

TICAI 2007

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editado por

Martín Llamas Nistal

(Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

Carlos Vaz de Carvalho

(Capítulo Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE)

Carlos Rueda Artunduaga

(Capítulo Colombiano de la Sociedad de Educación del IEEE).

TICAI2007: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería.

© IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español, Portugués y Colombiano

Impreso Julio 2008

Servicio Publicaciones Teleco Vigo, España.

ISBN: 978-84-8158-380-9

INDICE

	Introducción de los Editores	i
	Introdução dos Editores	iii
	Editors' Introduction	v
	Consejo Editorial	vii
1	Análise de Interacções e Participações em Fóruns Online por Recurso a Métodos de Análise de Redes Joanne B. Laranjeiro e Álvaro R. Figueira	1
2	Ambiente Virtual de Aprendizagem num Contexto de b-learning Nídia Salomé Morais e Isabel Cabrita	9
3	Una Ontología para el Dominio de Evaluación del Aprendizaje Lucila Romero e Horacio P. Leone	17
4	Aplicação do Processo de Avaliação pelos Pares da Comunicação Empresarial Via Web Paula Peres e Pedro Pimenta	25
5	Entorno Interactivo basado en Instrumentación Virtual para el Aprendizaje de Servosistemas Iñigo J. Oleagordia Aguirre, José I. San Martín Díaz, e Iñigo Aguirre Porturas	31
6	Sistema Multimedia para el Aprendizaje de Teoría de Circuitos Iñigo J. Oleagordia Aguirre, José J. San Martín Díaz, e Iñigo Aguirre Porturas	39
7	Una herramienta CASE para la mejora de la enseñanza de la ingeniería del software Cèsar Ferri, Emilio Insfran y Adrián Fernández	47
8	Técnicas de Experimentación en la Enseñanza de Métodos de Estimación de Software Sílvia Abrahão y Emilio Insfran	53
9	Scalev: Herramienta Software para la Evaluación de Algoritmos de Scheduling Luis de la Cruz, <i>Member, IEEE</i> y Emilio Sanvicente	59

10	Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politécnica de Valencia Susana Martínez Naharro, Pilar Bonet Espinosa, Pilar Cáceres González, Fernando Fargueta Cerdá, y Eloïna García Félix	67
11	Nativos digitales y modelos de aprendizaje Felipe García, Javier Portillo, Jesús Romo, y Manuel Benito	73
12	Requerimientos de una Simulación en Entornos no Presenciales y Asíncronos: Implementación con Scilab y Matlab J. Cuartero, A. Pérez-Navarro, E. Santamaría, J.A. Morán, R. Beneito, F. Giménez, L. Porta, M. Serra	81
13	Oscilador de microondas por generación de armónicos para facilitar el aprendizaje de circuitos de alta José Luis Gómez Tornero, <i>Member, IEEE</i> , Mónica Moragón Serrano, David Cañete Rebenaque, <i>Member, IEEE</i> , Fernando Quesada Pereira, <i>Member, IEEE</i> , Alejandro Álvarez Melcón, <i>Member, IEEE</i>	87
14	Caracterização semântica e pragmática de objectos educativos em repositórios Isabel S. Azevedo, Eurico M. Carrapatoso, e Carlos M. Vaz de Carvalho	95
15	Sistema de Edición y Evaluación de Exámenes David Estévez Villaverde, y Martín Llamas Nistal, <i>Senior Member, IEEE</i>	101
16	Reorganização de um Curso Técnico em Edificações com base na Utilização de um Modelo de Agentes Glaucius Décio Duarte, Antônio Carlos da Rocha Costa, e Mara Lúcia Fernandes Carneiro	109
17	GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais Ana Grasielle D. Corrêa, Gilda A. Assis, Marilena do Nascimento e Roseli D. Lope	115

18	Proposta de um Sistema Multi-agentes para a aplicação de Objetos Inteligentes de Aprendizagem seguindo o padrão SCORM Júlia Marques Carvalho da Silva, Natanael Bavaresco, Ricardo Azambuja Silveira	121
19	Um objeto de aprendizagem para o ensino de química geral Mara B. C de Araujo, Suzana T. Amaral, Tania D. M. Salgado, José C. Del Pino; Bruno dos S. Pastoriza, Alessandra F. M. Rosa	127
20	Aprender Ciencia Jugando Videojuegos Jaime H. Sánchez	135
21	ROODA Exata – Editor de Fórmulas Científicas Integrado a uma Plataforma de Educação a Distância Márcia Rodrigues Notare, Patrícia Alejandra Behar	143

Introducción de los Editores

Desde el CTAE (Comité Técnico, de Acreditación y Evaluación) del CESEI (Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE), y bajo la cobertura de la Red temática del CESEI (financiada por el Ministerio Español de Educación y Ciencia mediante la acción complementaria TSI2005-24068-E), y con la colaboración de los Capítulos Portugués y Colombiano de la Sociedad de la Educación del IEEE, lanzamos el segundo tomo de TICAÍ (TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería).

TICAÍ 2007 recoge las aportaciones más significativas realizadas en los congresos más importantes de habla española y portuguesa en el ámbito de la Sociedad de la Educación del IEEE durante el año 2007.

Dicho ámbito se centra en la investigación y aplicaciones tecnológicas a la educación, y comprende desde el diseño e investigación sobre nuevas herramientas, materiales y técnicas que faciliten la enseñanza/aprendizaje hasta las aplicaciones, métodos pedagógicos y experiencias concretas de uso de estas nuevas técnicas y herramientas. Todo ello enfocado principalmente a la enseñanza/aprendizaje de las disciplinas propias del entorno del IEEE, que suelen ser fundamentalmente las áreas de Ingeniería Eléctrica, Tecnología Electrónica, Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Informática.

Así pues los capítulos de este libro habrán pasado dos revisiones, por una parte la del propio congreso y después una segunda elección sobre los artículos aceptados dentro del congreso. Para ello hemos contado con destacados miembros de cada uno de los Comités de Organización o de Programa de los respectivos congresos.

