

MICROMET i AUTOMAT: formació i avaluació no presencial

P. Molera, J. Viñals, M. Cruells, R. Bergó, J. M. Chimenos, F. Espiell,
A. I. Fernández, N. Llorca, A. Roca, M. Segarra, E. Xuriguera

Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica. Universitat de Barcelona. Carrer Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona (pmolera@ub.edu)

Paraules clau: autoaprenentatge, ensenyament no presencial, materials.

RESUM

El GID-ePPM, format per un grup de professors del Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Universitat de Barcelona, busca alternatives que complementin la docència en aules i laboratoris amb la preparació d'un nou material docent que pugui ser utilitzat en els crèdits no presencials. De moment ha dissenyat dues **aplicacions**:

El **MICROMET** és una base de dades de diferents metalls i aliatges. Per cadascun s'hi pot trobar una fitxa amb nomenclatura, composició, classificació, microestructura, propietats, diagrames de fases i de tractament tèrmic. S'hi troben marcades les paraules clau i s'hi inclou un glossari. Es complementa amb una enquesta d'avaluació de l'aplicació i amb una adreça de correu per a consultes. Com a eina complementària per a la docència s'ha preparat un qüestionari.

L'**AUTOMAT** és un programa per a l'autoavaluació en Ciència de Materials. Per cada tema hi ha 25 preguntes de diferent nivell, amb quatre possibilitats de resposta i tan sols una de correcta. L'estudiant pot avaluar el seu grau de coneixement de cada tema i saber en quins punts cal que aprofundeixi.

DESENVOLUPAMENT

1. OBJECTIUS

Actualment, en els plans docents es disposa de poc temps. En l'àmbit universitari els temaris són amplis, els plans d'estudi extensos, les disciplines feixugues i aquest complex món docent necessita mètodes atractius, pràctics i versàtils. En aquest aspecte la joia de la corona de la formació és l'ensenyament virtual o *e-learning*, desenvolupat gràcies a l'ús cada dia més estès d'Internet. Aquesta activitat formativa no té ni fronteres geogràfiques ni límits de temps i, consegüentment, ha d'obrir nous horitzons en l'àmbit universitari, perquè comporta elements diferencials amb la formació presencial com, per exemple, el fet que evita desplaçaments, proporciona flexibilitat en el temps de dedicació, s'adapta a la forma d'aprendre de cada alumne, millora els processos d'autocontrol i disciplina personals. La Universitat, en la formació no presencial, no necessita grans edificis, només necessita una plataforma digital, un programa atractiu i molt entusiasme i dedicació per transmetre'l, a distància. Aquest és, en síntesi, l'objectiu general del grup d'innovació docent GID-ePPM (figura 1).

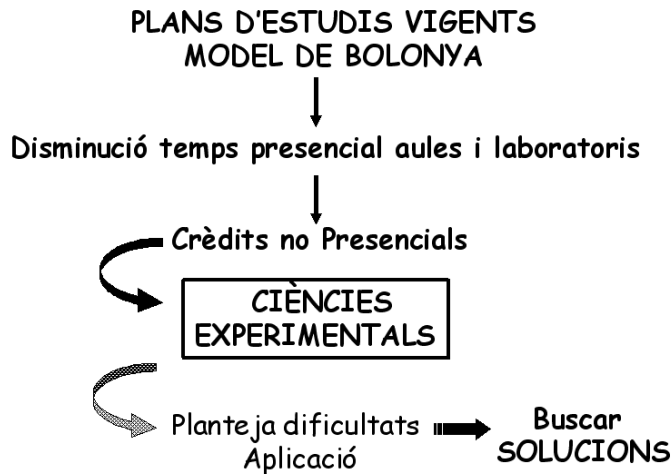


Figura 1. Marc dels projectes del GID-ePPM

L'objectiu del MICROMET és posar a l'abast de l'alumne una base permanent i actualitzada de dades fonamentals sobre la microestructura i les propietats dels materials metàl·lics. S'hi inclou informació científicotècnica breu i precisa.

El principal objectiu de l'AUTOMAT és facilitar a l'alumne un procés assequible d'autoaprenentatge i d'autoavaluació sobre els coneixements generals de la ciència dels materials.

El GID-ePPM pretén mantenir actualitzades i millorades ambdues aplicacions, recollint semestralment dades estadístiques obtingudes mitjançant enquestes així com la informació subministrada a través dels dossiers electrònics de la biblioteca de Física i Química de la Universitat de Barcelona.

