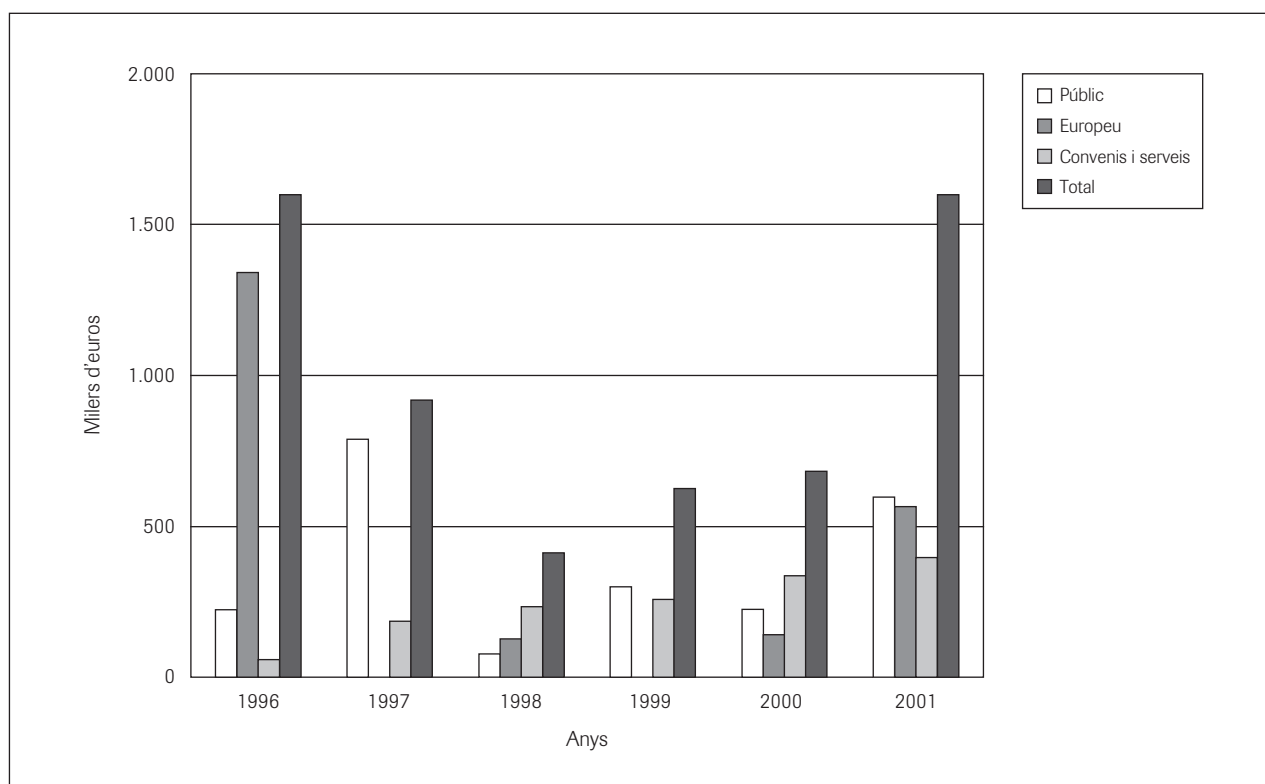


FIGURA 26. Distribució temporal dels recursos econòmics corresponents als centres de recerca d'enginyeria tèxtil i paperera.

port, amb la indicació del corresponent a les diferents fonts de finançament i al total dels recursos econòmics rebuts. D'aquesta representació cal remarcar el fet de l'existència d'una relació inversa entre la dimensió del centre —nombre d'EDP— i el finançament rebut per EDP, fet, a més, que és independent de l'àmbit analitzat; així, pel que fa a l'enginyeria química, la UPC té una mitjana de recursos totals d'uns 12.900 euros/EDP, mentre que la UAB i la UdG presenten unes mitjanes de 32.000 i de 28.600 euros/EDP, respectivament. En el cas de l'enginyeria tèxtil i paperera, la diferència encara és molt més gran entre el finançament rebut per l'INTEXTER, 50.600 euros/EDP, i el rebut pel DETIP, 6.100 euros/EDP.

De la mateixa representació, s'observa que el finançament mitjà per EDP rebut de fons públics pels centres de recerca catalans dels dos àmbits oscil·la entre els 2.500 euros/EDP per a la URL i els 17.900 euros/EDP per a l'INTEXTER. Mentre que el finançament per projectes europeus varia entre els 700 eu-

ros/EDP per al DETIP i els 21.800 euros/EDP per a l'INTEXTER, i l'interval del finançament per convenis i serveis està comprès entre els 2.400 euros/EDP per al DETIP i els 15.800 euros/EDP per a la UAB.

Les mitjanes globals de les dues àrees són molt semblants: 19.650 euros/EDP per a l'enginyeria química i 20.870 euros/EDP per a l'enginyeria tèxtil i paperera. Ambdues estan entorn de la mitjana dels centres universitaris catalans, 21.700 euros/EDP, i una mica per sota de la mitjana dels centres universitaris espanyols, 26.850 euros/EDP. La comparació és més desfavorable si es fa amb la mitjana corresponent al conjunt dels centres universitaris i centres de l'Administració pública, que és de 23.170 euros/EDP per a Catalunya i de 31.630 euros/EDP per a Espanya. També cal indicar que estan per sota de la meitat de la mitjana de països comunitaris com Alemanya, França i el Regne Unit, que és de 47.000 euros/EDP, i molt per sota de la mitjana suïssa, 85.000 euros/EDP.

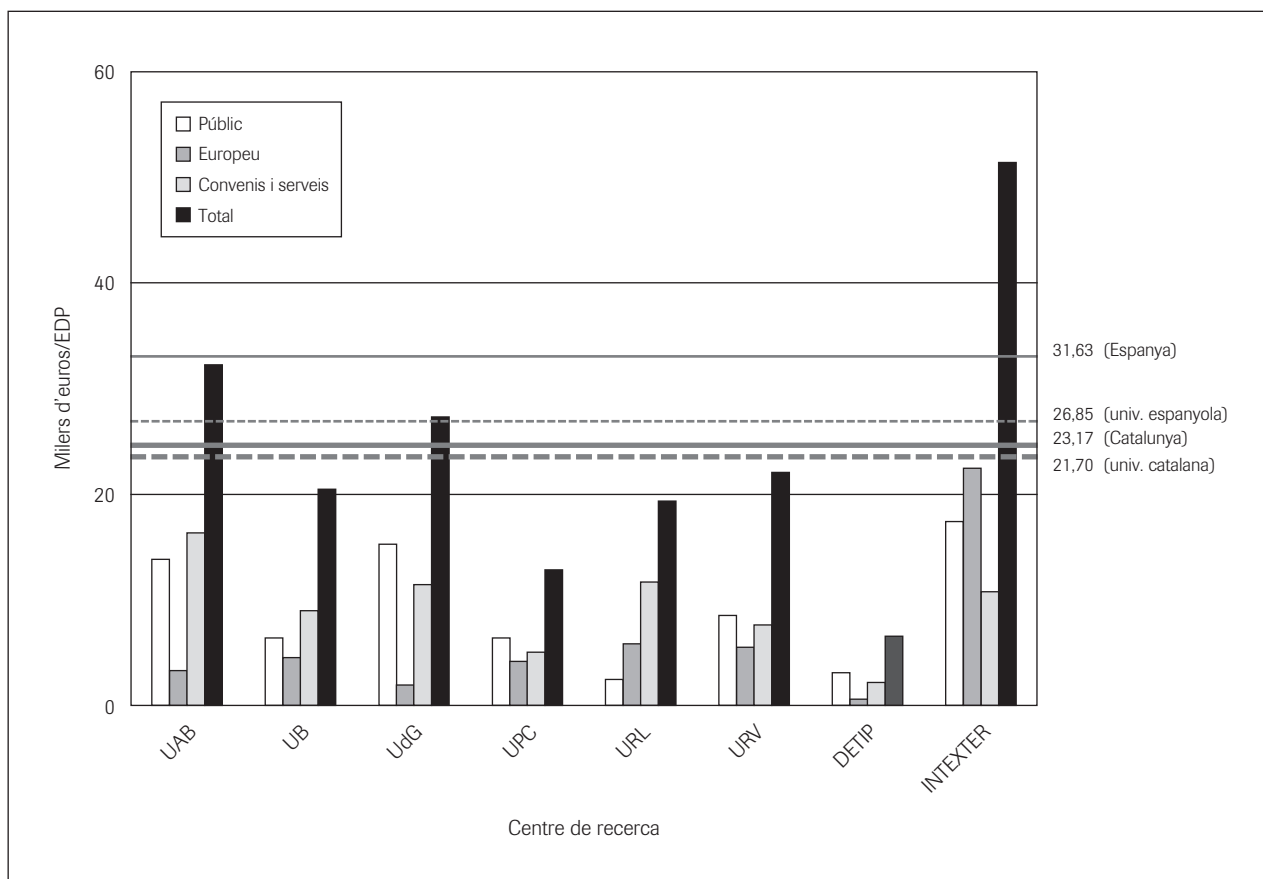


FIGURA 27. Recursos econòmics per EDP dels diferents centres de recerca.

3.3.6. Resultats

A l'hora de comptabilitzar la producció de la recerca realitzada en els centres analitzats, només s'han tingut en compte dos tipus de resultats com a més representatius d'aquesta producció: les tesis doctorals i els articles en revistes indexades al *Journal Citation Report*. No s'han considerat altres tipus de contribucions com ara patents, congressos, llibres, etc., per la poca disponibilitat de les dades referents a aquestes contribucions i per la poca fiabilitat que, en alguns casos, té la valoració de la seva qualitat científica o tècnica. Les taules 34 i 35 recullen les dades referents a aquests dos indicadors abans esmentats per als diferents centres de recerca.

Un primer fet que cal remarcar sobre la producció científica dels centres de recerca de l'àrea d'enginyeria química és que hi ha hagut un fort increment d'aquesta producció durant el període del report respecte al període 1990-1995. Així, la mitjana anual de tesis lligides durant aquest període ha estat de 32,9, mentre la mit-

jana del període 1990-1995 va ser d'11,3, unes tres vegades inferior; encara ha estat més important l'increment pel que fa a articles a revistes indexades, que ha passat a ser unes quatre vegades superior respecte a la del període anterior, d'una mitjana de 49,3 per al període 1990-1995 s'ha passat a una mitjana anual de 195,1.

La mateixa comparació per als centres de recerca del camp de l'enginyeria tèxtil i paperera mostra un comportament decreixent respecte al període anterior, si més no per a l'única dada obtinguda que és el nombre de tesis doctorals del DETIP, que ha passat d'una mitjana anual de 2 tesis lligides, durant el període 1990-1995, a la mitjana d'1,5 en el període del report.