Los trabajos han sido seleccionados de los siguientes congresos:

- V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, Challenges 2007
- 2da Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, CISTI2007
- SAAEI07 (Seminario Anual de Electrónica, Electrónica Industrial e Instrumentación 2007)
- SINTICE 2007 (Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación)
- JITEL 2007 (Jornadas de Ingeniería Telemática 2007)
- SPDECE07 (IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables)
- URSI2007 (Symposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio)
- SIIE 2007 (Simposio Internacional de Informática Educativa 2007)
- X Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação 2007.
- XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2007)
- TISE 2007 (Taller Internacional de Software Educativo 2007)

Queremos así, desde la Sociedad de Educación del IEEE, y concretamente desde los Capítulos Español, Portugués y Colombiano, contribuir con la selección y difusión de estos mejores trabajos al mejor conocimiento de la comunidad iberoamericana en el ámbito de la aplicación de la tecnología a la enseñanza/aprendizaje centrado en la ingeniería, y por lo tanto a un incremento general de la excelencia en las publicaciones en los respectivos congresos.

Martín Llamas Nistal (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)
Carlos Vaz de Carvalho (Capítulo Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE)
Carlos Rueda Artunduaga (Capítulo Colombiano de la Sociedad de Educación del IEEE).
Editores de TICA I 2007

Introdução dos Editores

O CTAE (Comité Técnico de Acreditação e Avaliação) do CESEI (Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE), no âmbito da Rede Temática do CESEI (financiada pelo Ministério Espanhol de Educação e Ciências, através da acção complementar TSI2005-24068-E) e com a colaboração dos Capítulos Português e Colombiano da Sociedade de Educação do IEEE, lança agora o segundo volume TICAÍ (TICs para a Aprendizagem da Engenharia).

Este volume, TICAÍ 2007, recolhe as contribuições mais significativas dos melhores congressos de língua Espanhola e Portuguesa no âmbito da Sociedade de Educação do IEEE durante o ano de 2007.

Esse âmbito centra-se na investigação e aplicações da tecnologia na educação e engloba o desenho e investigação de novas ferramentas, materiais e técnicas que facilitem o ensino/aprendizagem e aplicações, métodos pedagógicos e experiências concretas de uso destas novas técnicas e ferramentas. Tudo com um enfoque particular no ensino/aprendizagem das disciplinas próprias do IEEE, fundamentalmente nas áreas da Engenharia Electrotécnica, Tecnologia Electrónica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Informática.

Assim, os capítulos deste livro passaram pelo crivo apertado de duas revisões: primeiro do próprio congresso e depois uma segunda selecção de entre os artigos aceites para o congresso. Para esse processo, contamos com membros destacados de cada um dos Comités de Organização ou de Programa dos respectivos congressos.

Os trabalhos foram seleccionados dos seguintes congressos:

- Challenges 2007 (V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação)
- CISTI 2007 (2a Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información)
- SAAEI07 (Seminario Anual de Electrónica, Electrónica Industrial e Instrumentación 2007)
- SINTICE 2007 (Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación)
- JITEL 2007 (Jornadas de Ingeniería Telemática 2007)
- SPDECE07 (IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables)
- URSI2007 (Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio)
- SIIE 2007 (Simposio Internacional de Informática Educativa 2007)
- X Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação 2007.
- SBIE 2007 (XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação)
- TISE 2007 (Taller Internacional de Software Educativo 2007)

Queremos assim, através da Sociedade de Educação do IEEE, e concretamente através dos Capítulos Espanhol, Português e Colombiano, contribuir, graças à selecção e difusão destes excelentes trabalhos, para um melhor conhecimento da comunidade ibero-americana no âmbito da aplicação da tecnologia no ensino/aprendizagem centrado na Engenharia, e, em consequência, um aumento geral da qualidade das publicações nos respectivos congressos.

Martín Llamas Nistal (Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE)

Carlos Vaz de Carvalho (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)

Carlos Rueda Artunduaga (Capítulo Colombiano da Sociedade de Educação do IEEE)

Editores de TICA I 2007

Editors' Introduction

From CTAE (Technical Committee of Accreditation and Evaluation), CESEI (IEEE Education Society Spain Chapter) and CESEI Thematic Network (sponsored by the Spanish Ministry of Education and Science, through the complementary action TSI2005-24068-E), and with the support of the IEEE Education Society Chapters in Portugal and Colombia, we want to present to you, the second volume TICA I (TICs applied to teaching of Engineering).

TICA I 2007 compiles the best articles and technical papers of this year, with the more significant papers presented in the most important congresses and seminars organized in Latin America, Spain and Portugal within the IEEE Education Society Scope.

This scope is centered on research, design and development of new technological tools, materials and techniques oriented to educational activities, which support the teaching/learning activities. Also, it is centered on application of pedagogical methods and experiences on using this kind of tools, which are main areas of Electrical Engineering, Electronics Technology, Telecommunications Engineering and Informatics Engineering.

The different chapters of this book have two different revisions, one made by the peers of these congresses and seminars, and the other one made by the editorial committee. In this way, we have the support of outstanding members of the academic committees of these congresses.

The selected papers were part of the following events:

- V International Congress of Communication and Information Technologies in Education, Challenges 2007
- 2nd Iberoamerican Congress of Systems and Information Technologies – CISTI 2007
- SAAEI07 (Annual Seminar of Electronics, Industrial Electronics and Instrumentation 2007)
- SINTICE 2007 (National Symposium of Communication and Information Technologies in Education)
- JITEL 2007 (Journals of Telecommunications Engineering 2007)
- SPDECE07 (IV Multidisciplinary Symposium on Design, Evaluations and Educational Reusable Content)
- URSI2007 (National Symposium of the International Radio Scientific Union)
- SIIE 2007 (International Symposium of Educational Informatics 2007)
- X Symposium in new Educational Technologies
- XVIII Brazilian Symposium of Educational Informatics (SBIE 2007)
- TISE 2007 (International Workshop of Educational Software 2007)

The IEEE Education Society (Spain, Portugal and Colombia Chapters) want to contribute with the selection and publication of the best papers, to bring the best knowledge on application and research of teaching/learning processes to our

Iberoamerican community; centered on engineering, in order to increase the general quality in these congresses and events.

