Elaboració d'una base de dades per a l'autoformació i autoavaluació de coneixements i competències en estudis científics superiors

Adolf Canillas,[*] Cèsar Ferrater,[†] Manuel Varela,[‡] Joan Bertomeu,[§] i Esther Pascual,[¶]
Grup d'Innovació en Laboratoris de l'Àrea de Física Aplicada (GILAFA)[‖]
Departament de Física Aplicada i Òptica (UB)

Objectius

L'objectiu principal és oferir uns recursos educatius multimèdia (en format HTML i Java) utilitzables en línia (Internet) o en suport autònom (CD-ROM) per a l'autoformació i l'autoavaluació.

En el nostre àmbit docent, volem utilitzar aquesta base de dades per posar a disposició de l'alumnat de primer cicle universitari (ensenyaments de les facultats de Física i de Química de la Universitat de Barcelona) una sèrie d'activitats de docència semipresencial que complementin els continguts impartits a classe.

Descripció del treball

Introducció

Tradicionalment, el sistema d'avaluació utilitzat pel professorat del Departament de Física Aplicada i Òptica en els ensenyaments de les facultats de Física i de Química de la Universitat de Barcelona ha consistit en un examen escrit amb una part de teoria i una part de problemes. Si bé la part de problemes no ha canviat substancialment amb el transcurs del temps, la part de teoria ha presentat una clara evolució: des de demanar el desenvolupament d'un tema per tal que l'alumne mostri la seva capacitat de síntesi, passant per la formulació de qüestions conceptuals fins a l'examen de tipus test, on l'alumne es limita a triar la resposta correcta entre un ventall d'opcions molt tancades.

La nostra experiència amb els exàmens de tipus test és molt positiva i ens ha fet plantejar la seva possible aplicació com a recurs educatiu d'autoavaluació, així com a recurs educatiu d'autoformació en les assignatures que tenim assignades. En aquest context, participem en un projecte europeu Grundtvig titulat «Autoformation et Auto-évaluation: connaissances et compétences pour des études scientifiques supérieures» en què han de desenvolupar-se mètodes d'avaluació de coneixements i competències científiques (sistema ForEva) i mètodes d'aprenentatge basats en activitats (resolució de problemes i qüestions) en format multimèdia.

Pel que fa als mètodes d'aprenentatge, hi ha dues tasques importants per desenvolupar. La primera consisteix a construir estructures (modalitats de resposta) que permetin d'alliberar les activitats proposades de la rigidesa dels qüestionaris de tipus test. En aquest sentit, tot i que en el fons tria entre les diferents opcions que se li ofereixen, l'alumne construeix frases, treballa sobre una imatge o bé un gràfic, pot rebre ajudes (de manera semblant a com ho faria un professor que veiés que l'alumne està «encallat» en un determinat punt), pot veure immediatament si el que acaba de contestar és correcte o no, amb la qual cosa rep una certa realimentació que el pot ajudar a tirar endavant, etc. La segona tasca és construir una base de dades on els elements siguin les preguntes que, agrupades convenientment, constituiran les activitats (exàmens quan pertoqui) que es proposaran als estudiants. Aquesta base de dades ha de ser prou extensa pel que fa a les branques del coneixement que es desenvolupin, així com al nombre de temes tractats dins de cada branca.

Estructura de la base de dades

L'arquitectura del sistema està estructurada de la manera següent (vegeu la figura 1). Cada branca del conei-

[*] **Adolf Canillas** (Lleida, 1961) és doctor en Física per la Universitat de Barcelona (1991) i actualment és professor titular al Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB. (acanillas@ub.edu)

[†] **Cèsar Ferrater** (Reus, 1961) és doctor en Física per la Universitat de Barcelona (1990) i actualment és professor titular al Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB. (cferrater@ub.edu)

[‡] **Manuel Varela** (Lugo, 1956) és doctor en Física per la Universitat de Barcelona (1984) i actualment és catedràtic al Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB. (mvarela@ub.edu)

[§] **Joan Bertomeu** (Tortosa, 1965) és doctor en Física per la Universitat de Barcelona (1993) i actualment és professor titular al Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB. (jbertomeu@ub.edu)

[¶] **Esther Pascual** (Barcelona, 1964) és doctora en Física per la Universitat de Barcelona (1991) i actualment és professora titular al Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB. (epascual@ub.edu)

[‖] Grup d'Innovació Docent reconegut per la Universitat de Barcelona amb el codi 2003GIDVC-UB/18.

xement o disciplina (física, química, matemàtiques) es divideix en dossiers de matèries (electricitat i magnetisme, òptica, mecànica, etc.), les quals se subdivideixen en unitats temàtiques o dossiers de blocs de continguts (camp i potencial elèctric, conductors i dielèctrics, etc.). Un bloc de continguts està format per una o més fitxes d'avaluació que constitueixen la manera pràctica de presentar les preguntes a l'usuari del sistema.