La figura 28 mostra la mitjana anual de tesis lligides per EDP dels centres dels dos àmbits. Aquesta mitjana oscil·la entre 0,05 tesis/EDP per al DETIP i 0,19 tesis/EDP per a la URV; ara bé, encara que hi ha aquesta gran diferència entre els valors extrems, cal dir que la majoria de centres (UAB, UB, UPC, URL i INTEXTER) tenen una mitjana entorn de 0,15 —entre 0,13 per a

TAULA 34
Resultats de recerca corresponents als centres de l'àrea d'enginyeria química

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
UAB	Tesis	2	2	5	3	6	6	2	3,7
	Articles	12	18	12	10	10	9	16	12,4
UB	Tesis	6	7	10	7	3	10	4	6,7
	Articles	37	35	32	32	30	20	33	31,3
UdG	Tesis	0	5	2	2	2	2	0	1,9
	Articles	10	11	3	10	12	14	11	10,1
UPC	Tesis	12	10	9	11	8	16	11	11,0
	Articles	66	80	102	92	96	91	70	85,3
URL	Tesis	2	4	3	2	1	1	0	1,9
	Articles	6	4	9	6	1	1	1	4,0
URV	Tesis	3	5	4	7	8	9	18	7,7
	Articles	55	46	42	63	45	43	70	52,0
<i>Total</i>	Tesis	25	33	33	32	28	44	35	32,9
	Articles	186	194	200	213	194	178	201	195,1

TAULA 35
Resultats de recerca corresponents al DETIP i a l'INTEXTER

Centre de recerca		Anys							Mitjana
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
DETIP	Tesis	0	1	2	1	1	4	—	1,5
	Articles	5	7	3	11	11	13	—	8,3
INTEXTER	Tesis	0	1	3	5	1	5	—	2,5
	Articles	3	7	3	10	7	13	—	7,2
<i>Total</i>	Tesis	0	2	5	6	2	9	—	4,0
	Articles	8	14	6	21	18	26	—	15,5

Els guions llargs signifiquen que no hi ha dades.

la UPC i 0,17 per a la URL. Tots els centres analitzats en el report, excepte el DETIP que està una mica per sota, estan per sobre de la mitjana dels centres universitaris catalans que és de 0,06 tesis/EDP. En conseqüència, les mitjanes globals d'ambdós àmbits estan per sobre de la mitjana catalana, amb 0,15 tesis/EDP per a l'enginyeria química i 0,09 per a l'enginyeria tèxtil i paperera.

La mitjana anual d'articles publicats per EDP, també per als centres d'ambdues àrees, es mostra a la figura 29. En aquest cas, existeix una major oscil·lació entre els resultats que presenten els centres i, a més, els valors mínims i màxims d'aquesta mitjana tornen a donar-se per als mateixos centres; així, el DETIP té una mitjana de 0,27 articles/EDP, mentre que la mitjana de la URV és d'1,28. Aquests resultats mostren que el DETIP té una mitjana que

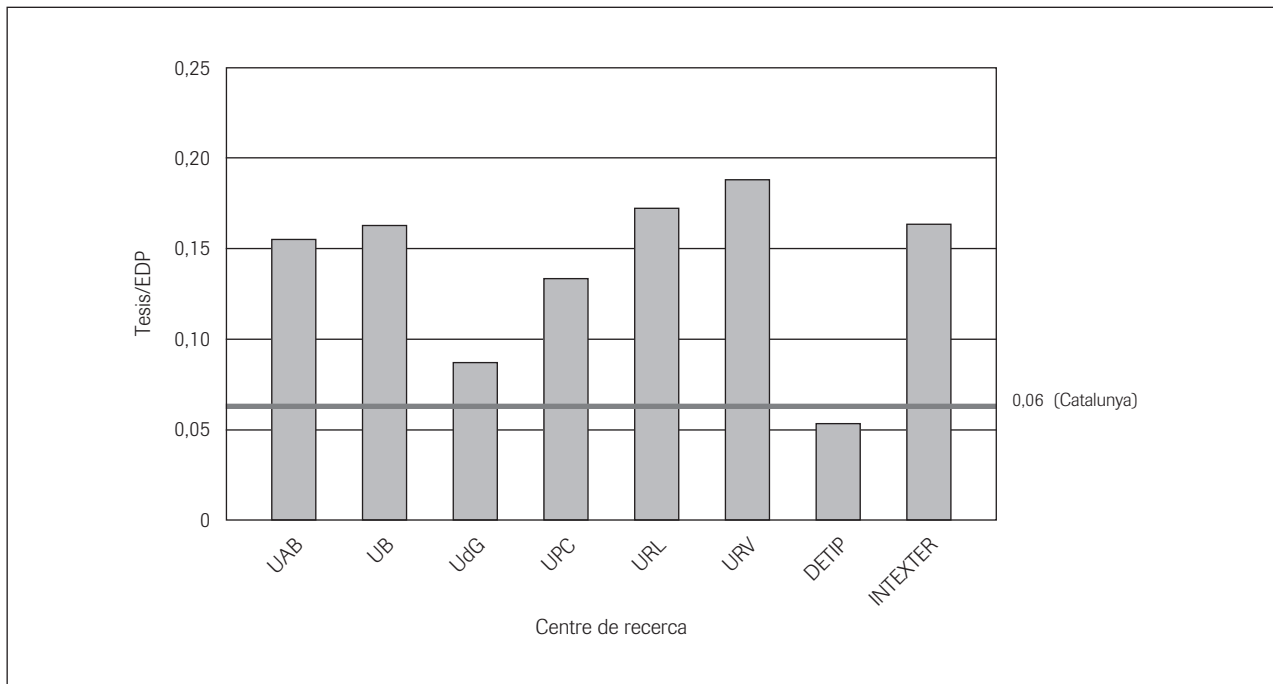


FIGURA 28. Mitjana anual de tesis llegides per EDP.

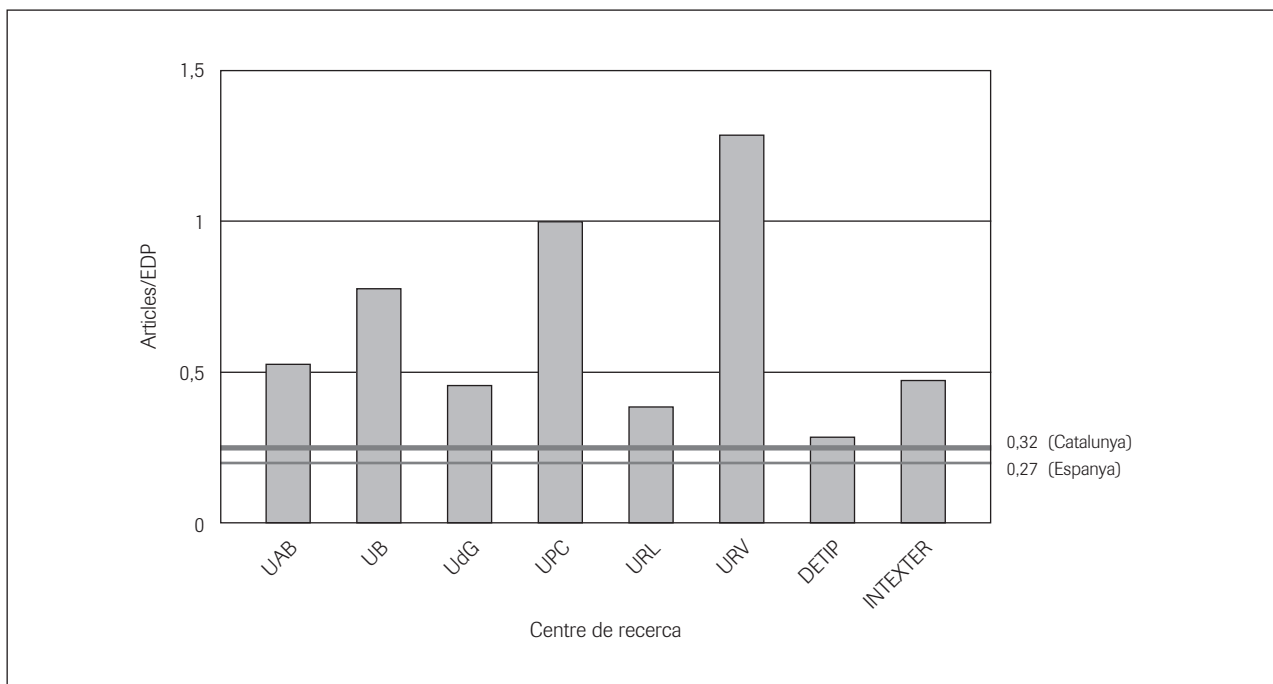


FIGURA 29. Mitjana anual d'articles publicats per EDP.

està una mica per sota de la mitjana que tenen els centres universitaris catalans que és de 0,32 articles/EDP, i és igual a la mitjana dels centres universitaris espanyols, 0,27 articles/EDP. Tots els altres centres estan per sobre d'aquestes mitjanes, en destaquen la UPC i la URV que tenen resultats tres i quatre vegades superiors, respectivament, respecte a les mitjanes esmentades.

D'altra banda, l'àmbit de l'enginyeria química presenta una mitjana global molt superior a la catalana i l'espanyola, amb 0,87 articles/EDP, i no està gaire per sota de la mitjana d'1 article/EDP de països com Alemanya, França i el Regne Unit. La mitjana de l'enginyeria tèxtil i paperera, de 0,34 articles/EDP, és molt semblant a la mitjana catalana i està per sobre de la mitjana espanyola.

Encara que no és del tot representativa de la qualitat de les tesis realitzades per un centre, ja que poden publicar-se articles que no estiguin relacionats amb els resultats d'una tesi, la relació d'articles publicats per tesi pot ser, en certa manera, un indicador d'aquesta qualitat. La figura 30 mostra l'esmentada relació per als centres de les dues àrees, amb valors que van des de 7,8 articles/tesi per a la UPC fins a 2,2 articles/tesi per a la URL. Si es comparen les relacions dels centres dels dos àmbits amb les relacions globals dels centres universitaris catalans i espanyols, les quals són de 3,9 i de 3,5, respectivament, s'observa que cinc (UB, UdG, UPC, URV i INTEXTER) tenen valors d'aquesta relació per

sobre dels esmentats globals, mentre la resta tenen valors per sota. Nogensmenys, els dos àmbits tenen valors globals superiors als catalans i als espanyols, amb 5 articles/tesi per a l'enginyeria química i 4,25 articles/tesi per a l'enginyeria tèxtil i paperera.

El rendiment econòmic de la producció científica per a ambdós sectors es reflecteix a les representacions de les figures 31 i 32, on es mostren, per centre de recerca, les tesis realitzades i els articles publicats, respectivament, per milió d'euros de recursos totals. A les dues representacions, exceptuant el rendiment pel que fa a les tesis en el cas de la URL, hi ha una relació directa entre la dimensió del centre, en nombre d'EDP, i aquest rendiment; així, s'observa un millor aprofitament dels recursos econòmics quan es tracta d'un centre considerat com a mitjà o gran, com per exemple la UPC, que té la producció més elevada de l'àrea d'enginyeria química, amb 10 tesis i 77 articles per milió d'euros, o el DETIP, que, amb 8 tesis i 44 articles per milió d'euros, dels dos centres d'enginyeria tèxtil i paperera és el que presenta millors resultats en aquest aspecte.