Martín Llamas Nistal (IEEE Education Society - Spain Chapter)

Carlos Vaz de Carvalho (IEEE Education Society - Portugal Chapter)

Carlos Rueda Artunduaga (IEEE Education Society - Colombia Chapter)

Editors, TICA I 2007

Consejo/Conselho Editorial

Martín Llamas Nistal, Universidade de Vigo, España (Presidente y Co-editor)
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal (Co-editor)
Carlos Rueda Artunduaga, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia (Co-editor)
Manuel Castro Gil, UNED, España
Edmundo Tovar Caro, UPM, España
Lidia Fuentes Fernández, Universidad de Málaga, España
Ricardo Silveira, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Jaime Sánchez, Universidad de Chile, Chile
Isabel Fernández Castro, Universidad del País Vasco, España
Iñigo J. Oleagordia Aguirre, Universidad del País Vasco, España
Jorge Hugo Calleja Gjumlich, CENIDET, México
Margarita Cabrera Bean, UPC, España
Silvestre Rodríguez Pérez, Universidad de la Laguna, España
Jesús Romo Uriarte, Universidad del País Vasco, España
Manuel Benito Gómez, Universidad del País Vasco, España
Paulo Dias, Universidade do Minho, Portugal
António José Osório, Universidade do Minho, Portugal
Álvaro Rocha, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Maria José Marcelino, Universidade de Coimbra, Portugal
Manuel Ortega Cantero, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Antonio José Mendes, Universidade de Coimbra, Portugal
Baltasar Fernández Manjón, Universidad Complutense de Madrid, España

Capítulo 1

Análise de Interacções e Participações em Fóruns Online por Recurso a Métodos de Análise de Redes Sociais

Joanne B. Laranjeiro e Álvaro R. Figueira

Title—Analysis of interactions and participations in online discussion forums using Social Network Analysis methods.

Abstract—Discussion forums are presently one of the most important tools in assisting distance education. Web learning is accomplished by using these communication tools and, particularly, by the interactions that take place in these settings. Therefore, students' participations in a discussion forum, the frequency and the way they participate, the types of interactions that they create with their colleagues and with the professor, can and should be analyzed in order to fully understand the group and, consequently, allow a more efficient and student focused education. In this article, we demonstrate a semi-automatic process of characterizing the interactions and discussion participations that take place in discussion forums. In order to accomplish this, we defined a set of indicators, numerically calculated, that describe interactions in a forum and we also suggest a number of graphical representations of these interactions. Using these tools, we analyzed a total of six discussion forums and reached results that describe their participants, according to the centralization of information, the density and intensity of interactions, and yet the quality of forum moderation.

Keywords—discussion forums, social network analysis

Resumo—Os fóruns de discussão constituem, actualmente, uma das mais importantes ferramentas de auxílio ao ensino a distância. A aprendizagem em Rede consolida-se na utilização destas ferramentas de comunicação e, particularmente, nas interacções que se desenrolam nestes ambientes. Logo, a participação dos estudantes em fórum, a frequência e a forma

como o fazem, os tipos de interacção que estabelecem com os seus pares e com o professor podem e devem ser analisados para que melhor se possa conhecer o grupo e, em última análise, oferecer um ensino mais eficiente e direccionado e centrado no aluno. Neste artigo apresentamos um processo semi-automático para caracterizar os processos de interacção entre actores e as suas participações em discussões. Para tal, definimos um conjunto de indicadores, calculados numericamente, que traduzem as interacções nestes espaços e de seguida, propomos uma série de representações gráficas dessas mesmas interacções. Utilizando estas ferramentas, analisámos um conjunto de seis fóruns e obtivemos resultados que caracterizam os seus intervenientes relativamente à centralização da informação, a densidade e intensidade das interacções, e, também, a qualidade da moderação realizada naqueles fóruns.

Palavras-chave—fóruns de discussão online, análise de redes sociais

I. INTRODUÇÃO

ACTUALMENTE, as mais importantes plataformas de Gestão da aprendizagem (*Learning Management Systems* – LMS) possuem funcionalidades ou módulos para implementar actividades de discussão assíncrona *online*, normalmente chamados de “fóruns de discussão *online*”, ou, simplesmente, “fóruns”. Esta ferramenta de comunicação possibilita um encadeamento de mensagens publicadas pelos participantes, diferidas no tempo e organizadas de acordo com temas distintos [5]. Os fóruns de discussão são espaços privilegiados no Ensino *Online*, revelando-se instrumentos capazes de fornecer ao professor dados importantes acerca das especificidades do grupo ou de cada participante. Assim, de modo a explorar em que circunstâncias a construção de conhecimento é criada e estimulada nestes ambientes, acreditamos que a análise das interacções entre professor-aluno ou entre os alunos que utilizam estas ferramentas será indispensável para a concretização de uma avaliação

Este trabalho foi apresentado originalmente na V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, Challenges 2007, nos dias 17 e 18 de Maio de 2007.

J. Brás Laranjeiro está com a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre, 823, 4150-180 Porto, Portugal. Telefone: +351 220 402 000; Fax: +351 220 402 009; e-mail: jlaranjeiro@dcc.fc.up.pt.

Á. Reis Figueira está com o Departamento de Ciências dos Computadores, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre, 1021/1055, 4169-007 Porto, Portugal. Telefone: +351 220402932; Fax: +351 220402950; e-mail: arf@dcc.fc.up.pt.

apropriada. Nos LMS mais conhecidos¹ é normalmente possível efectuar uma análise geral dos contributos publicados nos fóruns de discussão, permitindo, por exemplo, calcular o número de acessos ou o número de mensagens publicadas. Contudo, quando o professor pretende uma avaliação mais completa e rigorosa das interacções do grupo, das suas formas de relacionamento ou até da intensidade e do grau de participação, os instrumentos existentes são claramente insuficientes e pouco funcionais para utilizar com grupos de média e grande dimensão.

Neste sentido, propomos um método baseado num conjunto de indicadores numéricos e de representações gráficas que poderão complementar as interpretações sobre os comportamentos dos intervenientes nestes contextos. No trabalho aqui apresentado, aplicamos a Análise de Redes Sociais Online (ARSO) a um conjunto de fóruns de discussão online, fazendo notar que esta proposta não substitui uma análise qualitativa dos discursos produzidos nestes fóruns de discussão, tratando-se, antes, de um instrumento auxiliar e complementar a outras metodologias aplicadas. Importará, assim, sublinhar que a análise das dinâmicas das interacções em cenários educativos online não se esgota com a aplicação desta metodologia.