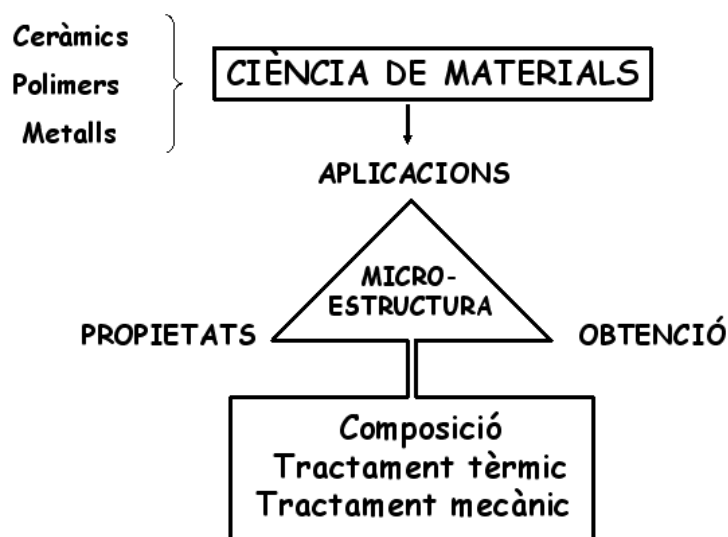


Figura 2. Esquema dels àmbits de la ciència dels materials

2. DESCRIPCIÓ DEL TREBALL

MICROMET

En ciència de materials és molt important poder correlacionar la microestructura del material amb les seves propietats i, per tant, amb les seves aplicacions (figura 2).

En el projecte MICROMET s'han escollit els materials metàl·lics més representatius: acers, foses, coure i els seus aliatges, aliatges de níquel, alumini i els seus aliatges i aliatges de titani. El desenvolupament del projecte s'esquematitza en la figura 3.

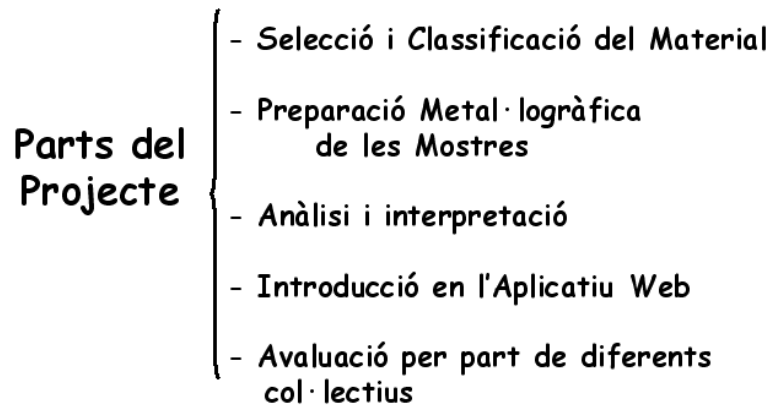


Figura 3. Esquema del desenvolupament del MICROMET

Cada mostra metàl·lica inclou:

1. Classificació:

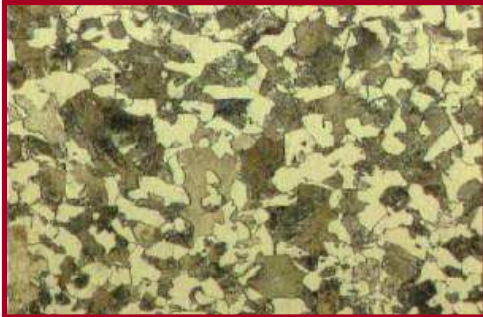
Material, grup i subgrup. Composició química. Estat de tractament. Designació segons codis internacionals. Paraules clau.

Nom del material:	acer
Descripció:	acer al carboni, 0.35%C , normalitzat
Altres categories:	Acer de construcció per tremp i revingut
Tipus de material:	Acers
Composició:	0.35%C; 0.29%Si; 0.5-0.8%Mn; 0.035%P; 0.035% S
AISI:	1035
UNS:	G 10350
EN:	C 35E (10083)
Altres noms:	--

Figura 4. Exemple de classificació

2. Microestructura:

Micrografia amb la descripció de la seva preparació i de les característiques microestructurals més rellevants



PREPARACIÓ

Desbast amb paper fins grau 1200. Polit amb pasta de diamant fins 1/4 de micròmetre. Atac amb Nital 2%.

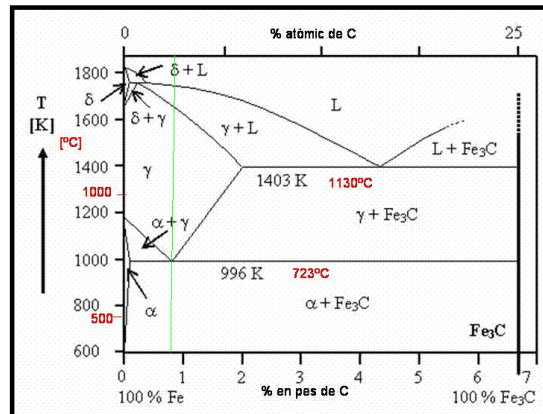
DESCRIPCIÓ

Acer hipoeutectoide normalitzat. Microestructura amb colònies de perlita (fosca) distribuïdes en una matriu de ferrita proeutectoide (clara).