Si es comparen els resultats del rendiment d'aquests centres en tesis produïdes amb la mitjana dels centres universitaris de recerca catalans, 3,6 tesis/milió d'euros, excepte la UdG i l'INTEXTER amb 2,9 i 3,3 tesis/milió d'euros, respectivament, la resta estan per sobre d'aquesta mitjana; a més, tots els centres

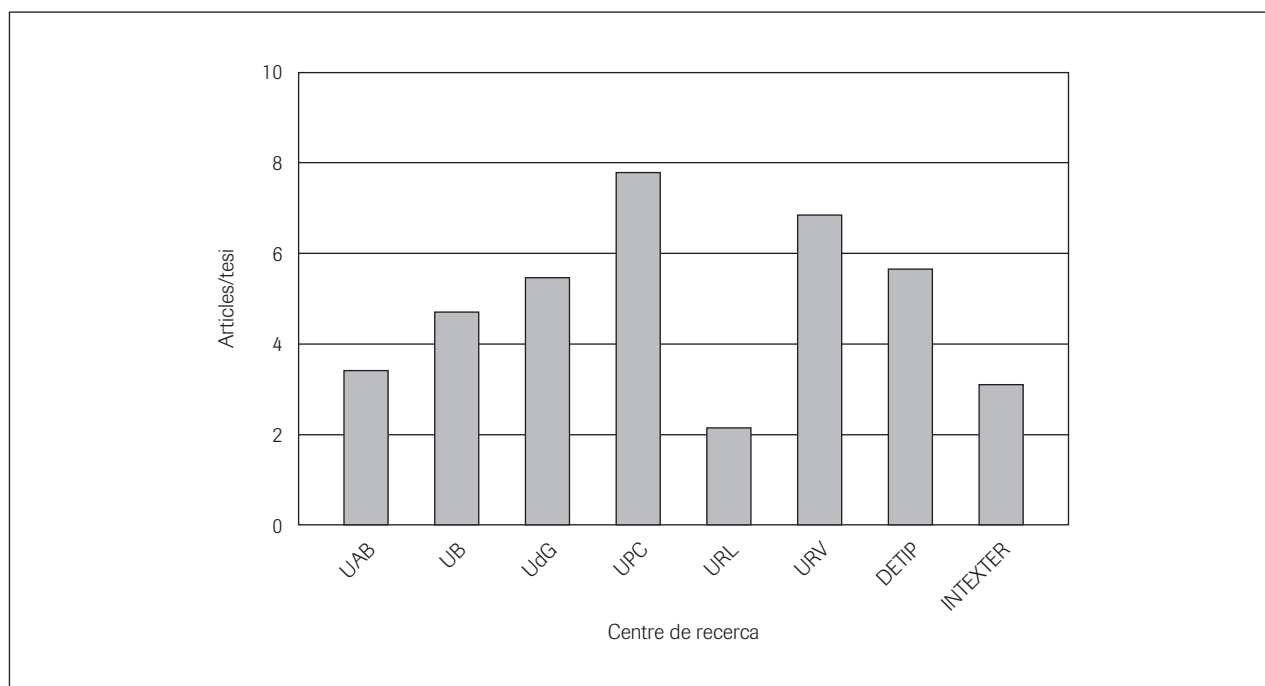


FIGURA 30. Relació d'articles publicats per tesi.

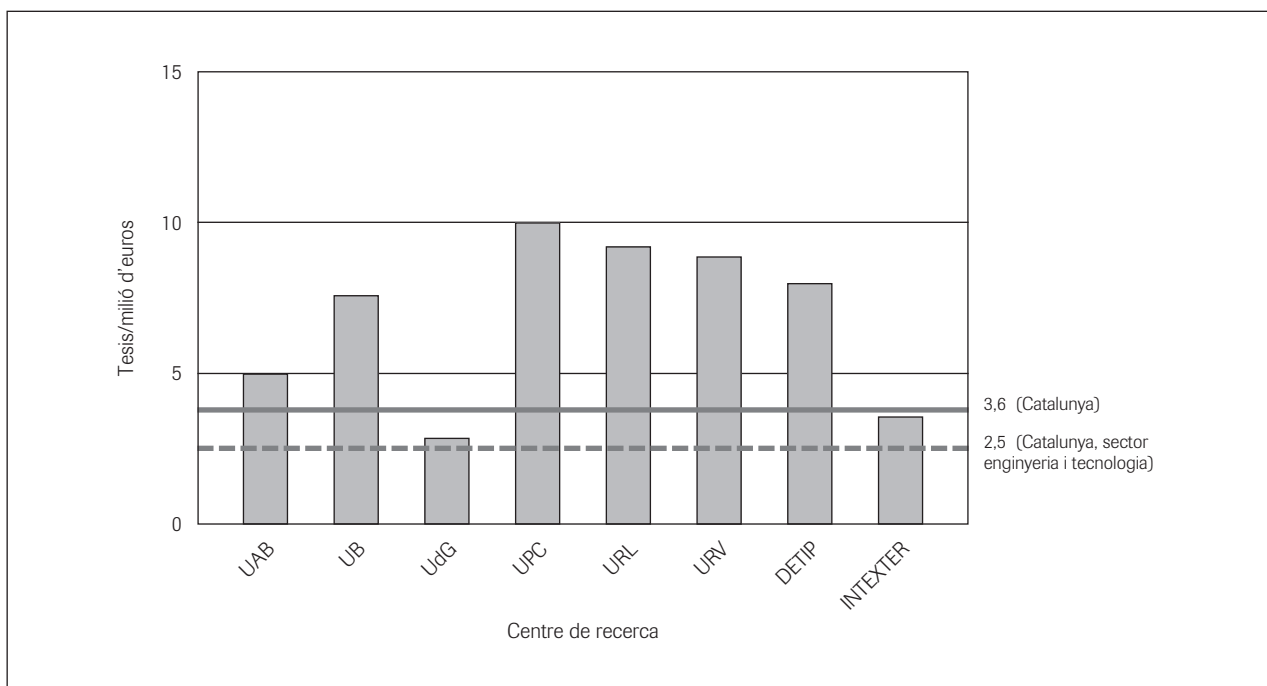


FIGURA 31. Tesis realitzades per milió d'euros de recursos econòmics totals.

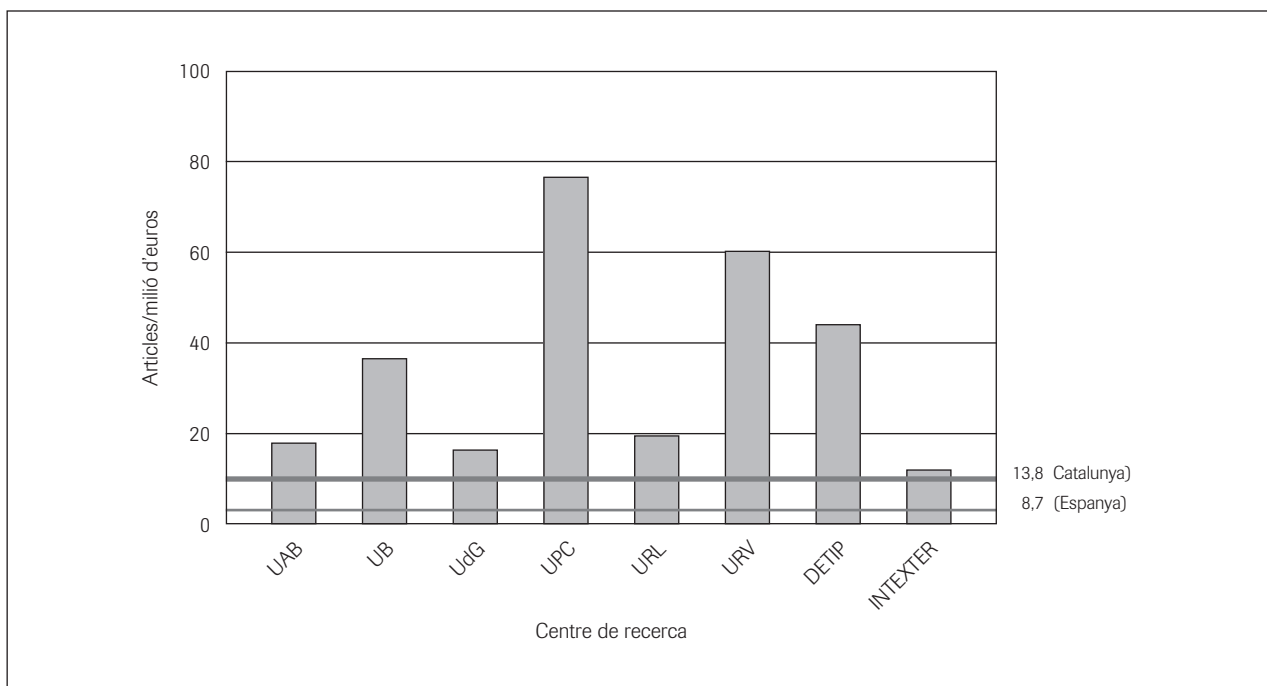


FIGURA 32. Articles publicats per milió d'euros de recursos econòmics totals.

analitzats estan per sobre de la mitjana de 2,5 tesis/milió d'euros dels centres universitaris de recerca de l'àrea d'enginyeria i tecnologia. D'altra banda, tots dos sectors tenen una elevada producció global en tesis realitzades per als recursos econòmics emprats, i aquesta producció és de 7,3 tesis/milió d'euros per a l'enginyeria química i de 5,5 tesis/milió d'euros per a l'enginyeria tèxtil i paperera.

Si es fa la mateixa comparació pel que fa a articles, excepte l'INTEXTER, que té una mitjana de 9 articles/milió d'euros —semblant a la mitjana de 8,7 dels centres universitaris de recerca espanyols—, tots els altres centres presenten una producció superior a 13,8 articles/milió d'euros, que és la mitjana dels centres universitaris de recerca catalans. Així doncs, el rendiment global en aquest cas per als dos àmbits també està per sobre de les esmentades mitjanes. El de l'enginyeria química, amb 37,5 articles/milió d'euros, és gairebé tres vegades superior a la mitjana catalana, mentre que el de l'enginyeria tèxtil i paperera, amb 26,5 articles/milió d'euros, és gairebé el doble.

3.3.7. Consideracions finals i conclusions

Tot i que actualment es disposa de nombrosos serveis d'informació —existeixen un nombre important de bases de dades, hi ha una anàlisi continuada de la informació i la tecnologia actual facilita la transferència d'aquesta informació— s'ha observat una dispersió molt gran, tant en la recollida de dades com en el seu tractament posterior, en la informació referent a la recerca, innovació tecnològica i transferència de tecnologia de qualsevol d'ambdós àmbits, sobretot en el sector industrial, en el qual s'ha d'afegir la manca d'informació concreta o d'informació poc fiable, pel que fa a resultats obtinguts. Això comporta que no es pugui fer una anàlisi amb una certa precisió sobre l'evolució de la innovació tecnològica i el desenvolupament en àrees industrials concretes, i tenir dades realment representatives d'aquesta evolució.

A més, la diversitat de les fonts d'informació dificulta fins i tot l'anàlisi de l'evolució de la recerca dels centres que disposen d'una informació més exhaustiva; la manca de dades per a determinats indicadors, la manera en què es donen certes dades —globalitzant-les—, l'ús d'indicadors diferents, sobretot quan s'amplia l'àmbit territorial, etc., fan difícil poder establir fronteres entre àrees, així com la comparació de resultats amb una certa seguretat, encara que aquests s'hagin contrastat per diferents fonts. Per tant, les conclusions concretes que s'extreuen del report cal considerar-les com orientatives i no absolutes, i, encara que és complicat, convindria que l'Administració regulés la informació recopilada introduint més uniformitat en els indicadors a utilitzar i una major contrastació entre les dades de les diferents fonts d'informació.

Per a ambdós àmbits i de manera general, s'ha observat un cert estancament durant el període del report pel que fa als re-

ursos humans aportats als centres de recerca analitzats. Així, per a l'enginyeria química hi ha centres que han tingut un creixement, com la UAB o la UPC, el qual, però, ha estat per sota de les mitjanes dels centres de recerca espanyols i europeus, i la resta o bé han tingut un estancament o un lleuger decreixement al final del període. En conseqüència, la mitjana global de creixement de l'àrea ha estat, pràcticament, la meitat respecte a les esmentades mitjanes espanyola i europea. En el cas de l'enginyeria tèxtil i paperera, l'estancament de l'INTEXTER i el decreixement del DETIP han implicat una pèrdua significativa de recursos humans per a aquest àmbit.