Num apontamento sobre a notação utilizada no domínio da Análise de Redes Sociais (ARS), salientamos os elementos básicos de uma Rede Social. Esta é constituída por um grupo de actores que se relacionam entre si com um fim específico e caracteriza-se pela existência de fluxos de informação entre eles. A representação ilustrativa da rede é designada por **Grafo** (*G*) que é composto por dois elementos básicos: uma colecção de **Vértices** (*V*) ou **actores**, isto é, as pessoas ou grupos de pessoas que compõem a rede; um conjunto de **Ramos** (*R*) ou as ligações que existem entre dois ou mais vértices, representadas com linhas. Num grafo direccionado, os Ramos são designados por **Arcos** (*A*), contendo linhas com uma seta indicadoras do sentido, podendo ser unidireccionais ou bidireccionais; diz-se que um actor está **solto** na rede quando não tem qualquer tipo de Ramo.

Um dos aspectos centrais, quando nos situamos na ARS, é a ênfase nas relações entre os sujeitos estudados. É precisamente neste ponto que reside a diferença essencial entre os dados tradicionais das ciências sociais e os de ARS: na primeira situação, estudam-se os atributos dos indivíduos e na segunda, a análise recai nos atributos de pares de indivíduos [8], [3].

Relativamente à vertente empírica deste estudo, os dados utilizados foram obtidos através das mensagens produzidas em seis fóruns de discussão, durante um evento de Formação Contínua, com a duração de dez dias, e que decorreu exclusivamente em regime online. A análise convergiu apenas nas principais áreas de discussão que foram propostas durante o evento, não contemplando, nesta fase, os espaços destinados ao esclarecimento de dúvidas ou as denominadas “áreas sociais”. Numa primeira análise foram estudadas as

interacções² ocorridas nos fóruns de discussão, de acordo com a relação “responde a” e, posteriormente, foram analisadas as participações³ nas discussões promovidas no âmbito destes fóruns. Para tal, foi utilizado o Ucinet [4] para criar as matrizes e calcular os indicadores que nos pareceram mais adequados a esta realidade e o NetDraw [2] para ilustrar graficamente as redes de interacção.

II. DISPOSIÇÃO MATRICIAL DE DADOS E ILUSTRAÇÃO POR GRAFOS

A. Grafo de Interações

Os dados de origem de ARS consistem, habitualmente, numa disposição matricial de medidas, onde as linhas são os actores ou observações, e as colunas, os mesmos actores ou observações. Nas células é registada a relação entre os actores, neste caso em estudo, o grupo de participantes nos fóruns de discussão do evento anteriormente referenciado. Quando efectuamos uma leitura desta matriz, se observarmos as linhas, comparam-se os actores relativamente às suas escolhas, lendo as colunas, comparam-se os actores enquanto escolhidos pelos outros.

O primeiro passo do processo de análise consiste na construção da matriz das interacções entre os actores. Fazemos notar que esta matriz será necessariamente quadrada mas não simétrica, isto é, a célula (*i,j*) não será necessariamente igual à célula (*j,i*).

A contabilização das respostas enviadas e recebidas inicia-se a partir da primeira mensagem de resposta a uma discussão, ou seja, num fórum com uma disposição hierárquica das mensagens, esta contabilização é feita a partir do nível 1 (no Quadro 1, a única mensagem de nível 0 foi colocada por A).

QUADRO 1
FÓRUM COM DISPOSIÇÃO HIERÁRQUICA DE MENSAGENS

0	1	2	3
A			
	C		
		D	
		A	
			C
			D
			E
		D	
		E	

Ao registar a relação “responde a”, inserimos as vezes que um actor responde a outro, de modo a que (*i,j*) > 0, se *i* responde a *j*; e (*i,j*) = 0, se não responde. Por exemplo, no Quadro 1, se estivermos a analisar por linha, B responde a A 2 vezes e se estivermos a ver por coluna, B é respondido por A, 0 vezes.

QUADRO 2
MATRIZ DE REGISTO DE INTERACÇÕES

¹ Moodle, WebCT, BlackBoard, Sakai.

² Entende-se por “interacção” o acto de publicar uma resposta ao autor de uma mensagem.

³ Entende-se por “participação num discussão” o acto de publicar uma mensagem numa discussão.

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	0	1	0	1	1	1
B	2	0	0	0	0	0	0
C	5	0	0	0	0	0	0
D	4	0	1	0	0	0	0
E	4	0	0	0	0	0	0
F	3	0	0	0	0	0	0
G	4	0	0	0	0	0	0

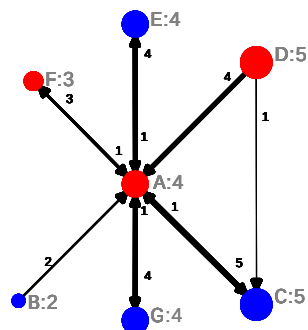


Fig. 1 Grafo da rede de interações

Através dos dados apresentados na matriz do Quadro 2, obtemos o grafo da Fig. 1. Mas, de modo a auxiliar na sua interpretação, importa reter alguns dados sobre esta ilustração:

Vértices

- Estão legendados com a designação do respectivo actor;
- Estão diferenciados por cor, de acordo com o atributo “género” (vermelho para feminino e azul para masculino);
- Estão, também, diferenciados por tamanho, de acordo com o número de mensagens publicadas (vértices maiores representam maior número de mensagens publicadas). Optámos, ainda, por inserir na legenda este número, segundo a codificação Actor:<#mensagens>.

Arcos

- A grossura das linhas que unem os vértices está diferenciada de acordo com o número de respostas, sendo mais grossas quando dois actores trocam maior número de respostas.

Uma vez que estamos perante um grafo direccionado, onde existem arcos unidireccionais e bidireccionais, e de modo a visualizar se a troca de respostas entre dois actores ocorre equitativamente, os arcos encontram-se legendados com o *peso* destas respostas, de tal forma que o número de respostas enviadas é aquele situado mais próximo do vértice. Por exemplo, na Fig. 1, E envia 4 respostas a A e A envia 1 resposta a E.