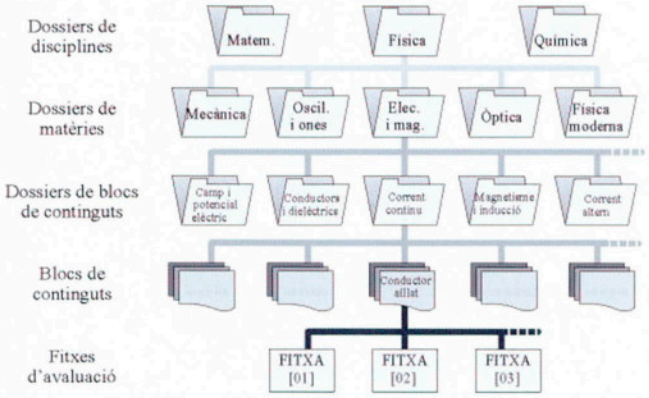

Figura 1: *Estructura de la base de dades*

Les fitxes d'avaluació presenten el format que mostra la figura 2: a la part superior de la pantalla apareix l'enunciat de la pregunta, la part central mostra els elements que permeten de construir la resposta i la part inferior conté els punts d'inserció per introduir la resposta. Les fitxes poden incorporar fins a dues ajudes que apareixen en la part de la pantalla destinada a l'enunciat. La línia de selecció de la part inferior de la pantalla permet de seleccionar entre la solució introduïda per l'usuari (*student*), la qualificació aconseguida (*note*) i la resposta amb puntuació màxima, solució del professor (*author*).

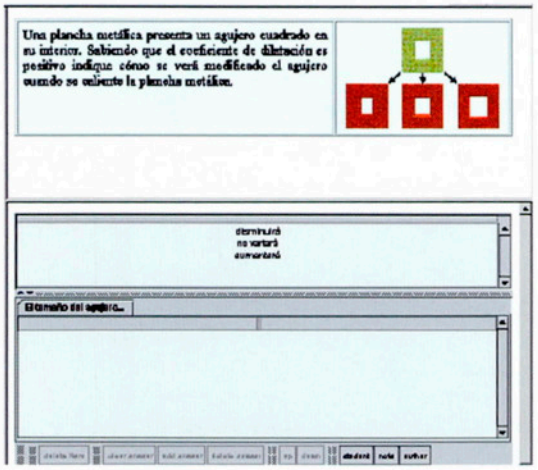

Figura 2: *Format de les fitxes d'avaluació*

La gestió d'un bloc de fitxes es fa mitjançant el menú d'icones mostrat en la figura 3. Una vegada triada la fitxa (en l'exemple: [02] *Plancha*), es pot seleccionar mostrar l'enunciat, mostrar la primera ajuda, mostrar la segona ajuda i mostrar la solució raonada. Amb les fletxes de color blau podem canviar de fitxa o tornar a carregar la fitxa actual en el cas que no es vegi bé a la pantalla. També s'ofereixen les opcions d'esborrar les respostes (començar de nou) i la de sortir del programa.

L'autor d'un bloc de fitxes pot configurar-lo de manera que es puguin completar les fitxes amb un ordre qualsevol o seqüencialment. En aquest darrer cas, mentre completem una fitxa no tenim accés a les fitxes precedents (s'indica mitjançant una aspa vermella en el menú del bloc de fitxes, com és el cas de la fitxa [01] *Coeficiente de dilatación* de la figura 3) i no podem avançar sense haver contestat la fitxa actual (s'indica mitjançant un cadenat en el menú del bloc de fitxes com és el cas de la fitxa [03] *Plancha y cilindro* de la figura 3).

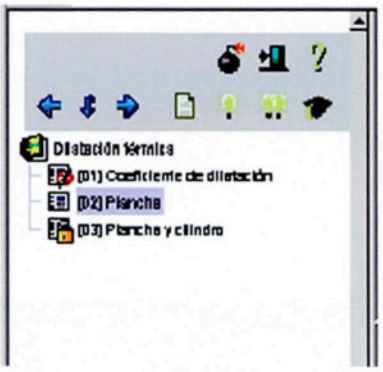

Figura 3: *Menú d'icones d'un bloc de fitxes d'avaluació. Fletxa blava esquerra: fitxa anterior; fletxa avall: fitxa actual; fletxa blava dreta: fitxa següent; paper: enunciat; bombeta: ajuda 1; bombetes: ajuda 2; barret: solució raonada; bomba: esborra respostes; porta: surt; interrogant: encara no implementat*

Modalitats de pregunta-resposta

En els blocs de continguts, hi figura, a més del títol de la unitat temàtica, els tipus de pregunta que es fan i la informació necessària (convenis) per presentar o fabricar la resposta. A continuació, es descriuen les modalitats de pregunta-resposta que utilitzem (com a informació addicional sobre modalitats de pregunta-resposta podeu consultar les dues referències que figuren al final de l'article):

a) Preguntes d'elecció múltiple. Una part de les qüestions que es proposen a l'alumne tenen el clàssic format de tipus test, que considerem el més adequat per a determinades preguntes, principalment quan cal fer que l'estudiant treballi algun aspecte subtil. Amb aquesta modalitat es pretén que l'alumne esculli la resposta d'entre una sèrie d'opcions incloent-hi, quan sembli adequat, la temible opció: «cap de les altres respostes». Les possibles respostes s'han de proposar de manera que