Dels centres dels quals s'ha disposat de dades, se'n dedueix una baixa aportació de becaris subvencionats per l'Administració pública. La relació entre aquests becaris i els EDP mostra una aportació insuficient d'aquest recurs en els centres públics per a qualsevol dels àmbits. Això comporta que aquests centres hagin de cobrir aquesta deficiència amb becaris finançats mitjançant altres recursos econòmics, la qual cosa implica que la recerca tingui una certa dependència del sector privat. Aquest fet, en principi, pot ser molt positiu, ja que així s'estableix una relació entre els centres públics de recerca i l'entorn empresarial; ara bé, també té els seus inconvenients, com ara la difícil coincidència de punts comuns de desenvolupament tecnològic entre aquests centres i les empreses, o que per les seves característiques, aquestes empreses només requereixin serveis o transferència de tecnologia aplicada i, per tant, no s'aporti res de nou al desenvolupament. A més, en aquest cas el personal vinculat, becari o d'altre tipus, no dedica el seu temps a la recerca, sinó a tasques relacionades amb els serveis derivats del conveni i, per tant, aquests recursos no s'aprofiten en tota la seva extensió per a la innovació tecnològica.

Una altra deficiència observada, pel que fa a recursos humans, és la corresponent al personal tècnic de suport. A més, aquesta deficiència sembla endèmica del sistema de recerca de l'Estat espanyol, ja que la mitjana de la relació PTS/EDP de tot l'Estat està cinc vegades per sota de la mitjana dels grans països europeus com Alemanya o el Regne Unit. D'altra banda, l'actuació adoptada per als centres públics, durant el període del report, amb la contractació cofinançada i temporal d'aquest tipus de personal, màxim de tres anys, no sembla que hagi solucionat aquesta deficiència tal com mostren les dades; segons aquestes, o no hi ha hagut contractació d'aquest personal, o bé, a l'únic centre del que es té referència d'aquest tipus de contractació —la UPC—, s'hi observa una tendència decreixent en aquesta contractació, derivada segurament dels problemes ja esmentats de cofinançament i temporalitat.

L'evolució dels recursos econòmics mostra una gran variabilitat, no només entre els diferents àmbits, sinó també entre centres del mateix àmbit. En el cas de l'enginyeria química, s'ha ob-

servat una tendència creixent en els recursos totals rebuts durant el període del report, semblant per als recursos obtinguts de les diferents fonts de finançament, però amb un cert estancament en els darrers anys del període. A més, el finançament mitjà anual durant aquest període ha estat de més de tres vegades superior al finançament mitjà anual rebut per aquests centres, de les mateixes fonts, durant el període 1990-1995. En canvi, per als centres de recerca d'enginyeria tèxtil i paperera s'ha observat un comportament molt diferent al mostrat a l'àrea d'enginyeria química. En aquest cas, la distribució temporal té una caiguda important dels recursos obtinguts des de l'inici fins a la meitat del període del report amb una posterior recuperació. El finançament mitjà anual per a aquest àmbit ha experimentat una clara disminució respecte al del primer report, que ha passat a ser de prop de la meitat.

Pel que fa a la distribució de recursos per centres, l'índex «Milers d'euros/EDP» posa de manifest una relació inversa entre la dimensió del centre i la despesa per EDP, fet que es dona independentment de l'àmbit analitzat. S'observa, a més, que també hi ha una gran oscil·lació en aquest índex. Aquesta oscil·lació es dona tant per als recursos econòmics totals, com per a les diferents fonts de finançament. Les mitjanes globals de recursos econòmics totals rebuts per EDP per a les dues àrees han estat molt semblants; ambdues són properes a la mitjana dels centres universitaris catalans i estan per sota de les mitjanes de Catalunya, dels centres universitaris espanyols i d'Espanya. També cal indicar que estan per sota de la meitat de la mitjana de països com Alemanya, França i el Regne Unit.

Els resultats de producció científica dels centres de recerca de l'àrea d'enginyeria química mostren un fort increment d'aquesta producció durant el període del report respecte al període 1990-1995. Així, la mitjana anual de tesis llegendes durant l'esmentat període del report ha estat d'unes tres vegades superior al període anterior. Més important ha estat l'increment pel que fa a articles a revistes indexades, amb una producció unes quatre vegades més gran. Per contra, els centres de recerca del camp de l'enginyeria tèxtil i paperera mostren un comportament decreixent respecte al període anterior; així, el DETIP ha tingut una reducció del 33,3 % en la mitjana anual de tesis llegendes durant el període del report respecte a la mitjana del període 1990-1995.

La comparació de resultats de producció científica entre centres de l'àrea d'enginyeria química mostra també una oscil·lació important, amb una diferència substancial entre la producció dels centres considerats de dimensió petita i aquells de dimensió mitjana o gran. Encara que alguns d'aquests centres tinguin una llarga tradició en l'àmbit, com la UAB o la URL, segurament la seva massa crítica pel que fa a personal no ha crescut prou per arribar a obtenir els resultats dels altres centres; això també queda constatat en comparar dos centres de més recent creació com són la

UdG, actualment més petit, amb la URV. Ara bé, tots els centres analitzats d'aquesta àrea tenen mitjanes —en tesis llegendes i articles publicats per EDP— per sobre de la mitjana dels centres universitaris catalans i de la mitjana dels centres universitaris espanyols. A més, la mitjana anual de l'àrea en articles publicats per EDP no està lluny de la mitjana dels grans països europeus.

En conseqüència, els resultats globals de l'àmbit de l'enginyeria química durant el període del report són excel·lents. La recerca realitzada és d'alta qualitat, i les línies de treball que se segueixen han estat actualitzades constantment; fins i tot aquelles considerades clàssiques, com els fenòmens de transport o la catàlisi heterogènia. Nogensmenys, la continuïtat d'aquest bon funcionament pot ser afectada pels problemes de personal que s'han observat durant l'esmentat període, tant en l'insuficient creixement del nombre d'investigadors, com en la falta de recursos públics per a tenir una millor relació becaris/EDP i la dificultat en la contractació i estabilització del personal tècnic de suport. Aquesta consideració esdevé de l'observació d'un cert estancament en la producció científica global de l'àmbit durant aquest període.

L'enginyeria tèxtil i paperera també presenta una diferència important entre la producció científica dels centres de recerca, on l'INTEXTER, que és un centre fonamentalment dedicat a la recerca, té, com és lògic, millors resultats que el DETIP. Els resultats globals de producció científica de l'àrea estan per sobre de la mitjana catalana en tesis llegendes per EDP, i pel que fa a articles per EDP són semblants a la mitjana a Catalunya i superiors a la mitjana espanyola. Aquests resultats, que són força acceptables malgrat les dificultats que s'han observat en l'àmbit durant el període del report, on hi ha hagut un decreixement en recursos econòmics i de personal, demostren que la recerca realitzada ha estat prou adequada. Ara bé, caldria reforçar algunes línies en el desenvolupament de noves fibres i nous processos, tèxtils i paperers, més compatibles amb el medi ambient. També seria adequat disminuir la càrrega que tenen els investigadors en serveis a la indústria del sector, fent que aquesta càrrega estigués suportada per personal tècnic; això milloraria la recerca i la innovació tecnològica de l'àmbit. D'altra banda, les deficiències observades a l'enginyeria química també són d'aplicació en aquesta àrea, i poden representar conseqüències encara més greus.

El rendiment dels recursos econòmics valorat per la producció científica realitzada mostra una relació directa entre la grandària del centre, en nombre d'EDP, i aquest rendiment, per a qualsevol dels dos àmbits. S'ha observat un millor aprofitament dels recursos econòmics quan es tracta d'un centre considerat com a mitjà o gran, com per exemple la UPC, que té la producció més elevada de l'àrea d'enginyeria química de tesis i articles per milió d'euros, o el DETIP que, dels dos centres d'enginyeria tèxtil i paperera, tot i tenir, com ja s'ha indicat, una producció in-

ferior que l'INTEXTER, és el que presenta millors resultats en aquests índexs. Aquest fet porta a les consideracions següents: caldria que per part de les administracions hi hagués un cert control en els recursos aportats i el seu rendiment, això serviria per a corregir els desequilibris observats i certes mancances. Així doncs, no s'haurien d'obviar els índexs de rendiment pel que fa a la recerca a l'hora de repartir i concedir recursos humans i econòmics; també convindria afavorir la concentració d'equips i investigadors, així com el treball conjunt en àrees comunes o que tinguin una certa relació entre si.

Com a conclusió final pot dir-se que, si es corregeixen certes mancances de tipus estructural i s'afavoreix el treball entre grups, facilitant i activant les interrelacions adequades entre si, podran millorar-se encara més els resultats obtinguts en aquest període, i així no es disminuirà el potencial que tenen i que correspon als dos àmbits per la seva importància en la indústria catalana.

3.4. Organització industrial

3.4.1. Característiques de l'àmbit

No existeix una definició precisa del que és organització industrial i en el món acadèmic hi ha punts de vista diferents segons quins siguin els centres d'interès concrets. A l'hora de fer aquest report s'ha considerat que l'organització industrial reuneix totes les matèries, preocupacions, metodologies i tècniques d'allò que en anglès es coneix sota el nom *industrial engineering*.¹

El contingut de l'organització industrial es pot deduir a partir de diferents manuals existents.² Una part dels continguts està lligada amb el que s'anomena *nucli productiu de l'empresa*, però el concepte d'organització industrial inclou també uns continguts de caràcter estratègic. El nucli productiu conté el disseny i el desenvolupament del producte i del procés de producció, la producció pròpiament dita (incloent-hi l'aprovisionament, la gestió de la qualitat i el manteniment) i la logística de distribució (cadena de subministrament). Els sistemes productius considerats són tant els de manufactura com els de serveis i, si escau, es fa ús del pseudònim *organització d'operacions o de direcció d'operacions*.

1. El nom *enginyeria industrial* fou establert a Espanya en un Reial decret de 1851. L'*industrial engineering* és una emanació dels treballs de Frederick W. Taylor (1856-1915), Frank B. Gilbreth (1868-1924) i d'altres. Els primers departaments d'*industrial engineering* es van crear el 1908 a la Universitat Estatal de Pennsilvània i a la Universitat de Syracuse. La dificultat de la traducció literal va fer que l'activitat rebés el nom d'*organització industrial* en particular com a especialitat de l'enginyeria industrial al Pla d'Estudis de 1964. El mateix nom es va escollir en 1994 per a la titulació de segon cicle d'enginyer en organització industrial.

2. Per exemple H. B. MAYNARD (1992) *Industrial Engineering Handbook*, 4a ed., McGraw-Hill; G. SALVENDY, *Handbook of Industrial Engineering*, 3a ed., Wiley.

Els continguts estratègics comprenen l'anàlisi de l'entorn competitiu (economia industrial) i les estratègies del producte, tecnològica i de gestió del teixit industrial.

3.4.1.1. EQUIPS UNIVERSITARIS QUE TREBALLEN EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

La relació que segueix no pot ser exhaustiva per causa de les dificultats de delimitació de l'àmbit d'organització industrial. Hi ha molts grups que fan feines que es podrien classificar com d'organització industrial, però que no s'han considerat com a grups propis de l'àmbit. Aquesta situació és comuna a tot l'Estat.³

Els grups simultaniegen, en general, la docència, la recerca i la transferència de tecnologia mitjançant la consultoria i l'assessorament.