B. Redes de 2-Modos

Como foi mencionado anteriormente, a ARS reporta-se ao estudo de relações entre indivíduos, sendo os seus dados registados numa matriz quadrada. Este tipo de matriz designa-se por uma matriz de “1-Modo”. Contudo, também é possível

construir o que se designa por uma matriz de 2-Modos. Apesar dos dados tradicionais das ciências sociais serem concebidos por estas matrizes rectangulares, de “2-Modos”, estes nem sempre estão dissociados daqueles utilizados em ARS [3]. Frequentemente, as redes de 2-Modos integram dois conjuntos de vértices, um designado por “eventos” e o outro assinalando os “actores”. Um outro aspecto essencial nestas redes é o facto de não se registarem as relações entre actores ou relações entre eventos [7]. Neste caso, uma matriz actor-actor regista os actores que partilham eventos e a matriz evento-evento contém os registos dos eventos que partilham actores.

Demonstrando com um caso prático das situações que relatamos nesta comunicação, as participações numa discussão são registadas numa matriz de tal forma que a célula $(i,j) > 0$ se o actor i participa na discussão j , e $(i,j) = 0$, se não participa. Utilizando um exemplo do Quadro 3, o actor E participa 3 vezes na discussão D1:C e 4 vezes na discussão D3:C (vendo as linhas). Mas, observando as colunas, D2:B obteve 3 participações de um actor (C).

QUADRO 3
MATRIZ DE PARTICIPAÇÕES EM DISCUSSÕES

	D1:C	D2:B	D3:C
A	3	0	0
B	2	0	1
C	1	3	2
D	0	0	1
E	3	0	4

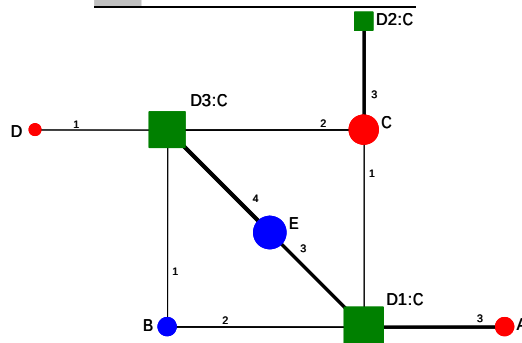


Fig. 2 Grafo de participações em discussões

A representação ilustrativa da rede destes dados resulta no grafo da Fig. 2. No entanto, destacamos algumas diferenças do grafo apresentado anteriormente:

Vértices

- São constituídos por dois conjuntos: o conjunto (Q) das discussões (representadas por quadrados) e o conjunto dos actores (C) que participam nelas (representados por círculos). Logo os vértices deste novo tipo de grafo G são dados por $V = Q \cup C$.
- Diferenciamos igualmente os actores pelo seu género – vermelho feminino, azul masculino.
- As legendas dos círculos assinalam o actor correspondente. Já nos quadrados, a sua legenda corresponde à designação da discussão e por quem foi

iniciada, segundo a codificação “Discussão:Actor”.

- Definimos, também, o tamanho dos vértices de acordo com o número de participações (nas discussões e dos actores).

Ramos

- As linhas que unem os vértices estão diferenciadas segundo o número de participações de um actor numa discussão ou o número de participações que uma discussão recebe de um actor, de tal forma que as linhas apresentam uma espessura mais grossa quando existe um maior número de participações. Por exemplo, se estivermos a observar a partir das discussões, D3:C regista um maior número de participações do actor E (4).

III. INDICADORES NUMÉRICOS: DENSIDADE, GRAU DE CENTRALIDADE E ÍNDICE DE CENTRALIZAÇÃO

Segundo [6], muitos Sociólogos argumentam que a existência de *Poder* numa rede é uma das propriedades fundamentais das estruturas sociais. No entanto, os mesmos autores referem que os analistas de redes sociais empregam preferencialmente o termo “centralidade” em vez de “poder”. No nosso estudo, por uma questão de maior proximidade semântica, iremos também utilizar este conceito pretendendo que possa também ser entendido como “influência”.

[9] explica a evolução da definição de centralidade e o aparecimento de diferentes abordagens que têm originado concepções pouco consensuais entre os especialistas. Contudo, o autor converge a análise da centralidade de uma rede numa perspectiva global e local. A centralidade local é definida pela existência de um vértice com maior número de ligações aos restantes (Grau de Centralidade). Já a centralidade global posiciona um vértice no centro da rede (Índice de Centralização). Logo, utilizamos o termo centralidade quando nos referimos aos vértices de forma individualizada e centralização para determinar as propriedades do grafo no seu todo.

Outro indicador frequentemente utilizado na ARS é a Densidade, que revela a proporção de ligações existentes entre os vértices. Diz-se que o grafo está *completo* quando cada vértice está ligado aos restantes. Assim, a Densidade determina a distribuição destas ligações no grafo e até que ponto está próximo de ser um grafo completo. [9]. [6] acrescentam ainda que numa rede com Densidade elevada, existirão mais condições para a predominância de actores influentes ou com Índice de Centralização mais elevado. No entanto, é preciso fazer notar que podemos estar perante uma rede com Densidade elevada e pouco centralizada, quando os papéis dos actores estão equitativamente distribuídos ou, até o inverso, se estivermos perante uma Densidade baixa e existir grande centralização em torno de um actor.

A ARS recorre, ainda, a outros indicadores. Contudo, para efeitos desta comunicação, e dada a natureza dos dados com que estamos a trabalhar, optou-se por efectuar uma selecção daqueles mais pertinentes para o estudo de interacções *online* em fóruns de discussão.

A. Densidade da Rede

De acordo com [3], a Densidade de uma rede é um dos seus atributos fundamentais. Este indicador mostra, em percentagem, a alta ou baixa conectividade de uma rede e é definido como a proporção entre as ligações presentes e todas as ligações possíveis. Num grafo direccionado, o cálculo da Densidade (D) é feito através da soma dos arcos existentes a dividir pelo número de arcos possíveis (AP), sendo que $AP = |V| \times (|V| - 1)$. Os resultados deste indicador podem fornecer algumas noções acerca da intensidade com que a informação circula na rede, na medida em que níveis altos de conectividade significam que os actores estabelecem mais ligações dentro daquelas possíveis, existindo, então, uma maior distribuição e circulação de informação [6], [1].