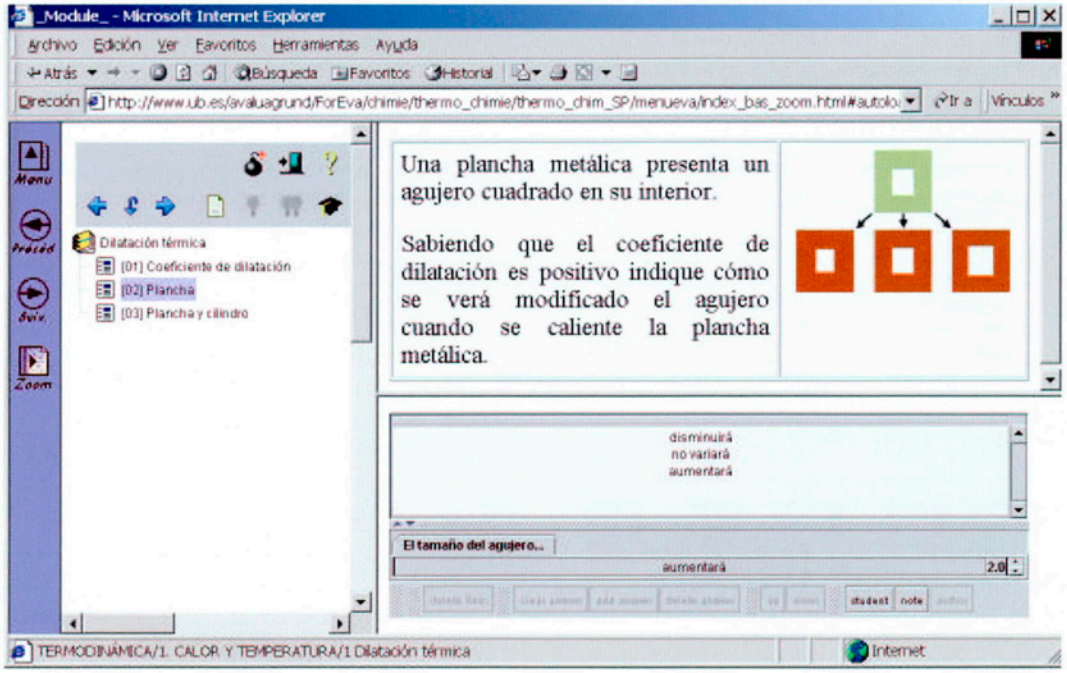

Figura 4: *Primer exemple amb la solució de màxima puntuació*

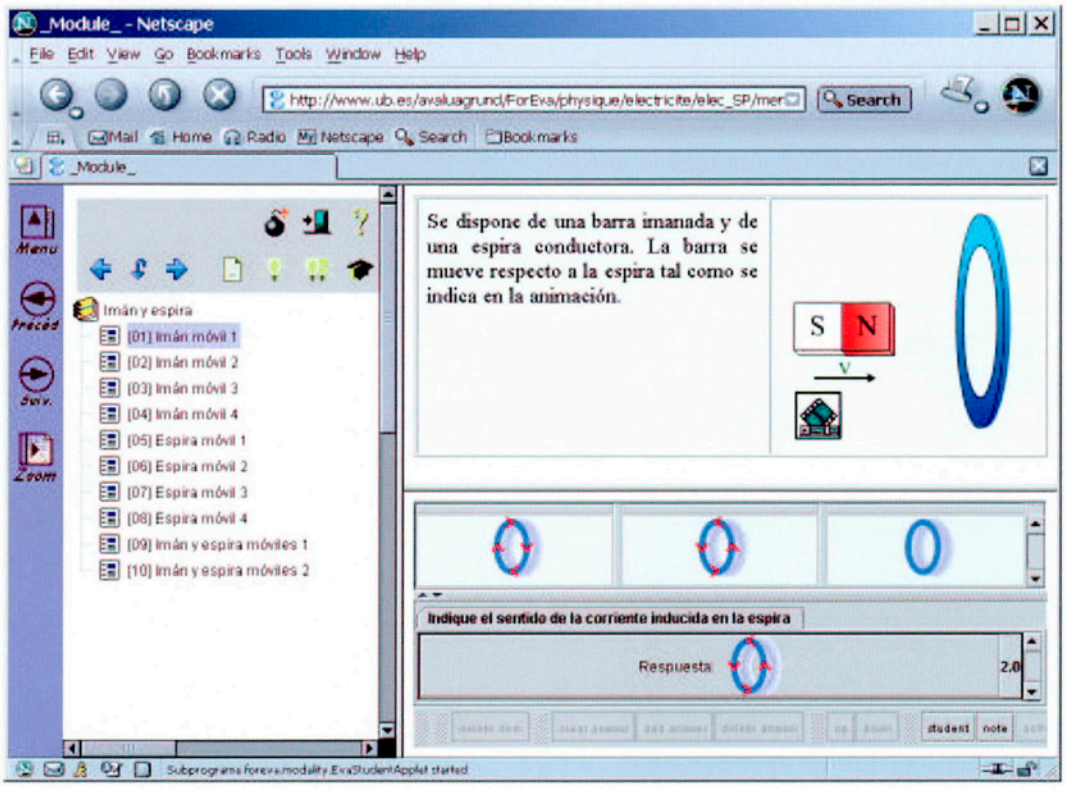

Figura 5: *Segon exemple amb la solució de màxima puntuació*

l'alumne n'hagi de fer una anàlisi detallada amb el fi de trobar la correcta. Depenent del plantejament de les preguntes, les possibles respostes es poden presentar en diferents formats. Així, entre altres possibilitats, es pot proposar l'elecció d'entre diverses sentències, imatges, fórmules matemàtiques o valors numèrics. Com a exemple d'algunes de les possibilitats s'exposen dues situacions corresponents a aquesta modalitat de preguntes. En el primer exemple *Dilatación térmica. Plancha*, vegeu la figura 4, l'alumne ha d'escollir una de les tres sentències proposades il·lustrades mitjançant la figura. En el segon exemple, *Imán y espira. Imán móvil*, vegeu la figura 5, la pregunta es planteja sobre la base d'una imatge animada i presenta diferents imatges com a possibles solucions.

b) Construcció d'un argument mitjançant la selecció de frases. En el cas dels problemes (físics, matemàtics, d'enginyeria, etc.) moltes vegades ens trobem que l'estudiant es posa a redactar, o bé a iniciar un cert formalisme, de manera automàtica, i això sovint condueix a errors. Aquests errors s'han d'atribuir, doncs, al fet que l'alumne no ha llegit en profunditat l'enunciat proposat quan es llança a resoldre'l. Un problema, en un sentit ampli de la paraula, comporta reflexió —i sovint, molta. Aquest és un dels objectius que es persegueixen amb aquest tipus de preguntes.