Figura 5. Exemple de microestructura

3. Diagrama d'equilibri:

Explicació i relació amb la microestructura



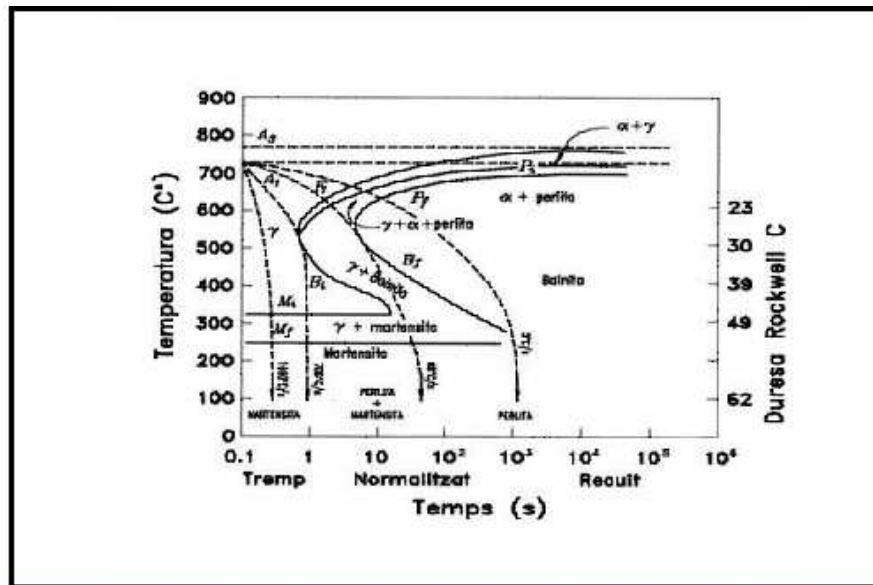
DESCRIPCIÓ

Diagrama metaestable Fe-Fe₃C (cementita), les fases presents són: δ α ferrita (estructura BCC, fase dúctil), γ austenita (estructura FCC, dúctil), Fe₃C cementita (estructura ortoròmbica, dura). Max. solubilitat C en ferrita = 0.022%. Max. solubilitat C en austenita = 2.11%. Reaccions: peritèctica L + δ = γ, eutèctica L = γ + Fe₃C, eutectoide γ = α + Fe₃C. La línia en verd indica la composició estudiada.

Figura 6. Exemple de diagrama d'equilibri

4. Diagrama de tractament tèrmic:

Explicació i relació amb la microestructura



DESCRIPCIÓ

Diagrama TTT per un acer hipoeutectoide on es mostren les línies de refredament, les temperatures crítiques i les diferents transformacions de l'austenita en funció de la velocitat de refredament aplicada.

Figura 7. Exemple de diagrama de tractament tèrmic

L'accés a cada material s'ha dissenyat perquè pugui fer-se a través de diferents vies:

- Cerca normal: a partir del nom del material o del seu codi internacional.
- Cerca per paraules clau: a partir de paraules seleccionades en alguna de les descripcions i en tres idiomes (català, castellà i anglès). Totes les paraules clau estan recollides i definides en un glossari.
- Cerca emprant el directori.

La informació anterior ha estat complementada amb un projecte addicional de millora i innovació docent, el projecte PROMET, per tal de relacionar les dades microestructurals anteriors amb les propietats de cada material.

El protocol emprat en el projecte PROMET ha consistit a establir i classificar d'entre totes les propietats les més importants en l'àmbit de l'enginyeria de materials. S'han estructurat dins del programa de la manera següent:

5. Propietats físiques

Propietats elèctriques, magnètiques i tèrmiques.

6. Propietats mecàniques

Rigidesa, resistència en funció de la microestructura i tractament tèrmic, tenacitat.

7. Propietats químiques

Resistència a la corrosió.

8. Propietats tecnològiques

Maquinabilitat, formabilitat, soldabilitat i reciclabilitat.

Tractament tèrmic	T (°C)	σ (MPa)	σ_0 (MPa)	%A	%Z	VICKERS	Impacte (J)
Normalitzat	910	550	360	30	58	160	80
Temple i revenut	205	850	640	18	49	460	-
	315	845	635	18	52	420	-
	425	780	605	22	58	325	-
	540	720	555	25	63	262	-
	650	630	465	30	69	205	-
Laminat en calent	-	585	380	28	53	190	65
Recuit	815	490	345	31	57	137	56
Observacions	Les dades corresponents a les propietats mecàniques poden variar al voltant del valor donat						

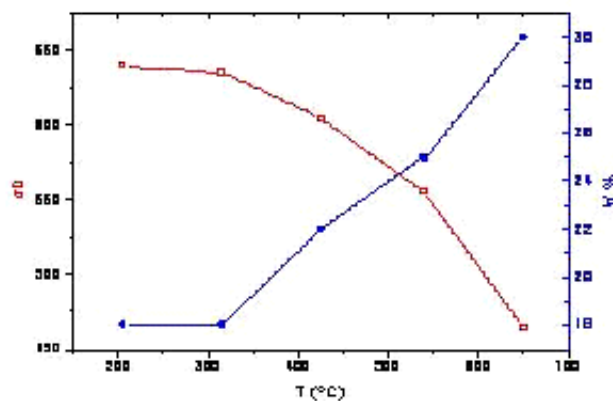


Figura 8. Exemple de propietats mecàniques

L'avaluació del projecte s'ha fet a través d'una enquesta en dos nivells:

Part 1: A cada estudiant se li formula una pregunta concreta que l'obliga a moure's per l'aplicació.

Part 2: Qüestions relacionades amb els diferents punts de l'aplicació així com sobre la utilitat i dificultat, incloent-hi un espai de lliure opinió.