Contudo, em redes de 2-Modos, uma vez que não se estabelecem ligações entre os vértices de um mesmo conjunto, o número máximo de ligações possíveis obtém-se quando todos os vértices num conjunto estão ligados a todos os vértices do outro. Temos, portanto, que se $|Q| = q$ e se $|C| = c$, então o número máximo de ramos é de $q \times c$. Neste artigo, recorreremos sempre a este máximo quando nos estivermos a referir a este tipo de redes.

B. Grau de Centralidade

Ao contrário do indicador anterior, o Grau de Centralidade (GC) remete para uma análise individual dos actores. [6] definem o Grau de Centralidade como o número de ramos existentes entre um vértice e os outros aos quais está directamente ligado. O valor máximo de centralidade que um actor pode obter é $|V| - 1$. Os actores que apresentarem valores mais elevados neste indicador poderão caracterizar-se por serem mais autónomos e menos dependentes de outros nós. Este indicador divide-se, ainda, em Grau de Entrada (GCE), isto é, a soma do número de arcos dirigidos para o vértice e Grau de Saída (GCS), a soma do número de arcos dirigidos do vértice aos outros, dependendo, portanto, da direcção dos arcos. Se estivermos a observar os dados registados na matriz, o GCE diz respeito à informação que se encontra nas colunas e o GCS às linhas. Os mesmos autores explicam que o GCS situa os actores enquanto fontes de informação e o GSE enquanto receptores de informação, acrescentando, ainda, que os actores com um GCS mais elevado terão tendência a serem mais influentes, conseguindo trocar informação com os outros, fazendo ver os seus pontos de vista. Por outro lado, aqueles que apresentarem valores mais baixos terão menos propensão para tal. Já os valores do GCE indicam os actores mais populares ou com mais prestígio, visto que os outros procuram direccionar-lhes informação.

Em redes de 2-Modos, o número de eventos aos quais um actor está ligado define o GC deste actor, e o número de actores aos quais um evento está ligado expressa o GC deste evento. Nestas redes, um vértice terá como máximo GC possível o total de vértices no conjunto oposto.

C. Índice de Centralização

O Índice de Centralização (IC) é um indicador de análise da rede global e é expresso em percentagem. Caracteriza-se pela existência de um actor que exerce um papel claramente central, ao estar ligado a todos os vértices. Na Fig. 3, denominada uma Rede em Estrela, podemos observar que todos os vértices, menos um, têm GC de 1 e o actor central (A) tem GC de 4. Assim, dizemos que uma Rede em Estrela apresenta um IC de 100%. Neste indicador, também podemos distinguir os Índices de Centralização de Saída (ICS) e de Entrada (ICE). Valores baixos neste indicador revelam a ausência de actores claramente centrais, como é o caso da Fig. 4.

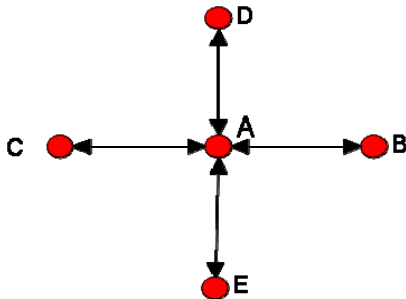


Fig. 3 Rede em Estrela (Índice de Centralização de 100%)

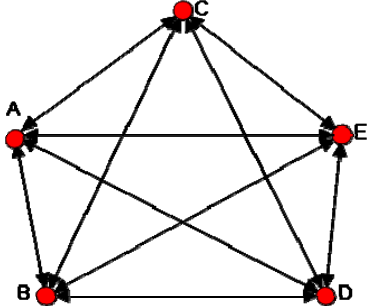


Fig. 4 Rede com Índice de Centralização de 0%

O cálculo do IC obtém-se somando as diferenças entre o GC do vértice mais central (aquele com GC mais elevado) e o GC dos restantes vértices. Depois, é necessário calcular o Máximo que uma rede com a mesma dimensão pode obter para ser uma Rede em Estrela (ter IC de 100%). Numa Rede em Estrela, o vértice central tem GC igual ao número total de vértices menos 1 e os restantes vértices têm GC igual a 1. Por um raciocínio simples, chega-se à conclusão que esse máximo, para qualquer rede de tamanho n , é sempre obtido em Redes em Estrela de tamanho n . Este indicador calcula-se através da seguinte fórmula (1):

$$IC = \frac{\sum [c_* - c_i]}{\max \sum [c_* - c_i]} \quad (1)$$

Na fórmula apresentada para calcular o IC, c_* representa o vértice com GC mais elevado e c_i o GC dos restantes vértices. Recordando o exemplo da Fig. 1, o actor A é o mais central, logo, $(6-1) + (6-2) + (6-2) + (6-1) + (6-1) + (6-1) = 28$ e o máximo obtido por uma Rede em Estrela deste tamanho é $(6-1) + (6-1) + (6-1) + (6-1) + (6-1) + (6-1) = 30$. Daqui resulta o IC desta rede, que é 93%.

Para calcular os ICE e ICS, utilizamos os respectivos GCE ou GCS. Por exemplo, para determinar o ICS do grafo na Fig. 1, efectuamos a soma das diferenças entre o GCS mais elevado (o vértice A, com GCS de 4) e os GCS dos restantes vértices: $(4-2) + (4-1) + (4-1) + (4-1) + (4-1) + (4-1) = 17$. O máximo GCS que um actor numa rede onde existem 7 actores pode obter é 6 (número de vértices da rede menos 1). Logo, se multiplicarmos este resultado pelo número de vértices menos 1, chegamos a 36 (6×6). Assim, obtemos um resultado de 47% no ICS desta rede.

IV. ANÁLISE RETICULAR DOS FÓRUNS DE DISCUSSÃO

Num primeiro apontamento sobre a ARSO que efectuámos, salientamos que a análise dos fóruns de discussão foi realizada por intermédio de três parâmetros: os grafos relativos às interações que se desenvolvem em cada um dos 6 fóruns de discussão, segundo a relação “Responde a”; os grafos relativos à análise da rede na perspectiva de 2-Modos, onde situamos a análise ao nível das participações que ocorrem nas discussões de cada fórum, de acordo com a relação “Participa na discussão”; finalmente, no conjunto de indicadores numéricos.