– Universitat Politècnica de Catalunya. En el Departament d'Organització d'Empreses de la UPC hi ha diferents grups actius en recerca en l'àmbit de l'organització industrial. L'Institut d'Organització i Control de Sistemes Industrials de la UPC té tres línies de recerca, dues de les quals orientades al control de processos i a la robòtica industrial i una a l'organització industrial: la línia de recerca «Enginyeria d'organització i logística industrial», on fan la recerca un grup de professors que exerceixen la docència al Departament d'Organització d'Empreses. Al Departament d'Estadística i Investigació Operativa de la UPC hi ha grups amb preocupacions similars, en particular a la Secció de Tècniques Quantitatives de Gestió.

– Universitat de Girona. Un grup emmarcat dins del Departament d'Enginyeria Industrial fins a l'any 2000 i en el Departament d'Organització, Gestió Empresarial i Disseny de Producte (Unitat Departamental Organització d'Empreses) desenvolupa treballs similars als del Departament d'Organització d'Empreses de la UPC.

– Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona i Universitat Pompeu Fabra. Hi ha grups que fan feines que es podrien classificar com d'organització industrial.

– Institut d'Estudis Superiors de l'Empresa (IESE). Els grups dins del Departament de Producció, Tecnologia i Operacions.

– Universitat Ramon Llull - ESADE. Els grups dins del Departament d'Operacions i Innovació.

– Centre CIM. Col·labora amb diferents departaments de la UPC. Entre altres temàtiques treballa en enginyeria del producte i del procés i en gestió integrada de la producció.

3. Aquesta situació ha afavorit la creació de l'Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización (ADINGOR) i la celebració de congressos i conferències (Barcelona, 1999; Bilbao, 2000; Sevilla, 2001; Vigo, 2002; Valladolid, 2003) on assisteixen aquells que identifiquen el seu treball amb l'organització industrial.

3.4.1.2. DOCÈNCIA DE POSTGRAU

L'oferta de postgrau prové dels grups abans esmentats i de les entitats orientades a aquest tipus de formació, especialment la Fundació Politècnica de Catalunya, l'ICT i Formació Continuada Les Heures.

A la Fundació Politècnica de Catalunya hi ha disset màsters, alguns amb diverses variants, amb temàtica d'organització industrial. Estan enquadrats en dos categories: enginyeria i tecnologia industrial, i economia i gestió d'empreses. A l'ICT el nombre de màsters amb aquesta temàtica és onze, i a Formació Continuada Les Heures és de dos.

3.4.2. Fonts d'informació

A més de contactes personals s'ha consultat especialment la documentació i xarxes següents:

– *Memòria de l'Institut d'Organització i Control de Sistemes Industrials (IOC)* de la UPC (curs 1996-1997, curs 1997-1998, curs 1998-1999, curs 1999-2000, curs 2000-2001, curs 2001-2002 i curs 2002-2003)

– *Memòria del Departament d'Enginyeria Industrial* de la UdG (any 1998, any 1999 i any 2000)

– *Memòria del Departament d'Organització d'Empreses* de la UPC (curs 1996-1997, curs 1997-1998, curs 1998-1999, curs 1999-2000, curs 2000-2001, curs 2001-2002 i curs 2002-2003)

– *Memòria del Departament d'Organització, Gestió Empresarial i Disseny de Producte* de la Universitat de Girona (any 2001 i any 2002)

– Els espais web:

<<http://www.fpc.upc.es/>>

<<http://www.heures.ub.es/>>

<<http://www.ioc.upc.es/>>

<<http://www.ictonline.es/>>

<<http://www.upf.es/web/postgraus/>>

3.4.3. Grups i centres de recerca

En el report es consideren dos grups d'investigadors en el camp de l'organització industrial:

– un grup consolidat integrat pel Departament d'Organització d'Empreses de la UPC, per la Secció de Tècniques Quantitatives de Gestió del Departament d'Estadística i Investigació Operativa de la UPC i per la línia de recerca «Enginyeria d'organització i logística industrial» de l'IOC de la UPC; se l'anomena Grup UPC;

– un grup jove en ple desenvolupament format per la Unitat Departamental d'Organització d'Empreses del Departament d'Organització, Gestió Empresarial i Disseny de Producte de la UdG; se l'anomena Grup UdG.

Les raons per a triar aquests grups són fonamentalment tres:

– aquests grups identifiquen la seva tasca amb l'organització industrial, cosa que no passa en altres grups;

– era factible aïllar les dades del grup de les de la resta de la institució de la qual formen part;

– les dades són prou significatives.

3.4.4. Recursos humans⁴

La taula 36 recull les dades relatives al personal acadèmic dels dos grups considerats. S'ha indicat per separat el personal a temps complet, perquè és el que usualment fa la recerca.

TAULA 36
Recursos humans

		1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Grup UPC	Personal acadèmic	132	125	136	135	150	164	187	147,00
	a TC	59	60	60	60	62	73	80	64,86
Grup UdG	Personal acadèmic	–	–	25	29	29	36	39	31,60
	a TC	–	–	13	14	16	16	17	15,20

4. Els dos grups, el Grup UPC i el Grup UdG, són un subconjunt dels considerats a l'esborrany del *Report de recerca en economia a Catalunya (1996-2002)*.

3.4.5. Recursos econòmics

El finançament de la recerca s'ha classificat en tres apartats: projectes europeus, fons públics i fons privats. Els valors han estat el resultat de certes estimacions i extrapolacions. Els valors, en milers d'euros, per als dos grups considerats es mostren a la taula 37.

3.4.6. Resultats

S'han considerat com a resultats de la recerca les tesis llegides i les publicacions en revistes científiques indexades. Els valors, juntament amb el de la totalitat d'articles —indexats i no indexats—, es troben a la taula 38.

TAULA 37
Finançament de la recerca

		1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Grup UPC	Projectes europeus	69,5	471,9	397,1	502,2	79,6	178,6	274,4	281,9
	Fons públics	85,8	226,7	103,6	276,2	828,1	282,4	579,6	340,3
	Fons privats	305,7	251,6	220,5	201,3	150,7	257,3	185,5	224,7
	<i>Total</i>	461,0	950,2	721,2	979,7	1.058,4	718,3	1.039,5	846,9
Grup UdG	Projectes europeus	—	—	—	—	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fons públics	—	—	—	—	52,3	68,2	11,4	44,0
	Fons privats	—	—	—	—	2,6	70,6	110,6	60,4
	<i>Total</i>	—	—	—	—	54,9	138,8	122,0	104,4

TAULA 38
Tesis i articles

		1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Grup UPC	Tesis	4	10	9	11	14	8	9	9,29
	Articles	14	10	13	24	26	25	19	18,71
	Revistes indexades	4	1	1	2	2	5	7	3,14
Grup UdG	Tesis	—	—	—	—	1	3	2	2,00
	Articles	—	—	—	—	8	5	13	8,67
	Revistes indexades	—	—	—	—	0	0	1	0,33

3.4.6.1. VALORS INDICADORS O RELATIUS⁵

S'ha pres com a base de comparació el nombre del personal acadèmic amb dedicació a TC. El finançament representa 12.408 euros per persona i any amb l'evolució anual de la taula 39.

Aquest valor mitjà queda significativament per sota del corresponent a les universitats catalanes, 21.680 euros/investigador, o espanyoles, 26.850 euros/investigador. La comparació és

encara més desfavorable si es considera el valor mitjà per al conjunt de centres universitaris i centres de l'Administració pública: 23.170 euros/investigador a Catalunya i 31.630 euros/investigador a Espanya.

De manera semblant, el nombre mitjà de tesis presentades és 0,14115 per investigador i any, i el nombre mitjà d'articles indexats és 0,04573 per investigador i any, amb l'evolució anual

TAULA 39
Finançament per investigador a TC (en milers d'euros per persona)

	1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Finançament per investigador a TC	7,81	15,84	12,02	16,33	14,24	9,63	11,97	12,41

TAULA 40
Tesis i articles per investigador a TC

	1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Tesis per investigador a TC	0,068	0,167	0,150	0,183	0,192	0,124	0,113	0,141
Articles indexats per investigador a TC	0,068	0,017	0,017	0,033	0,026	0,056	0,082	0,046

TAULA 41
Tesis i articles per milió d'euros de finançament

	1996	1997	1998	Any 1999	2000	2001	2002	Mitjana anual
Tesis per milió d'euros	8,68	10,52	12,48	11,23	13,50	12,83	9,47	11,38
Articles indexats per milió d'euros	6,83	1,05	1,39	2,04	1,80	5,83	6,89	3,69

de la taula 40. La tendència sembla estabilitzada pel que fa a les tesis i creixent per als articles indexats

El nombre mitjà de tesis per investigador supera el doble del valor mitjà a Catalunya, 0,063 tesis/investigador-any. En canvi, el

nombre d'articles per investigador és significativament inferior al valor mitjà a Catalunya, 0,318 articles/investigador-any, o a Espanya, 0,274 articles/investigador-any.

Si es pren com a base de comparació el milió d'euros de finançament els índexs són els de la taula 41.

El nombre mitjà de tesis per milió d'euros supera el triple del valor mitjà a Catalunya, 3,56 tesis/milió d'euros. El nombre d'ar-

5. Cal tenir present que es disposa de set anys de dades del Grup UPC i tres del Grup UdG.

ticles per milió d'euros, en canvi, és de prop de la quarta part de la mitjana a Catalunya, 13,75 articles/milió d'euros, i és també significativament inferior a la mitjana d'Espanya, 8,66 articles/milió d'euros.

3.4.7. Conclusions

La productivitat científica en el sector de l'organització industrial és baixa, comparada amb la d'altres àmbits, pel que fa al nombre d'articles publicats en revistes indexades. És apreciable una tendència creixent els últims anys, que es pot deure a l'exigència de publicacions d'aquest tipus per a la promoció dins la carrera universitària.

En canvi, el nivell de la transferència de tecnologia, mesurat en funció dels fons de procedència privada obtinguts, és important.

Un dels principals obstacles detectats és la manca de reconeixement de l'àrea, per part de les institucions de la recerca en organització industrial, com una activitat amb personalitat pròpia. Ho il·lustra el fet que molts dels investigadors que treballen en aquest sector, per accedir a les convocatòries per al finançament de projectes de recerca, han de classificar les seves propostes com d'economia o d'automàtica.

4. CONSIDERACIONS CONCLUSIVES I RECOMANACIONS

En l'àmbit de l'enginyeria industrial la recerca a Catalunya en el període del report ha implicat en mitjana 564 investigadors (amb l'equivalència 1 prof. a TC = 1 EDP) i una despesa anual mitjana de 8,82 milions d'euros, sense comptabilitzar el cost de plantilla del personal universitari ni els recursos obtinguts per activitats de formació.

En el càlcul del nombre d'investigadors l'àmbit de l'enginyeria energètica i elèctrica s'ha restringit a la UPC, i en el càlcul de la despesa s'han restringit a la UPC aquest àmbit i el de l'enginyeria mecànica i de materials. Per als àmbits de l'enginyeria química, tèxtil i paperera i de l'organització industrial, ha estat possible incloure les dades dels grups de les altres universitats.

Un 65 % del personal investigador així com un 62 % de la despesa corresponen a la UPC.

A les figures 33 i 34 es mostra la distribució d'aquests dos recursos en els quatre àmbits del report.

Les consideracions i conclusions presentades en l'anàlisi de cadascun dels àmbits han fet palesa la gran varietat de situacions que es donen en l'àmbit de l'enginyeria industrial pel que fa a l'activitat de recerca.