AUTOMAT

L'objectiu específic del projecte ha estat que l'alumne de Ciència dels Materials pogués disposar d'un programa informàtic per avaluar els seus coneixements i la seva evolució durant el curs acadèmic, dins de la docència no presencial de l'assignatura.

El programa de Ciència dels Materials s'ha desenvolupat a través de 19 temes (figura 9) que inclouen la pràctica globalitat d'aquesta matèria. Des dels temes de fonaments i estructura, les propietats dels materials i la seva modificació, fins als aspectes de descripció de materials, corrosió i protecció de materials i reciclatge.

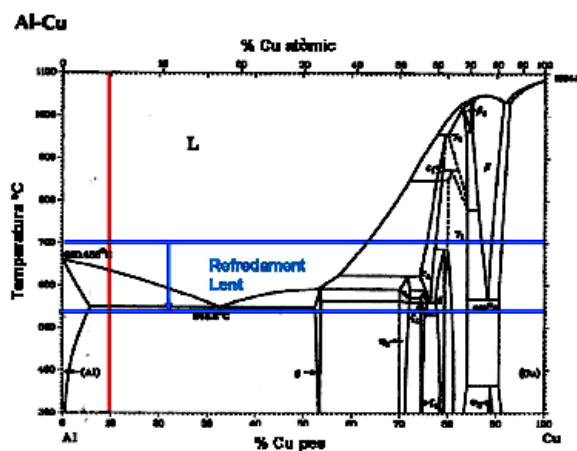
S'han preparat unes 25 preguntes per cada tema i unes 50 preguntes que interrelacionen diferents temes. Per cada pregunta hi ha cinc respostes amb només una resposta correcta. L'aplicació utilitza un programa informàtic del qual la UB té la llicència. Aquest programa permet introduir les diferents preguntes i les respostes corresponents i fer-ne un arxiu per a cada tema, de tal manera que al final es pot agrupar tot el temari i accedir-hi des d'un índex. Per cada pregunta i tema el programa dóna una puntuació a l'alumne, que és un indicador del seu aprenentatge. S'ha procurat que les preguntes continguin elements de crítica i comprensió dels coneixements, així com un nivell equilibrat entre els diferents temes.

- TEMA 1: INTRODUCCIÓ
- TEMA 2: SÒLIDS CRISTAL·LINS I NO CRISTAL·LINS
- TEMA 3: DEFECTES EN SÒLIDS CRISTAL·LINS
- TEMA 4: MATERIALS MONO I POLICRISTAL·LINS
- TEMA 5: SOLIDIFICACIÓ I DIFUSIÓ EN ESTAT SÒLID
- TEMA 6: DIAGRAMES D'EQUILIBRI
- TEMA 7: TRACTAMENTS TÈRMICS EN MATERIALS
- TEMA 8: PROPIETATS MECÀNIQUES
- TEMA 9: PROPIETATS ELÈCTRIQUES I MAGNÈTIQUES
- TEMA 10: PROPIETATS TÈRMiques I ÒPTIQUES
- TEMA 11: MATERIALS METAL·LICS BASE FERRO
- TEMA 12: METALLS I ALIATGES NO FERRIS
- TEMA 13: MATERIALS CERÀMICS. CLASSIFICACIÓ. CARACTERÍSTIQUES ESTRUCTURALS I PROPIETATS GENERALS. OBTENCIÓ I TECNOLOGIA D'AFAIÇONAMENT
- TEMA 14: VIDRES. CERÀMIQUES CONVENCIONALS I REFRACTÀRIES. CERÀMIQUES AVANÇADES.
- TEMA 15: MATERIALS POLIMÈRICS
- TEMA 16: TERMOPLÀSTICS, TERMOESTABLES, ELASTÒMERS, COPOLÍMERS. PROPIETATS I APLICACIONS
- TEMA 17: MATERIALS COMPOSTOS
- TEMA 18: CORROSIÓ I DEGRADACIÓ DE MATERIALS
- TEMA 19: RECICLATGE I REUTILITZACIÓ DE MATERIALS

Figura 9. Temes inclosos en el projecte AUTOMAT

TEMA 7: TRACTAMENTS TÈRMICS EN MATERIALS

1. Quan un aliatge binari de Al-10% Cu en pes, es refreda lentament des de 700°C fins just per sota de la temperatura del eutèctic (548°C -dT), s'obté una microestructura bifàsica. Indiqueu la composició i la quantitat de cada fase.



1. 90,7% d'alfa de 5,65% Cu + 9,3% de teta de 52,5% Cu.
2. 9,28% d'alfa proeutectoide de 6,5% Cu + 15,8% d'alfa eutectoide de 16,5% Cu.
3. 84,2% d'alfa proeutectoide de 5,65% Cu + 15,8% de teta de 52,5% Cu.
4. 15,8% de teta de 52,5% Cu + 84,2 d'alfa eutectoide de 6,5% Cu.