L'exemple 3, vegeu la figura 6, és un clàssic d'un primer curs d'electricitat (concretament, de la part d'electrostàtica de càrregues puntuals). L'aspecte que hem volgut ressaltar formulant així la qüestió és justament que es reflexioni molt en el moment de llegir l'enunciat. Quan l'alumne hagi resolt quines són les sentències vàlides i quines no, tindrà una bona base física per iniciar una possible resolució numèrica en el cas que es demani.

Amb el mateix esquema es poden proposar exercicis amb una sofisticació més gran, on la selecció d'arguments vàlids s'hagi de fer tenint en compte que la validesa d'uns d'aquests arguments pugui donar suport a la validesa dels següents, de manera que es construeixi un raonament complex a còpia d'ordenar lògicament sentències simples. Un exercici en aquest sentit és l'exemple 4, vegeu la figura 7, on es proposa que l'estudiant identifiqui les afirmacions que siguin certes i que, a més, sigui conscient de la relació causa-efecte entre elles. Un cop s'arriba a la seqüència correcta, la combinació de sentències pren la forma d'un argument que «ens explica» un aspecte del problema presentat.

Els dos exemples considerats tenen una dificultat afegida; atès que no es dóna informació sobre el nombre de sentències correctes, l'usuari ha d'afegir, amb el botó *add answer*, les insercions necessàries per presentar la resposta. Si es vol reduir la dificultat de la pregunta, la fitxa es pot presentar de manera que ofereixi un nombre de punts d'inserció que corresponguin al nombre exacte de sentències correctes.

c) Construcció de frases mitjançant la selecció d'elements. Es proposa que l'estudiant construeixi tot un seguit de frases conceptualment vàlides, referides a un experiment o a una situació determinada, mitjançant la combinació d'elements, agrupats en categories (grup nominal, grup verbal, primer complement, segon complement, etc.). La resolució correcta d'un d'aquests exercicis comporta que s'han explorat totes les combinacions possibles, i que, per cadascuna, l'alumne ha emès un veredicte correcte de validesa o no validesa. En aquest sentit, l'exploració que haurà fet l'estudiant haurà estat exhaustiva. Tal és el cas de l'exemple 5, vegeu la figura 8, on l'estudiant ha d'explorar les diferents combinacions que s'obtenen amb un element de la primera columna, un de la segona i un de la tercera (en total 24 combinacions). En construir cadascuna de les frases ha d'analitzar la seva validesa, cosa que fa que aprofundeixi en el significat dels conceptes que es combinen, alhora que identifica el significat de la frase completa amb allò que va aprenent de la situació física que se li presenta. En aquest procés (anàlisi exhaustiva de totes les possibles frases) trobarà que n'hi ha algunes que són excloents entre si, i, per tant no poden ser vàlides alhora (una mateixa cosa no pot ser, a la vegada, nul·la i no nul·la). Quan faci l'exercici, l'alumne haurà d'identificar aquestes circumstàncies i haurà de decidir quina de les afirmacions és la vàlida i quina no ho és. En aquest exercici es demanen 4 sentències vàlides que és el nombre màxim de sentències vàlides que es poden construir.

Un altre cas amb una estructura molt similar és el de l'exemple 6, vegeu la figura 9. Aquí la frase ja està formalment estructurada i solament cal que l'estudiant seleccioni els elements que la facin vàlida en relació amb el problema que es presenta. La solució correcta d'aquest exercici ens informa de com és la imatge formada pel mirall i, de fet, implica que l'estudiant ha resolt correctament el problema que se li ha presentat i, a més, que sap interpretar físicament els valors numèrics que ha obtingut en la resolució de l'exercici. Concretament, en el cas que ens ocupa, ens trobem que per a la resolució matemàtica són possibles diferents convenis de signe i, sovint, l'estudiant dóna el valor numèric resultant (amb un cert signe), però no l'interpreta físicament. És a dir, obté numèricament que la imatge es forma en una posició $+x$ o bé $-x$, però sovint no analitza, per exemple, si es tracta d'una imatge real (que pot ser recollida en una pantalla) o bé si es tracta d'una imatge virtual (que no es pot recollir directament en una pantalla).

d) Construcció de fórmules. Aquests tipus de preguntes constitueixen una alternativa a la resolució de problemes en una prova tradicional d'avaluació. L'alumne ha de trobar la solució analítica a un problema concret. El sistema disposa d'un senzill editor d'equacions que permet a l'estudiant d'escollir una sèrie d'elements per a la construcció de la resposta sol·licitada. Fent ser-