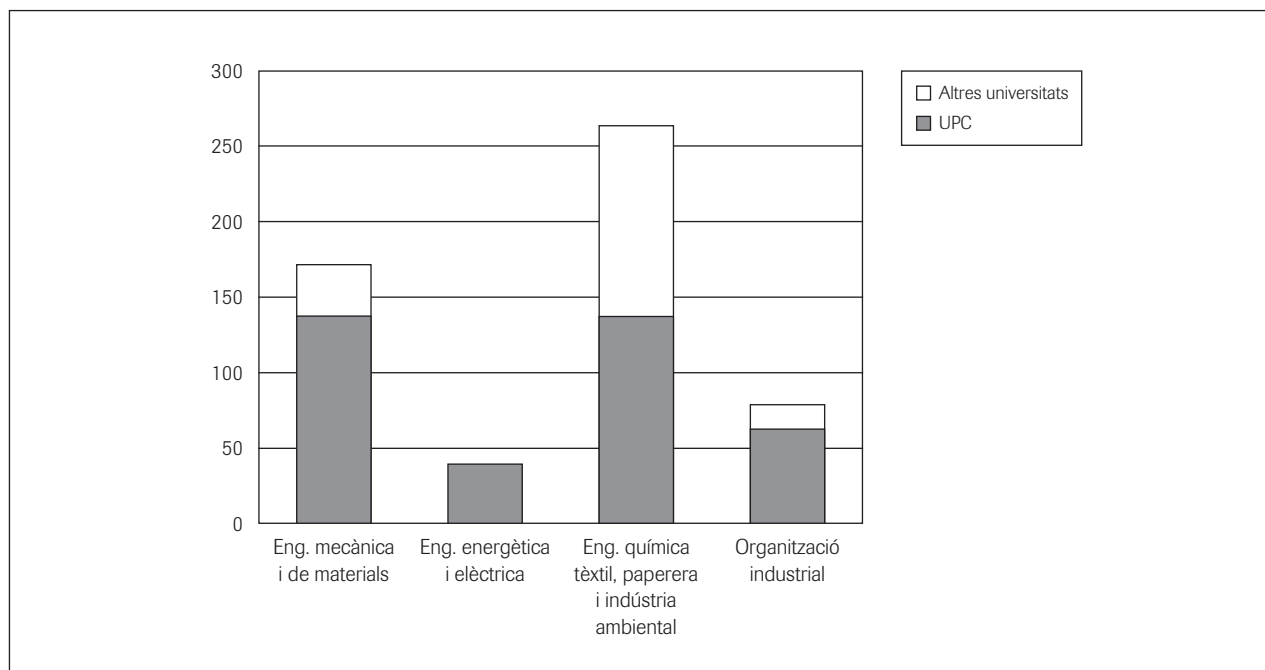


FIGURA 33. Nombre mitjà anual d'investigadors en els quatre àmbits de l'enginyeria industrial.

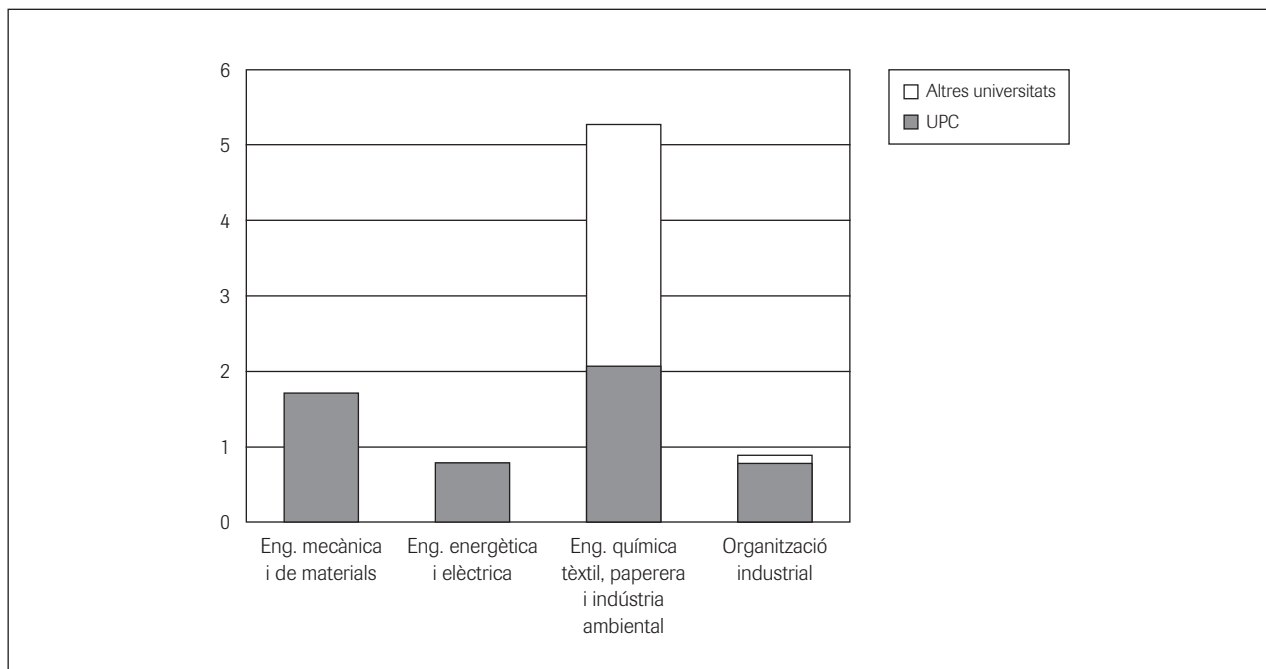


FIGURA 34. Despesa en recerca (en milions d'euros) en els quatre àmbits del report.

Per tal de donar una visió de conjunt i facilitar la comparació entre els àmbits analitzats, les figures de la 35 a la 39 presenten, per a l'àmbit total del report —l'enginyeria industrial— i per a un cert conjunt d'àmbits parcials, la informació relativa als indicadors estudiats:

- despesa mitjana anual (en milers d'euros) per investigador
- mitjana anual de tesis per investigador
- mitjana de tesis per milió d'euros de despesa en recerca
- mitjana anual d'articles indexats per investigador
- mitjana d'articles indexats per milió d'euros de despesa en recerca.

En les figures de la 35 a la 39, els valors per als àmbits de l'enginyeria mecànica i de materials i de l'enginyeria energètica i elèctrica estan restringits a la UPC. En aquest darrer àmbit, s'ha exclòs la consideració del Departament de Física i Enginyeria Nuclear perquè el contingut en física desdibuixaria els resultats.

Aquestes figures posen de manifest que globalment l'àmbit de l'enginyeria industrial, tot i rebre un finançament per investigador que és del 78 % del valor mitjà a Catalunya (entorn universitari) i del 63 % del valor mitjà a Espanya, pel que fa als resultats es troba en la banda alta dins la recerca a Catalunya i Espanya. La mitjana anual de tesis per investigador, així com la mitjana de tesis per milió d'euros són el doble de les de Cata-

lunya (els indicadors singularment alts del Departament d'Enginyeria Elèctrica pel que fa a les tesis es deuen a la seva dimensió petita en investigadors i finançament, i al fet d'haver impulsat els darrers anys la realització de tesis per part del seu nombrós professorat; es tracta, doncs, d'un grup en procés transitori de potenciació de la seva activitat investigadora, per la qual cosa els seus indicadors de recerca són atípics). La mitjana anual d'articles indexats per investigador supera en un 33 % la de Catalunya (i en un 54 % la d'Espanya), i la mitjana per milió d'euros és 2,4 vegades més gran que la de Catalunya (i 3,8 vegades més gran que la d'Espanya).

Aquesta valoració globalment positiva, però, es veu parcialment enfosquida per la gran diferència entre grups pel que fa a la investigació, com ho palesen les figures de la 33 a la 37, i més encara les anàlisis detallades fetes per a cadascun dels quatre àmbits parcials. L'avaluació de les causes d'aquesta situació i dels factors que hi intervenen permet extreure'n unes conclusions i recomanacions per orientar la introducció de millores en la gestió de la recerca per part dels poders públics que consolidin els punts forts i corregeixin els febles.

La consideració dels grups amb escassa producció de recerca ha posat de manifest l'aspecte més preocupant, que es refereix al protagonista de la recerca: l'investigador. En l'entorn universitari català els investigadors són majoritàriament personal

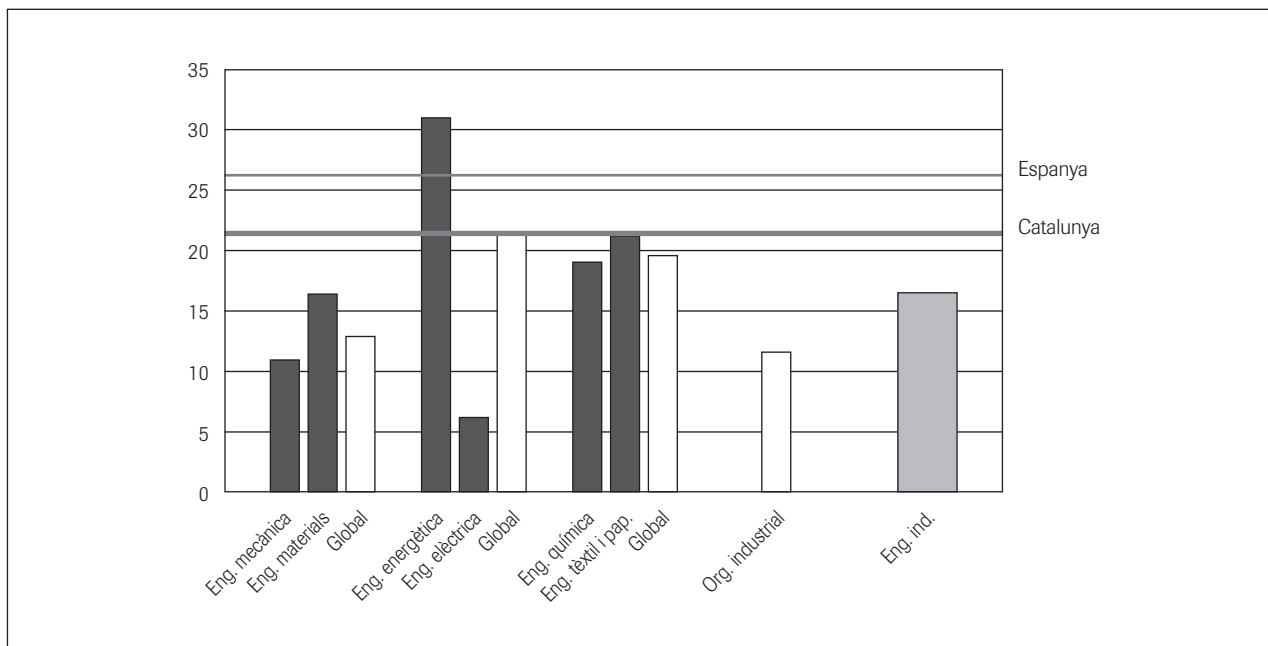


FIGURA 35. Despesa mitjana anual, en milers d'euros, per investigador.