Figura 10. Exemple de pregunta en l'aplicació AUTOMAT

L'avaluació del projecte AUTOMAT s'ha fet a través d'una enquesta similar a la del projecte MICROMET, però amb apartats específics sobre el grau de dificultat de les preguntes i sobre la utilitat de cara a l'avaluació de l'assignatura. També es pregunta si l'alumne creu que s'hauria de fomentar aquest tipus d'aplicacions en totes les assignatures de la carrera, només en les obligatòries o bé només en les optatives.

La construcció de les aplicacions MICROMET i AUTOMAT s'ha dut a terme en la Unitat de Suport a la Docència de la UB, cosa que permet disposar d'un sistema en constant evolució i que fa possible les modificacions així com la introducció de noves mostres o questions.

L'accés al MICROMET és des de www2.ub.edu/cmем/materials/html/index.htm (usuari: alumne; contrasenya: quimiques). L'accés a l'AUTOMAT és des de www2.ub.edu/materials/automat/index.htm. Per tal de facilitar l'accés dels alumnes, s'ha fet també un enllaç de les dues aplicacions, des dels Dossiers electrònics de les diferents assignatures de la Biblioteca de Física i Química de la UB.

Ens podeu visitar en:

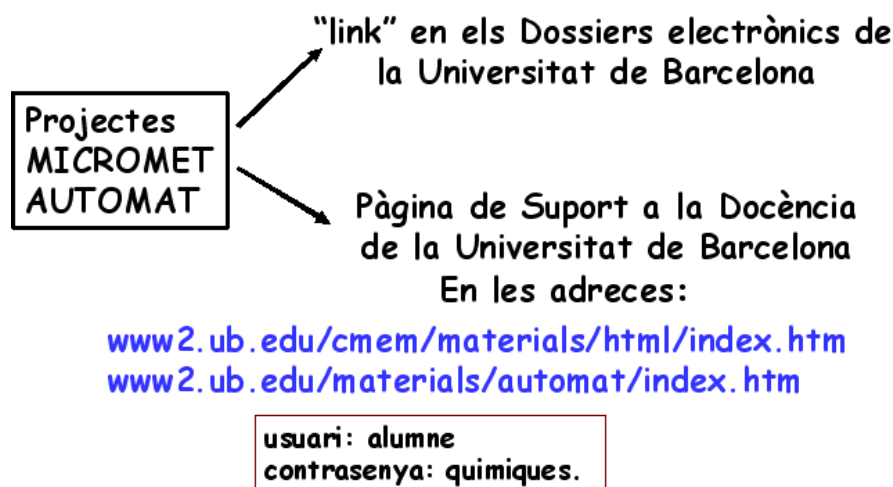


Figura 11. Accessos a les aplicacions

3. RESULTATS I CONCLUSIÓ

El programa MICROMET ha rebut ja unes 2000 visites en un any de publicació (desembre 2004 – gener 2006) dels alumnes de les assignatures de Ciència de Materials (Químiques) i Materials (Enginyeria Química), ambdues de segon cicle.

L'avaluació recollida a través de les enquestes fetes el curs 2004-05 per alumnes de segon cicle (figura 12) dóna una puntuació mitjana d'aproximadament 8 sobre 10 en els diferents camps avaluats. Els esmentats alumnes creuen que l'aplicació té el màxim interès per al tercer cicle i bastant per al segon cicle i per als exalumnes.

És interessant indicar que es va fer prèviament una avaluació pilot amb alumnat de tercer cicle. S'han notat algunes diferències significatives respecte als estudiants de segon cicle, principalment associades al diferent nivell de coneixements. Per exemple, els alumnes de tercer cicle (figura 13) creuen molt interessant l'aplicació per a alumnes de segon cicle encara que també bastant interessant per al tercer cicle i exalumnes. L'avaluació pilot va permetre també detectar algunes deficiències i millorar l'aplicació.

L'experiència del programa MICROMET, completat amb el PROMET, ha permès desenvolupar nous programes d'innovació i autoaprenentatge enfocats a altres materials. El projecte MICROMAT, subvencionat per l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya, recull els projectes MICROMET-PROMET en l'àmbit dels materials metàl·lics amb dos nous projectes: el PROCER en el camp dels materials ceràmics i el POLIMAT en el camp dels materials polimèrics. Ateses les diferents característiques d'aquests materials, entre si i en relació amb els materials metàl·lics, ha estat necessari posar a punt protocols específics, tot i que guarden analogies metodològiques respecte al projecte inicial. Aquests nous projectes es troben en fase de formalització de l'aplicació i no han estat encara avaluats de manera completa.

APLICACIÓ MICROMET (Microestructura i propietats de metalls i aliatges)

Alumnes 2on cicle
Curs 2004-05 (1r semestre)