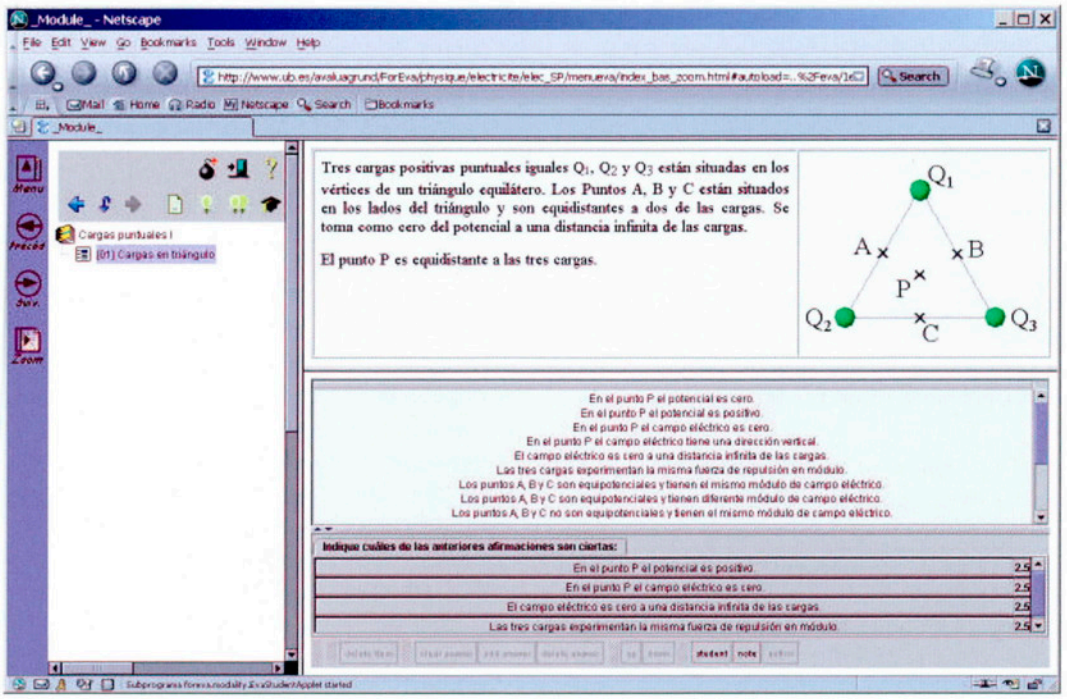

Figura 6: *Tercer exemple amb la solució de màxima puntuació*

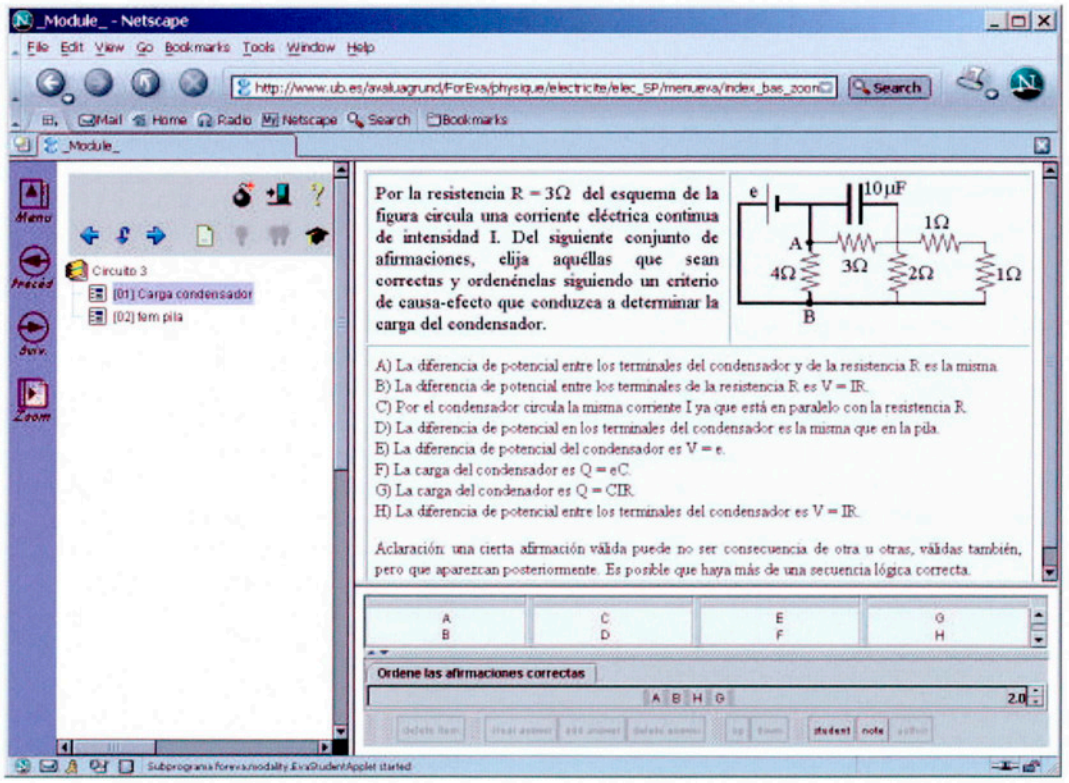

Figura 7: *Quart exemple amb la solució de màxima puntuació*

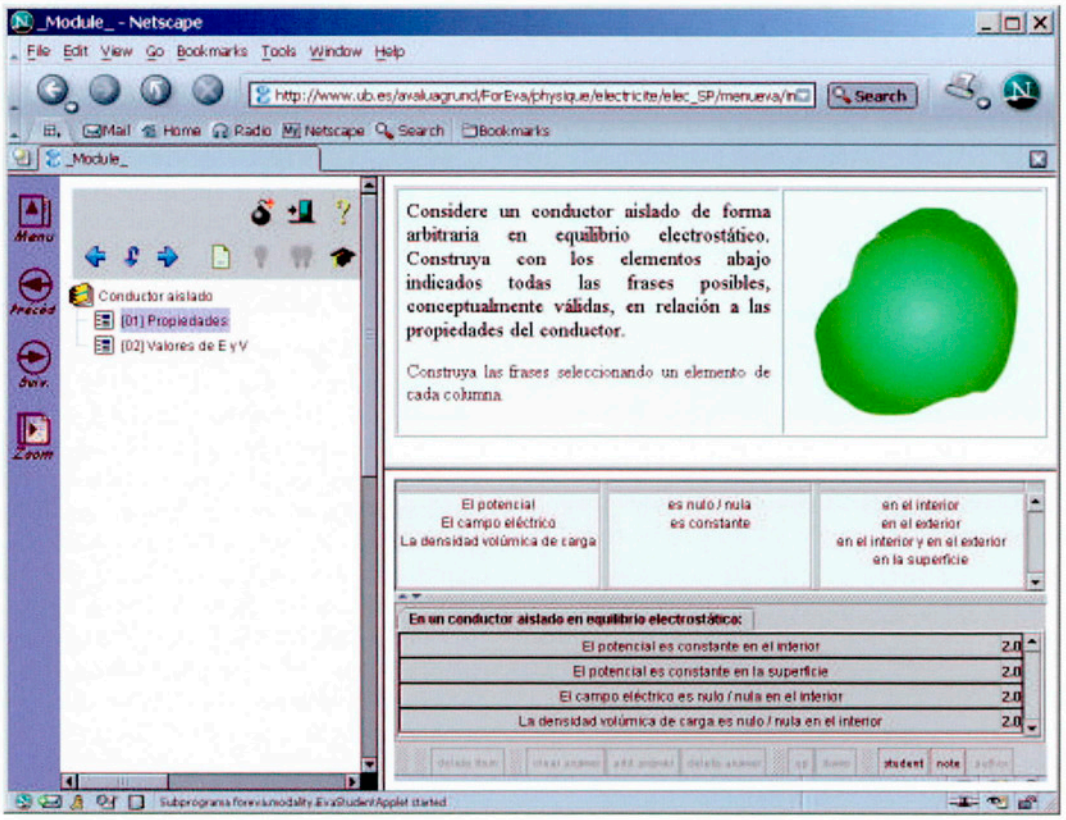

Figura 8: *Cinquè exemple amb la solució de màxima puntuació*

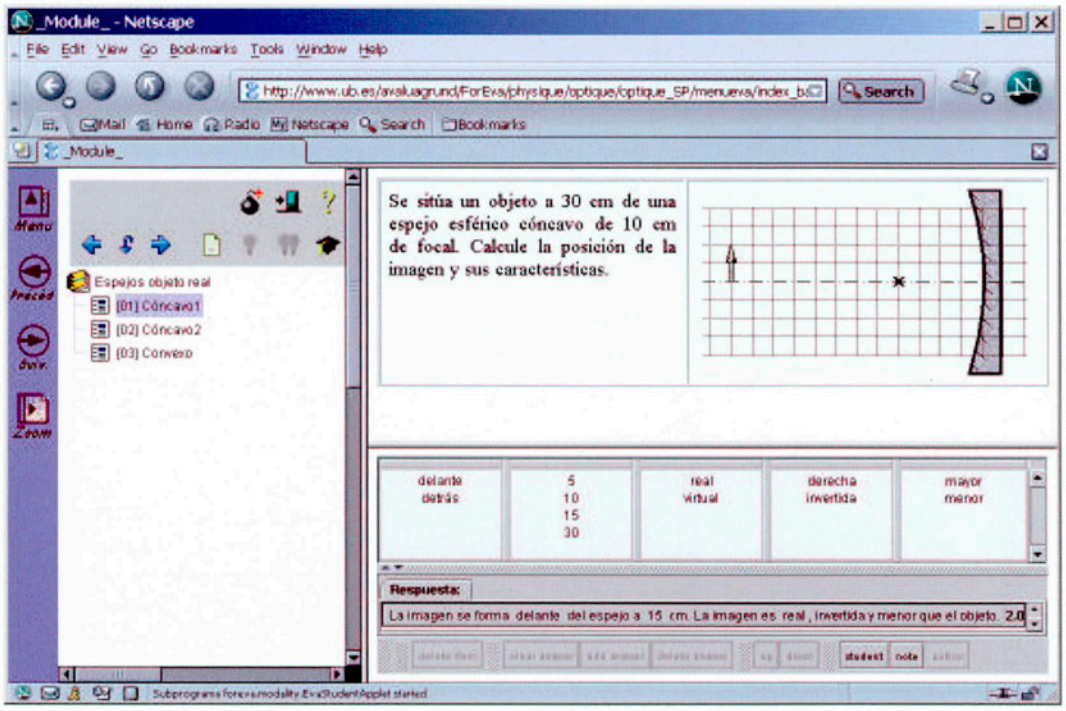

Figura 9: *Sisè exemple amb la solució de màxima puntuació*

vir aquesta estructura, es poden plantejar problemes de diferent nivell, depenent dels objectius que es vulguin assolir: des de problemes molt senzills (a la solució dels quals s'arriba amb una simple anàlisi dimensional) fins a problemes que requereixen un cert nivell de desenvolupament analític. A tall d'aplicació es presenten dos exemples corresponents a aquest tipus de pregunta. En l'exemple 7, vegeu la figura 10, *Formas de expresión de un número complejo. Complejo 2*, es proposa a l'alumne la construcció de les expressions corresponents a les diferents notacions d'un nombre complex. L'alumne ha d'elegir entre una sèrie de conjunts de caràcters numèrics i símbols senzills, per obtenir les expressions sol·licitades. En l'exemple 8, vegeu la figura 11, *Naturaleza de la luz. Científicos*, que no correspon exactament a l'esquema anterior, es demana de construir fórmules utilitzant imatges, en les quals el factor important és la presència o no dels elements elegibles i no la seva ordenació.

Codificació de la base de dades

Els autors de la base de dades fan la codificació de les fitxes d'avaluació en termes de:

1. coneixements
2. competències (identificar, argumentar, etc.)
3. conceptes i eines matemàtiques (camps vectorials, funcions, gràfiques, etc.)
4. context (teòric, gràfic, simulació interactiva, etc.)
5. nivell de dificultat (entre 0 i 4).

La codificació permet al sistema ForEva d'avaluar els usuaris que la utilitzin i presentar una taula de valoració personalitzada i un perfil estadístic. El camp actual d'aplicació és el de les ciències físiques, químiques i matemàtiques, però la metodologia aplicada permet de preveure possibles desenvolupaments cap a altres àmbits de coneixement.

Gestió de la base de dades

La base de dades forma part d'un sistema informàtic — sistema ForEva— desenvolupat pel Servei Comú d'Autoformació i Multimèdia (SCAM) de la Universitat de Provença (França) per a l'acreditació de coneixements i competències (http://scamup.univ-mrs.fr).

El sistema diferencia tres grups d'usuaris: autors, professors i estudiants. Els autors són els que dissenyen i codifiquen les fitxes d'avaluació. Els professors tenen accés a la base de dades i poden agrupar les fitxes i els blocs de cartes d'avaluació, segons el seu criteri, per elaborar exàmens i crear activitats més o menys complicades per proposar als alumnes. Els professors poden canviar la ponderació relativa entre les fitxes, però no la codificació particular de cada una. Finalment, els estudiants que duguin una activitat tenen una sèrie de drets d'accés que el professor ha d'haver habilitat: consultar