A. As Interações nos Fóruns de Discussão

No grafo da Fig. 5 estão representadas as interações que ocorreram no conjunto dos seis fóruns de discussão. Numa primeira interpretação destes resultados, no grafo que engloba todos os fóruns, desde já, podemos identificar algumas situações: estamos perante uma rede onde as ligações se estabelecem com alguma intensidade; existe um conjunto de actores que publica um maior número de mensagens (D, A e F); o actor F é aquele que estabelece o maior número de ligações com os restantes (12 de 15 possíveis) e, verifica-se um troca de respostas em maior quantidade entre alguns actores (D e C e A e C). Por outro lado, também conseguimos distinguir actores com menos mensagens publicadas (B, I, O, K, H, J e P) que consequentemente são aqueles que menos interagem (enviam ou recebem respostas).

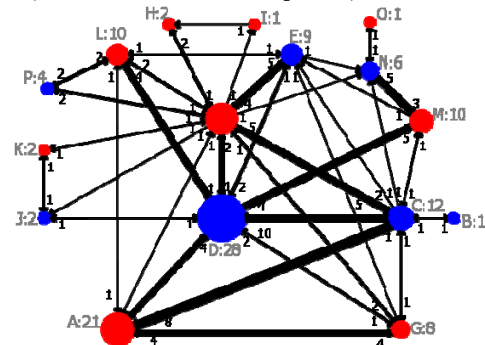


Fig. 5 Grafo das interações no conjunto dos 6 fóruns

As figuras que se seguem (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11) constituem os grafos que ilustram as interações desenvolvidas nos seis fóruns utilizados no decorrer do evento a que nos referenciamos no início deste artigo (F1 a F6).

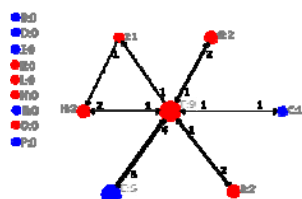


Fig. 6 Grafo de interações: F1

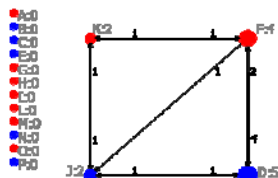


Fig. 7 Grafo de interações: F2

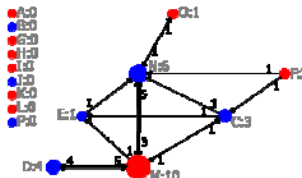


Fig. 8 Grafo de interações: F3

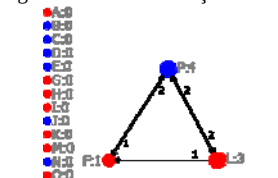


Fig. 9 Grafo de interações: F4

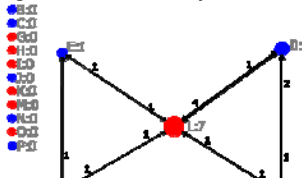


Fig. 10 Grafo de interações: F5

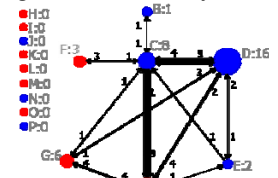


Fig. 11 Grafo de interações: F6

No que respeita aos resultados dos indicadores numéricos, o valor obtido na **Densidade** dos seis fóruns foi de 27%. Apesar de estarmos perante uma rede onde já existe alguma conectividade, o seu valor ainda baixo, explicar-se-á pela existência de 8 actores com GC inferior a 4, ou seja, metade dos actores na rede, estabelece um número reduzido de ligações com os restantes.

Quanto à Densidade de cada fórum (Quadro 4), optámos por diferenciar estes resultados: um utilizando apenas as ligações existentes e outro para a rede no seu global (que inclui os vértices sem qualquer tipo de ligação). Deste modo, o seu uso dependerá do interesse numa análise de toda a rede ou apenas das ligações efectivas. Sem os actores *soltos*, os valores obtidos neste indicador são maioritariamente elevados. F4 sobressai, com maior Densidade (83%), não obtendo o resultado máximo apenas porque F não direcciona uma resposta a L. Quando contabilizamos todos os actores, os resultados diferem substancialmente. De um modo geral, em cada fórum, encontramos níveis baixos de Densidade, sendo o mais elevado o de F6 (8%).

No conjunto dos seis fóruns analisados, o actor F obteve os resultados mais elevados, tanto no **GC**, como no **GCS** e **GCE**. O Quadro 5 apresenta os actores que obtiveram os resultados mais elevados de GC em cada fórum.

QUADRO 4
RESULTADOS DE DENSIDADE

Fórum	Densidade	
	Rede completa	Participantes activos
F1	5%	29%
F2	4%	25%
F3	6%	33%
F4	2%	83%
F5	5%	55%
F6	8%	48%

Em cada fórum existia um moderador, à excepção do F6, com dois moderadores: F no F1; J no F2; M no F3; P no F4; L no F5; C e A no F6. Ao analisar os resultados dos GC aferimos um dado interessante que se prende com o papel dos moderadores de cada fórum. No F1, F2, F5 e F6, os moderadores obtiveram o GC mais elevado, ou seja, são os moderadores que interagem com mais actores nestes fóruns. Por outro lado, o mesmo não ocorre no F3, onde N obteve GC mais elevado do que M e no F4, onde todos os actores apresentam o mesmo GC.

QUADRO 5
ACTORES COM GC MAIS ELEVADO

Fórum	GC	GS	GI
F1	F	F	F
F2	F,J	F	J
F3	N	M	N
F4	F,L,P	L,P	F,P
F5	L	L	L
F6	C	C	C

Por fim, o **IC**, na análise global aos seis fóruns, registou um valor de 57%, o que confirma a existência de actores que representam um papel central na rede. Observando o grafo desta rede (Fig. 5), identificamos F, C, D e E como os elementos centrais, por serem aqueles que trocam respostas com o maior número de actores.

Calculando o IC para cada fórum (Quadro 6), também aqui distinguimos este indicador de acordo com os valores obtidos para toda a rede ou os valores que apenas incluem os actores com ligações. Assim, omitindo os nós *soltos*, F1 é notoriamente o mais centralizado (93%), contrastando com F4 (0%), ou seja, no primeiro caso encontramos um actor que exerce maior influência nos restantes, por estabelecer ligações com mais actores; e no segundo, uma homogeneização na troca de respostas. Já a inclusão de todos os nós na rede aponta para valores de Centralização relativamente baixos. No entanto, F1 e F6 possuem os resultados mais elevados (39% e 35% respectivamente).