Nre. d' alumnes enquestats = 95
PROVA PILOT

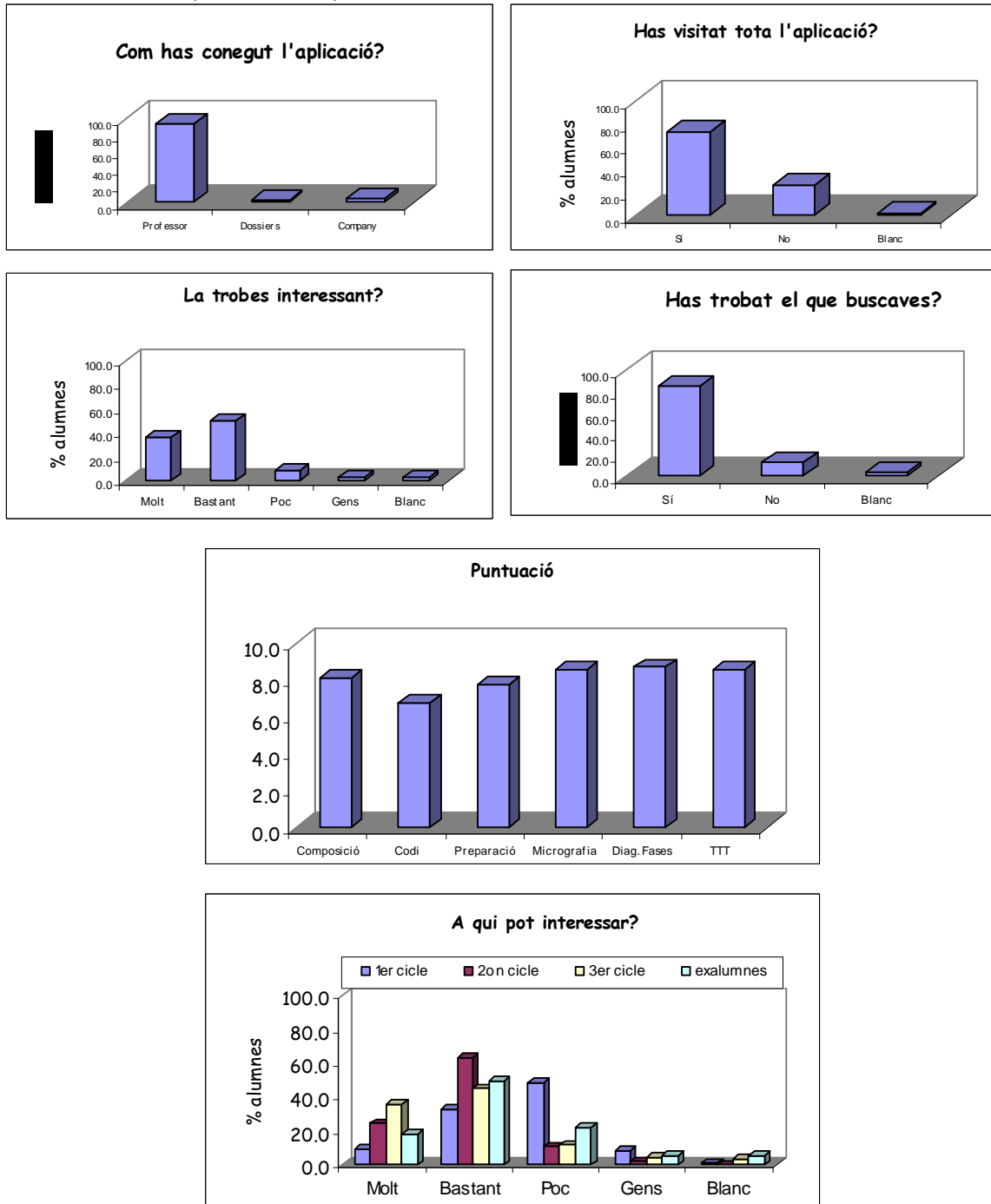


Figura 12. Enquesta del MICROMET per a l'alumnat de segon cicle

APLICACIÓ MICROMET (Microestructura i propietats de metalls i aliatges)