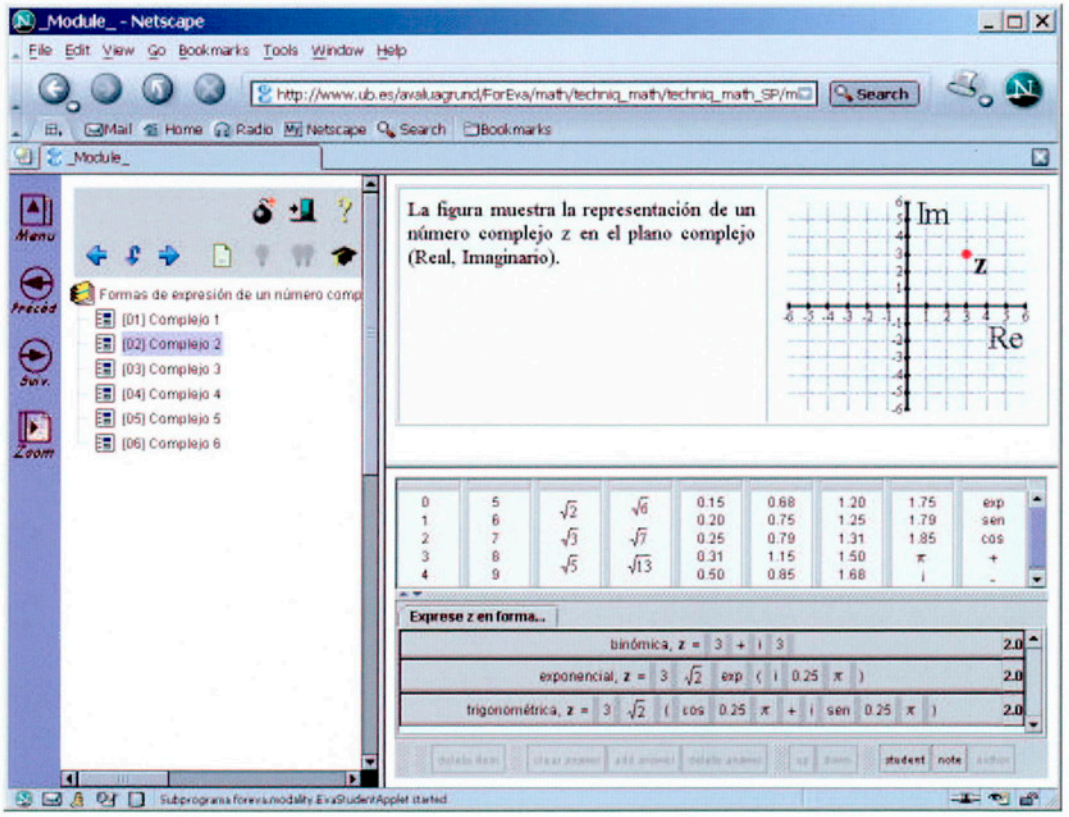

Figura 10: *Setè exemple amb la solució de màxima puntuació*

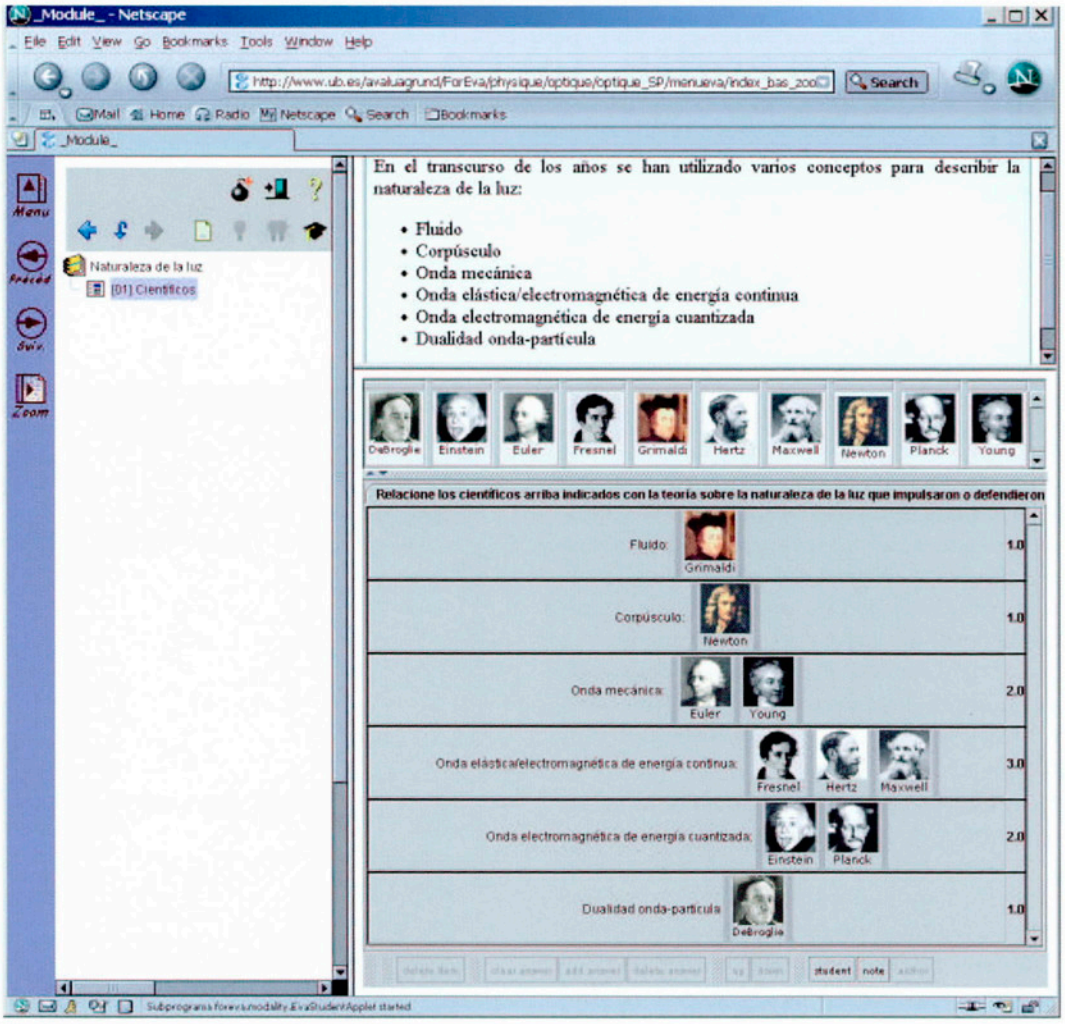

Figura 11: *Vuitè exemple amb la solució de màxima puntuació*

ajudes, veure la solució del professor, veure la solució raonada i veure els resultats (puntuació) de l'activitat.

Actualment, la base de dades que estem elaborant està ubicada en el servidor de la Universitat de Barcelona a la pàgina http://www.ub.es/avaluagrund. El text de les fitxes està redactat en castellà i en breu es traduirà a l'anglès. També preveiem que es tradueixi al català per tal de fer-les servir com a eina docent en els ensenyaments de primer cicle que tenim assignats.

Conclusions

S'ha iniciat un ambiciós projecte d'àmbit europeu encaminat a l'autoformació i l'autoavaluació per a l'alumnat d'ensenyaments cientificotècnics. Actualment, s'està implementant una base de dades multimèdia que incorpora activitats amb diferents modalitats de resposta i una codificació que permet d'avaluar els diferents aspectes de l'aprenentatge.

Agraïments

Els autors agraeixen la col·laboració en el desenvolupament d'aquest projecte del Dr. José Luis Andújar així com també de J. Alvarez, O. Arteaga, X. Carulla, F. Gómez i O. Pont. Aquest treball està finançat per la Comunitat Europea mitjançant el programa Sòcrates, acció Grundtvig 1 (projectes de cooperació d'educació d'adults), referència 89749-CP-1-2001-1-FR-GRUNDTVIG-G1PP.

Referències

MAZUR, E., *Peer instruction: a user's manual*, Prentice-Hall (Upper Saddle River, NJ, 1997). Per a més informació consulteu http://galileo/harvard.edu.

MARTÍNEZ, F., *Curs ICE-UB: UB2003/33 Elaboració d'exercicis d'autoavaluació amb* Hot Potatoes, Per a més informació consulteu http://web.uvic.ca/hrd/halfbaked.