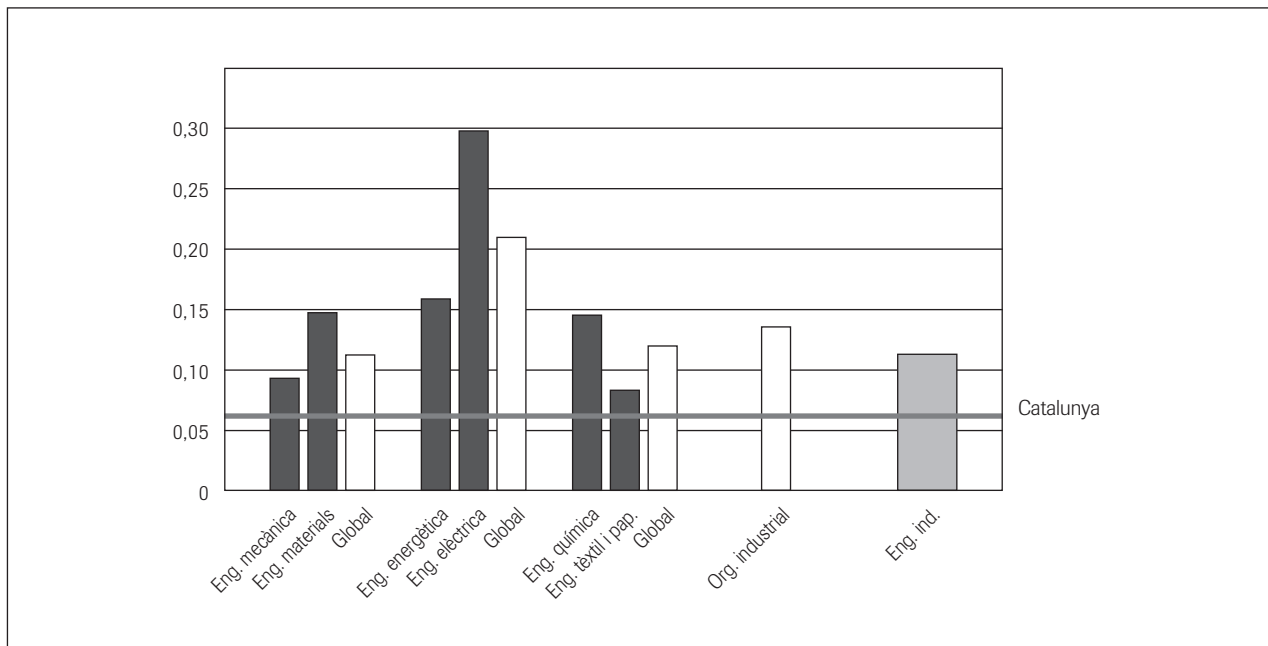


FIGURA 36. Mitjana anual de tesis per investigador.

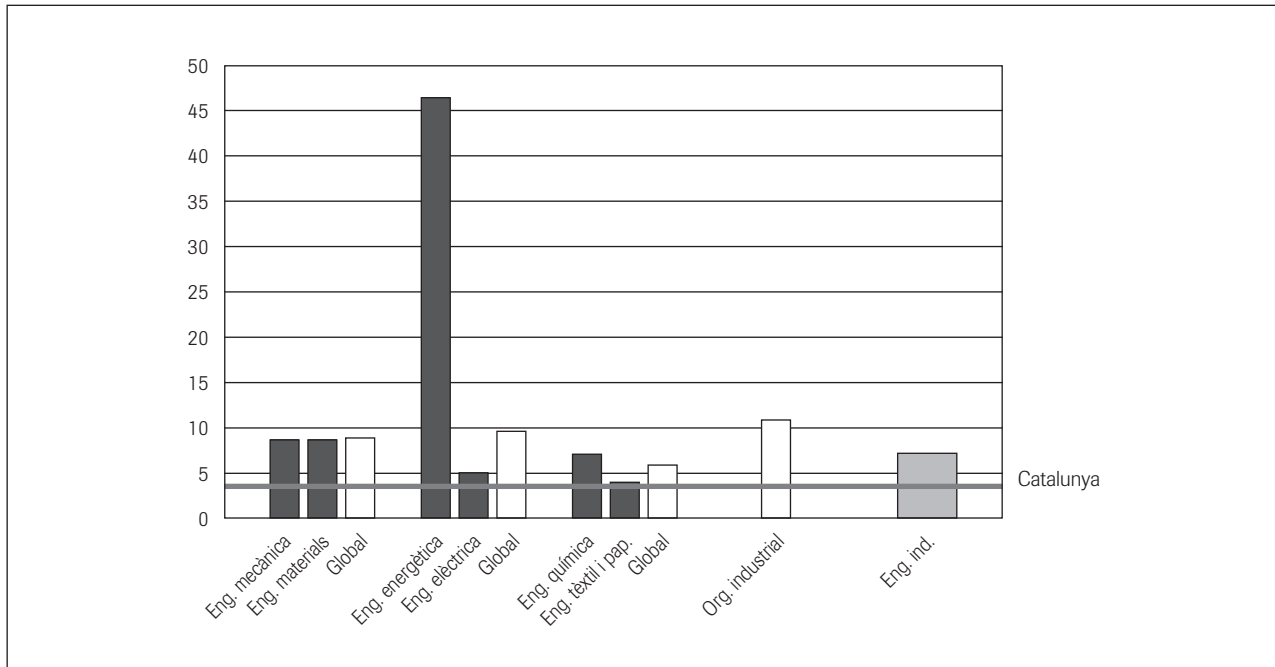


FIGURA 37. Mitjana de tesis per milió d'euros de despesa.

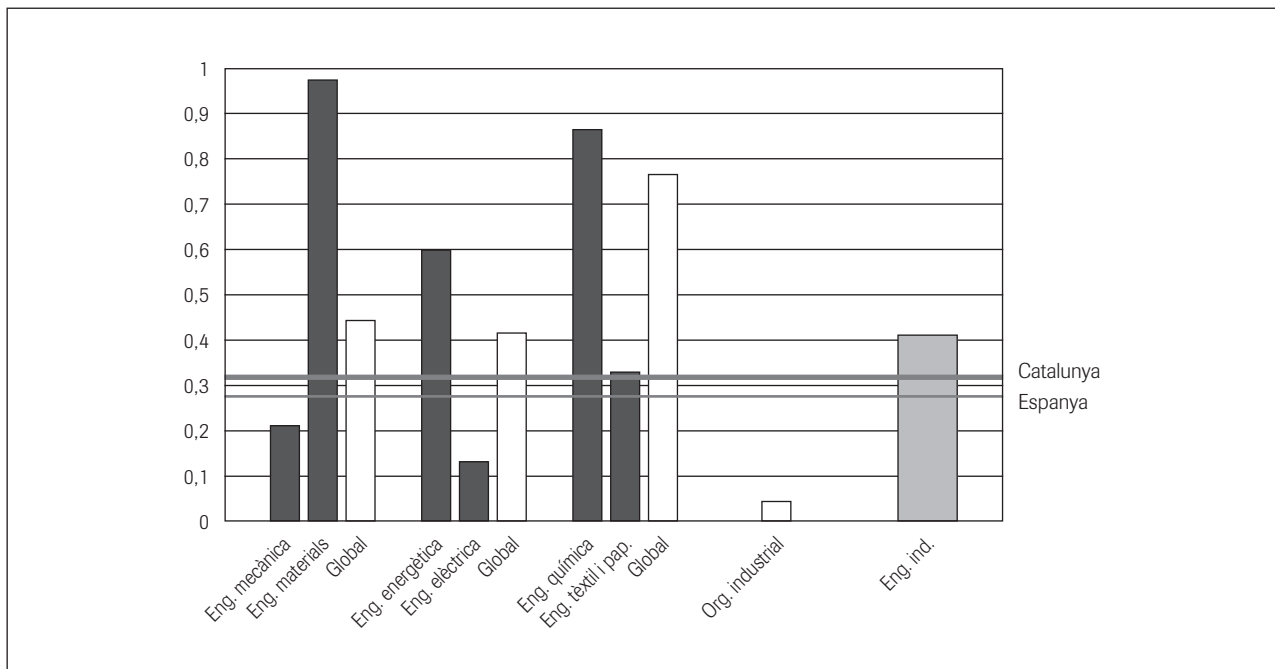


FIGURA 38. Mitjana anual d'articles indexats per investigador.

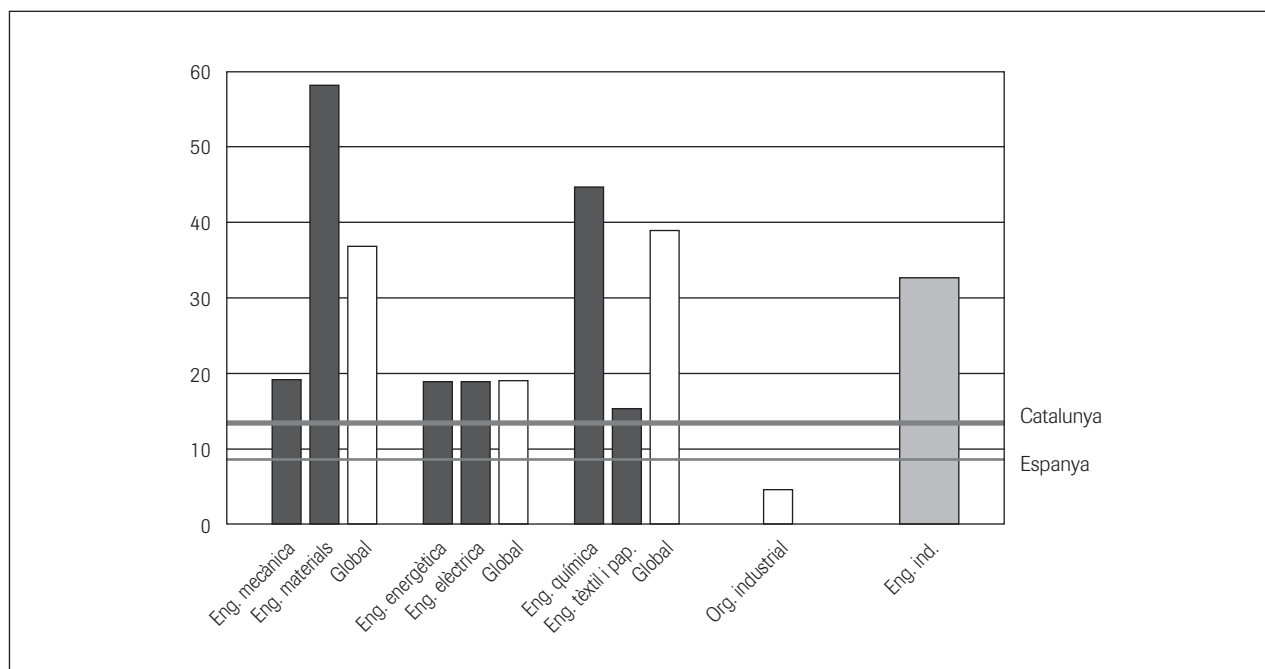


FIGURA 39. Mitjana d'articles indexats per milió d'euros de despesa.

que hauria de compartir les activitats docent i investigadora, però aquesta última no sembla degudament exigida.

L'anàlisi dels grups amb producció més elevada ha permès avaluar els factors externs que la fan possible i conèixer, també, els factors que la limiten, com són la insuficiència de personal de suport a la recerca i la manca d'una interfície adequada de connexió de la universitat amb l'entorn industrial i amb les institucions —catalanes, estatals i europees— que promouen la recerca.

A continuació s'exposen les consideracions conclusives més rellevants.

— *Manca d'exigència de l'activitat investigadora del professorat a temps complet per part de la universitat.* Hi ha una total tolerància envers el professorat amb dedicació a temps complet que no fa recerca o que participa en convenis que no es tradueixen en indicadors de producció de recerca (tesis i articles indexats). La dedicació a temps complet es concedeix i es renova sense cap exigència relativa a aquests indicadors.

Com han posat de manifest les diverses seccions del report, coexisteixen en un mateix àmbit grups o centres de gran nivell en l'activitat investigadora —amb indicadors de producció comparables amb els de centres de prestigi internacional— amb d'altres que simplement no investiguen, per bé que poden fer

serveis especialitzats —assaigs, verificacions, homologacions, estudis, etc.— i projectes tècnics per a l'entorn industrial.