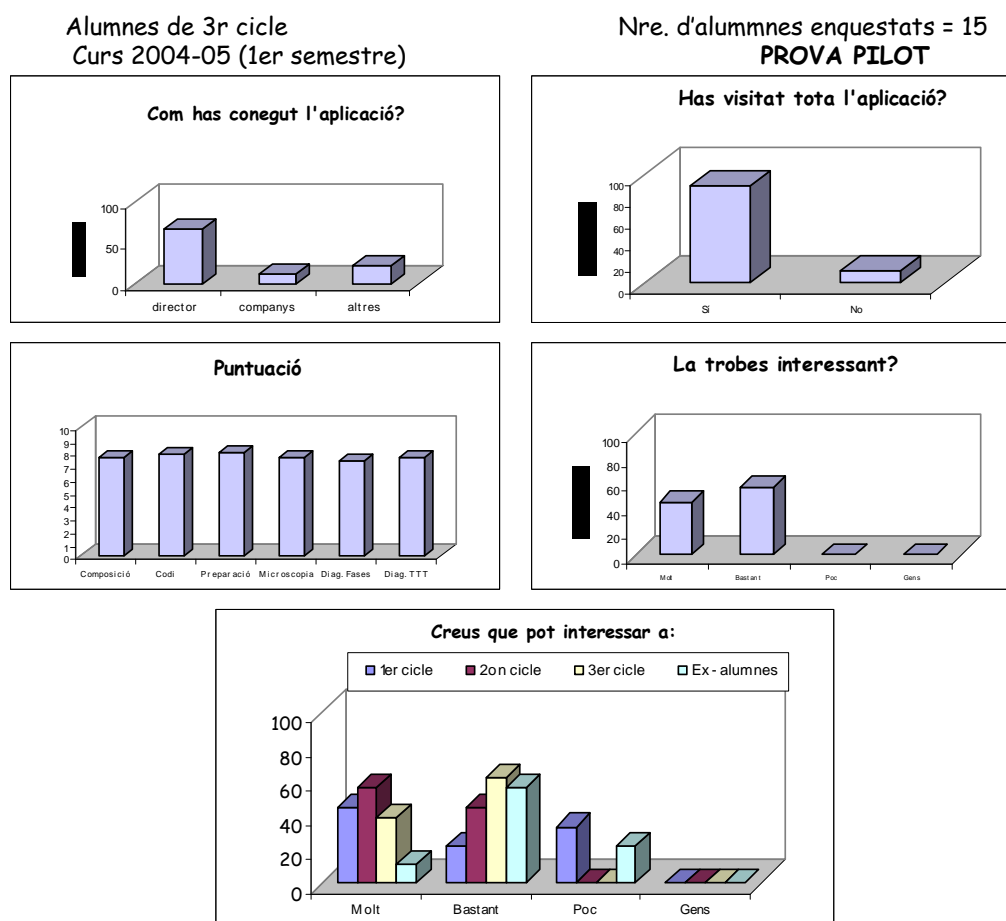


Figura 13. Enquesta del MICROMET per a l'alumnat de tercer cicle

El projecte AUTOMAT ha rebut unes 650 visites en els primers sis mesos de publicació, també dels alumnes de segon cicle de Química i d'Enginyeria Química.

L'avaluació recollida de les enquestes durant el primer semestre del curs 2005-06 (figura 14) a alumnes de segon cicle ha estat força positiva. L'opinió generalitzada és que es tracta d'una eina molt útil per autoavaluar el nivell de comprensió de cada tema i, per tant, molt útil de cara a l'examen de l'assignatura. Un comentari també força generalitzat és que aplicacions d'aquest tipus serien desitjables, segons els alumnes, per a totes les assignatures de la carrera. D'entre els aspectes que cal millorar hi ha certes disfuncions sobre el grau de dificultat, per defecte o per excés, en alguns temes, així com el fet que el programa no dona per si mateix una explicació o justificació de la resposta correcta. Per tant, la principal millora per a una acció futura seria una ampliació

a base d'incloure una discussió de les respostes, tant de les correctes com de les incorrectes, així com la inclusió d'un resum teòric per a cada tema.

PROGRAMA AUTOMAT (Autoaprenentatge de Materials)

Alumnes de 2n cicle
Curs 2005-06 (1er semestre)

Nre. d'alumnnes enquestats = 5

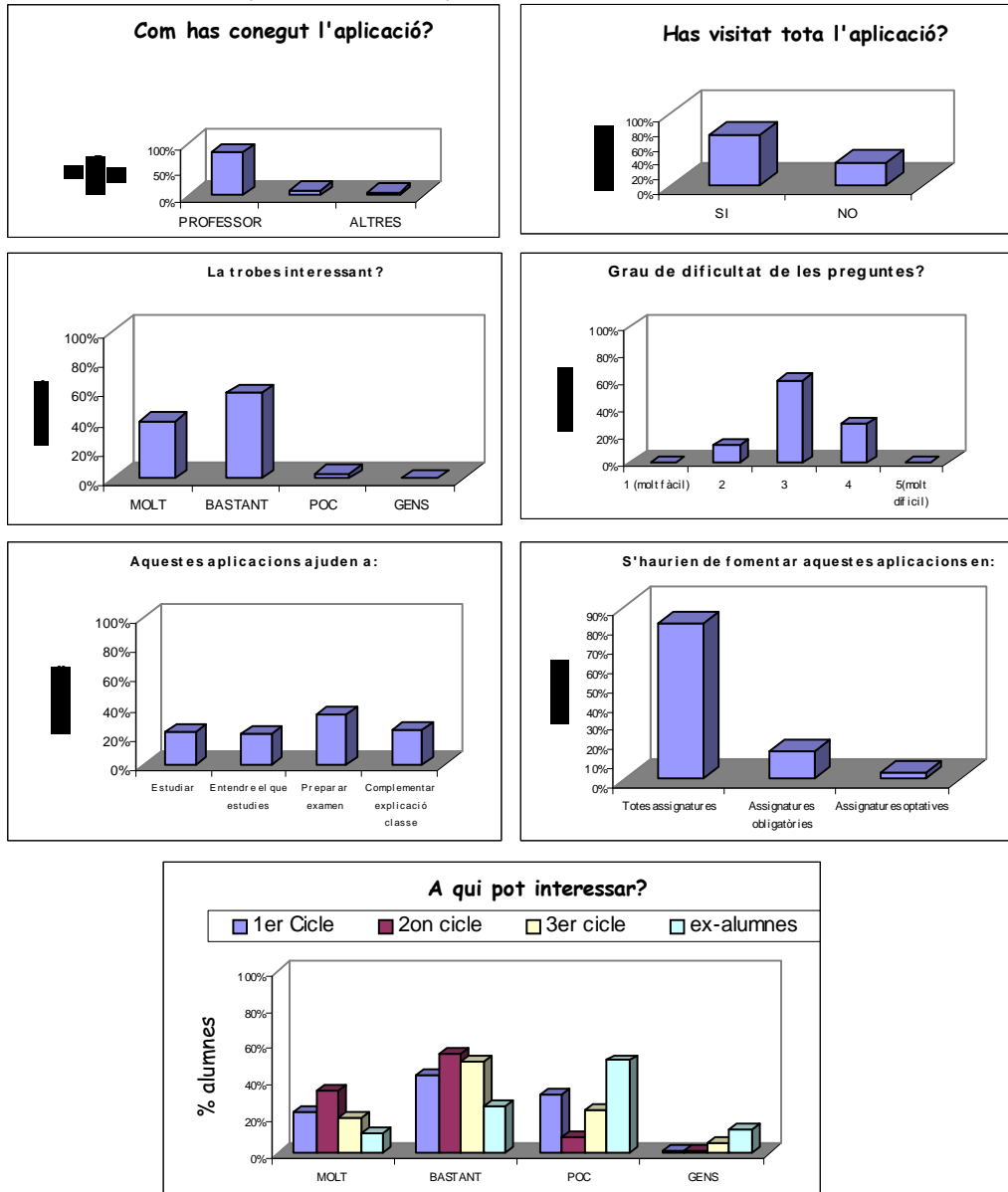


Figura 14. Enquesta de l'AUTOMAT per a l'alumnat de segon cicle

Com a conclusió general, els projectes MICROMET i AUTOMAT es presenten com una bona eina d'autoaprenentatge per a l'alumnat de Ciència de Materials. En el

MICROMET, l'alumne pot disposar, tantes vegades com vulgui i en el moment que més li convingui, del material vist al laboratori així com d'altres materials, que, amb els coneixements adquirits, podrà interpretar amb facilitat. En l'AUTOMAT, l'alumne pot autoavaluar-se, en diferents camps i nivells, cosa que li permet aprendre i consolidar els conceptes més importants de l'assignatura.

Les aplicacions presentades complementen la formació teòrica i pràctica sense limitacions horàries i a diferents nivells. El sistema són oberts, cosa que permet d'incorporar nous materials o qüestions, així com millorar els aspectes menys valorats en les avaluacions, tot això amb una metodologia en constant actualització.

AGRAÏMENTS:

Els autors volen expressar el seu agraïment a la Generalitat de Catalunya per l'Ajut de Millora de la Qualitat Docent de les Universitats Catalanes (MQD-2003) al projecte MIPROMAT. També a la Universitat de Barcelona, dins del Programa de Millora i Innovació Docent, els ajuts als projectes MICROMET (UB-2002), PROMET (UB-2003), AUTOMAT (UB-2003), PROCER (UB-2004) i DEIWEB (UB-2005) així com la col.laboració de l'Unitat de Suport a la Docència de la UB.

BIBLIOGRAFIA

ASKELAND, D. R. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Madrid: International Thomson Editores, 2001 [En anglès: *The Science and engineering of materials*. 3th ed. Boston: PWS Publishing Company, 1994].

ASM. *Engineered Materials Reference Book*. ASM International, 1989.

ASM HANDBOOK. *Characterization and Failure Analysis of Plastics*. ASM International, 1998.

ASM HANDBOOK. *Heat Treating*. ASM International, 1991, vol. 4.

ASM HANDBOOK. *Materials Characterization*. ASM International, 1986, vol. 10.

ASM HANDBOOK. *Materials Selection and Design*. ASM International, 1997, vol. 20.

ASM HANDBOOK. *Metallography and Microstructures*. ASM International, 2004, vol. 9.

ASM. *Metals Reference Book*. 2a edició. ASM, 1983.

CALLISTER, W. D. *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*. 2nd ed. Hoboken (N. J.): John Wiley & Sons, 2005.

FLINN, R. A.; TROJAN, P. K. *Engineering materials and their applications*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1995 [*Materiales de ingeniería y sus aplicaciones*. 3a ed. Bogotá: McGraw-Hill, 1989].

GALE, W. F.; TOTEMEIER, T. C. *Smithells Metals Reference Book*. ASM International, 2000.

SHACKELFORD, J. F. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 4a ed. Madrid: Prentice Hall, 1998. [*Introduction to materials science for engineers*. 6th ed. Upper Saddle River (N. J.): Pearson/Prentice Hall, 2005].

SMITH, W. F. *Ciencia e ingeniería de materiales*. 3a ed. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, 2004.

WATERMAN, N. A.; ASHBY, M. F. *Elsevier Materials Selector*. Elsevier Applied Science, 1991, vol. 1, 2 i 3.

Text de les figures

Figura 1

Disminució temps presencial aules i laboratoris —> Disminució del temps presencial en aules i laboratoris

Crèdits no Presencials —> Crèdits no presencials

Figura 2

Polimers —> Polímers

Figura 3

Parts del Projecte —> Parts del projecte

Selecció i Classificació del Material —> Selecció i classificació del material

Preparació Metal·logràfica de les Mostres —> Preparació metal·logràfica de les mostres

Introducció en l'Aplicatiu Web —> Introducció en l'aplicació web