Un altre fet que il·lustra aquesta manca d'exigència per part de la universitat és l'existència de nombroses línies de recerca sense cap article indexat durant el període del report o amb un indicador d'articles per investigador significativament per sota del corresponent a Catalunya. Aquest és el cas, com ara, de l'enginyeria mecànica.

L'incident econòmic del Ministeri —traduït pels sexennis— no és prou al·licient perquè investigui —i produeixi resultats— el professor que no en té vocació. A més, des del punt de vista econòmic, la manca de sexennis pot ser fàcilment suplerta per guanys provinents de convenis.

La solució d'aquest problema passaria per l'exigència, per part de la universitat, del compliment d'uns mínims de producció de recerca per concedir i renovar la dedicació a temps complet. Seria també un ajut que s'incentivés més l'activitat de recerca, i de manera no necessàriament econòmica. Una més gran disponibilitat de becaris i de personal de suport a la recerca serien un apreciat reconeixement als investigadors o grups que excel·liren en els indicadors relatius a resultats de recerca.

— *Influència de la dimensió dels grups.* La dimensió dels grups, per si sola, no és decisiva pel que fa a l'activitat investiga-

dora. El que s'ha posat de manifest és que els grups grans amb vocació investigadora són més eficients que els petits amb la mateixa vocació investigadora. Amb una relació de despesa/investigador més petita aconseguen uns indicadors de producció —articles i tesis per investigador, articles i tesis per milió d'euros de despesa— més elevats. La més gran diversitat de persones i temes d'investigació d'aquests grups origina sinèrgies favorables. Aquests grups, tenen, a més, una més gran estabilitat, perquè garanteixen una massa crítica que condiciona favorablement als qui entren a formar-ne part.

Un grup gran sense vocació investigadora també és estable, però en perjudici de la investigació. La selecció de nou personal, així com les decisions col·lectives, solen estar dirigides a perpetuar la manera de fer de la majoria no investigadora. El col·lectiu d'enginyeria mecànica n'és un exemple il·lustratiu; ja en el report anterior (1990-1995) va ser assenyalat com a grup poc productiu en recerca, qualitat que ha mantingut en el present report. La seva dimensió és comparable a la del Departament de Ciència dels Materials i Metallúrgia, que és un dels grups d'excel·lència en aquest report i en l'anterior. En un grup petit, l'entrada d'una sola persona amb capacitat per liderar la recerca pot significar un canvi radical envers l'excel·lència investigadora. En un grup gran amb àmplia majoria no investigadora, aquest canvi no és possible.

Els grups grans —sovint es tracta de departaments d'universitat— poden integrar un bon nombre de centres específics de recerca que faciliten l'articulació de la recerca amb les temàtiques emergents. L'actuació eficient d'aquests centres queda garantida per la del grup que els suporta. El Departament d'Enginyeria Química de la UPC n'és un bon exemple. En canvi, centres específics creats sense una base potent que els fonamenti solen ser estèrils pel que fa a la recerca, tot i que el report ha detectat també grups petits de gran productivitat, com l'ECOMMFiT de la URV.

Caldria, doncs, promoure l'establiment de grups grans amb vocació investigadora, i crear dins d'aquests grups els centres específics que donessin resposta a les temàtiques emergents.

Un pas que va més enllà de la dimensió física dels grups és l'articulació de grups, de disciplines diferents i amb vocació investigadora, en «centres d'investigació sense parets». El seu caràcter pluridisciplinari juntament amb el gran nombre i varietat d'investigadors, potencia la capacitat investigadora dels grups que els componen ja que poden participar en projectes de més amplitud i complexitat. El Centre de Referència en Tècniques Avançades de Producció (CeRTAP); que integra grups de recerca d'àmbits corresponents a diversos reports, constitueix un bon exemple d'aquests centres sense parets.

— *El personal de suport a la recerca.* La insuficiència del personal tècnic de suport a la recerca és una mancança endèmica

de la recerca a Catalunya i a Espanya. Els valors del nombre de tècnics de suport per investigador trobats per als grups de l'àmbit de l'enginyeria química, tèxtil i paperera de la UPC, es troben entre el 0,02 i el 0,07, valors que estan molt per sota del valor 0,4 que és l'usual en països com Alemanya, França i el Regne Unit.

Un personal de suport a la recerca estable i adequat en nombre és un factor decisiu en una estructura organitzativa dels recursos humans de la recerca. És ineficient que les tasques que li corresponen hagin de ser portades a terme pels mateixos investigadors. Com que la formació específica d'aquest personal per adaptar-lo al lloc de treball representa una gran inversió per a l'equip que el rep, la seva estabilitat és molt convenient. L'actual normativa no resol cap dels dos aspectes. Com que propicien que després de tres anys deixin el grup de recerca, l'estabilitat és gairebé inexistent i l'incentiu per contractar-lo en nombre adequat és baix.

Caldria potenciar l'adjudicació de tècnics de suport a la recerca en un nombre substancialment superior a l'actual i en condicions que estimulessin la seva estabilitat en el grup. Aquesta adjudicació hauria d'estar correlacionada amb els resultats de recerca del grup, valorats per mitjà d'indicadors adequats.

— *Els organismes intermedis entre la universitat i l'Administració.* Aconseguir projectes d'investigació europeus i estatals és important per als grups de recerca i també per a Catalunya, però les dificultats i l'esforç demanat pel procés de sol·licitud esdevé un obstacle de difícil superació per a molts grups. Fins i tot per als grups considerats com a grans, la inversió a preparar propostes pot representar una fracció important de la seva capacitat de gestió.

Seria convenient el suport institucional per ajudar a canalitzar l'arribada d'ajuts europeus i estatals als grups d'excel·lència investigadora. Una àrea on aquesta actuació podria ser particularment eficaç és la de l'enginyeria energètica a causa del seu caràcter estratègic. Aquesta és una de les actuacions prevista en el *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010* elaborat el 2002 pel Departament d'Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya, i que es troba actualment en fase de revisió. La creació d'una oficina d'enllaç entre els grups de recerca catalans —en bona part universitaris— i les institucions financeres en els diversos àmbits de l'enginyeria facilitaria l'articulació d'aquests grups per participar en projectes més àmplis i interdisciplinaris que els que ara els són assumibles.

— *Els convenis i la recerca.* Els convenis dels grups de recerca universitaris amb l'entorn industrial són el canal més previsible per a la transferència de tecnologia i per a la participació dels investigadors en la innovació tecnològica. A més, són una font de

recursos econòmics important per al manteniment de les infraestructures de recerca i d'una part del cost dels recursos humans. Hi ha, però, dos aspectes que caldria millorar. D'una banda els anomenats *centres de transferència de tecnologia* no s'haurien de limitar a la gestió econòmica dels convenis. Haurien de tenir persones expertes en la venda de recerca que actuessin d'enllaç entre els grups de recerca universitaris i l'entorn industrial. Aquesta és una activitat poc adequada per als mateixos grups de recerca a causa no només de la seva dimensió insuficient per permetre's aquest personal, sinó perquè els interlocutors amb l'entorn industrial han de tenir una visió àmplia de les possibilitats de recerca que ofereix la universitat en tots els seus àmbits.

D'altra banda hi ha el component de recerca dels convenis. Sovint, i en particular en els grups universitaris amb escassa producció de recerca segons els indicadors emprats, els convenis corresponen a serveis especialitzats —assaigs, verificacions, homologacions, etc.— i a projectes tècnics. Actualment el CTT de la UPC estableix la classificació entre serveis i convenis en funció del seu cost. El cost dels anomenats *serveis* no pot superar els sis mil euros anuals i recomana que es passin com a serveis els convenis de valor inferior als sis mil euros. Caldria substituir aquest criteri basat en el cost per un criteri basat en el contingut. Els convenis correspondrien a les activitats de recerca fetes per contracte amb empreses, mentre que els serveis correspondrien als serveis tècnics especialitzats —que inclourien els projectes tècnics. Cal fer atenció al fet que en la realització de serveis especialitzats i projectes tècnics s'entra, en principi, en competència amb les empreses d'enginyeria i amb els laboratoris d'assaig. Té sentit actuar en aquesta àrea quan la universitat, per causa del seu equipament humà i instrumental, i per la seva ubicació, està en millors condicions per portar a terme el servei que les enginyeries o laboratoris d'assaig. La justificació per actuar en l'àrea dels serveis especialitzats i projectes tècnics no hauria de ser, en cap cas, la possibilitat d'oferir-los a un preu més baix, perquè part del cost de personal i d'infraestructura està cobert per la universitat. Això seria competència deslleial.

En aquest punt l'actuació de l'AIDIT hauria de ser decisiva, en acreditar quins projectes podrien ser considerats aptes per ser objecte de convenis (de recerca) universitat-empresa, i quines són les activitats que, com que no són pròpiament de recerca, caldria considerar-les com a serveis.

— *Adequació dels programes institucionals de promoció de la recerca.* En línies generals no es pot considerar que l'escassa producció de recerca d'alguns grups sigui responsabilitat dels programes institucionals de promoció de la recerca. Aquests pro-

grames han permès la consolidació dels grups de recerca eficients, i pel que fa a les seves prioritats són, en molts dels àmbits, suficientment àmplies perquè qualsevol grup de recerca pugui adaptar-s'hi tot reconduint, si cal, la seva especialització. L'àmbit de l'enginyeria energètica és on caldrien canvis més substancials en el plantejament institucional de la promoció de la recerca, per tal que la participació de les universitats —i en particular de les universitats catalanes— fos més intensa. La incidència d'aquests canvis es veuria afavorida per la creació de l'oficina d'enllaç entre els grups de recerca i l'Administració que s'ha considerat anteriorment.

— *Difusió de la informació sobre la recerca.* L'elaboració del report s'ha vist enormement dificultada per les mancances trobades en la difusió de les dades relatives a la recerca en algunes universitats. Entre les universitats consultades, només la UB i la URV disposen de bases de dades raonablement completes i consistents. Pel que fa a la UPC, que per raons d'àmbit del report ha estat la més consultada, la inconsistència de la seva base de dades de la recerca —per a una mateixa dada es poden trobar resultats dispars segons quina sigui la ruta d'accés— ha estat un dur obstacle, salvat gràcies al suport directe del personal dels serveis centrals implicats. Potser no és un aspecte decisiu en la recerca d'un país, però diu molt a favor d'una estructura de recerca que sigui fàcil accedir a la informació del que es duu a terme. És un factor que augmenta la transparència i dóna a conèixer una imatge precisa sobre el que es fa i qui ho fa.

Com a resum final d'aquestes consideracions es pot afirmar que globalment l'àmbit de la recerca en enginyeria industrial a Catalunya es troba, pel que fa als resultats, a la banda alta tant a Catalunya com a Espanya, però que la qualitat dels seus grups és molt dispar. Els grups d'excel·lència han millorat encara els seus indicadors des de l'anterior report, mentre que els d'escassa producció han mantingut el seu baix nivell. Les propostes de millora passarien per garantir el component investigador en l'activitat del professorat universitari a temps complet. A partir d'aquesta mesura irrenunciable, la recerca es veuria afavorida per un augment en la dotació del personal de suport a la recerca i la seva estabilització, per la creació d'interfícies d'enllaç entre els grups universitaris de recerca i les institucions que promouen la recerca, per l'actuació combinada dels centres de transferència de tecnologia —que haurien d'actuar com a agents de venda de recerca— i l'AIDIT per garantir que els convenis corresponguesin autènticament a activitats de recerca. També seria convenient afavorir la dimensió gran en els grups d'excel·lència investigadora, i que aquests fossin els que donessin suport als centres específics per donar resposta a temàtiques emergents.