Nos **ICS** e **ICE**, a rede que abrange os 6 fóruns obteve 57% no primeiro e 36% no segundo, revelando uma centralização mais evidente em termos de respostas enviadas do que recebidas, isto é, encontramos um actor (F) que se destaca dos restantes pela quantidade de respostas que envia.

Podemos, ainda, constatar que no F4, F2 e F5 existe uma Centralização proporcional entre as respostas enviadas e recebidas. Nos restantes, o ICS é mais elevado do que o ICE em F1, onde predomina uma figura central quanto às respostas enviadas (F). No entanto, no F3 e no F6, obtivemos resultados mais elevados nos ICE do que no ICS (figurados pelos actor N em F3 e C em F6). Resta mencionar que estes cálculos foram obtidos sem excluir os nós *soltos*, no entanto, também seria possível omitir estes actores, tal como procedemos nos indicadores anteriores (Quadro 6).

QUADRO 6
RESULTADOS DO IC

Fórum		IC	ICS	ICE
F1	Rede completa	39%	37%	30%
	Participantes activos	93%	83%	64%
F2	Rede completa	18%	17%	17%
	Participantes activos	33%	33%	33%
F3	Rede completa	29%	22%	29%
	Participantes activos	50%	39%	58%
F4	Rede completa	12%	12%	12%
	Participantes activos	0%	25%	25%
F5	Rede completa	25%	24%	24%
	Participantes activos	67%	56%	56%
F6	Rede completa	35%	27%	34%
	Participantes activos	67%	42%	61%

B. As Participações em Discussões

Nas figuras seguintes (Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17), representamos, para cada um dos seis fóruns, as discussões e os actores que nelas participaram (cada discussão é representada por um quadrado).

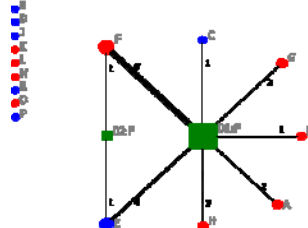


Fig. 12 Grafo de participações: F1

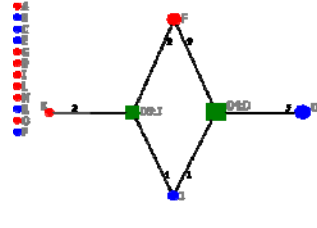


Fig. 13 Grafo de participações: F2

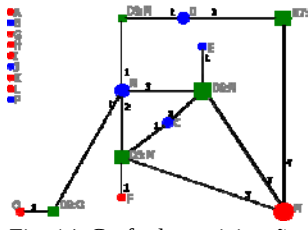


Fig. 14 Grafo de participações: F3

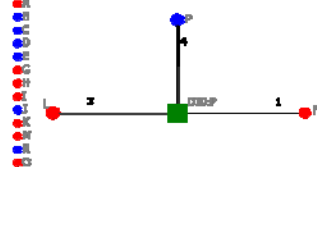


Fig. 15 Grafo de participações: F4

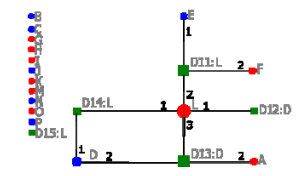


Fig. 16 Grafo de participações: F5

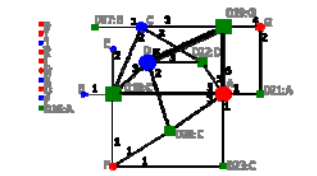


Fig. 17 Grafo de participações: F6

Relativamente à **Densidade**, no conjunto dos 6 Fóruns, esta é visivelmente baixa (17%).

Quando analisamos este indicador em cada fórum (Quadro 7), com a rede completa, os resultados são ainda mais baixos, sendo que o F1, F4 e F5 obtiveram Densidade mais baixa e o F6 mais elevada.

No entanto, quando analisamos a Densidade de cada fórum, sem os nós *soltos* (Quadro 7), existe uma diferença significativamente maior nestes resultados. F4, com 100% é, de facto, a rede melhor conectada, visto que existe apenas uma discussão onde todos os actores participam.

QUADRO 7
RESULTADOS DE DENSIDADE

Fórum	Densidade	
	Rede completa	Participantes activos
F1	2%	64%
F2	2%	75%
F3	4%	40%
F4	1%	100%
F5	2%	36%
F6	6%	38%

Nos resultados do **GC**, que neste caso, exprime o número de actores que participaram numa discussão, ou número de discussões em que um actor participou, existem 3 discussões com mais participações, entre elas, uma no F1 (D1:F) e duas no F6 (D18:C e D19:G). Quanto aos resultados deste indicador, por cada actor, verificámos que no conjunto dos 6 fóruns, F sobressai dos restantes, participando em 10 de 22 discussões iniciadas. Por outro lado, B, I, K e O registaram, cada um, apenas uma participação.

No Quadro 8 sistematizamos as discussões e actores com GC mais elevado em cada fórum.

QUADRO 8
RESULTADOS GC

Fórum	GC	
	Discussão	Actor
F1	D1:F	E, F
F2	D3:J, D4:D	F, J
F3	D5:M, D6:N	N
F4	D10:P	F, L, P
F5	D11:L, D13:D	L
F6	D18:C	A

V. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS PARA FUTUROS TRABALHOS

No ensino a distância, o facto do professor/formador não contactar pessoalmente com os seus alunos, poderá ser considerado uma das características mais difíceis de ultrapassar quando temos por objectivo caracterizar um grupo ou uma comunidade de aprendizagem. O conhecimento de grupos com finalidade educativa, quando se resume à informação transmitida por processos electrónicos integrados nas plataformas de *e-learning*, geralmente não vai além dos textos, questionários e exercícios produzidos pelos estudantes. Assim, a caracterização dos participantes, em contexto escolar, é um processo que tem sido feito, frequentemente, pelo professor, socorrendo-se das suas lembranças da frequência das participações, da análise possível das interações, da capacidade de percepção dos grupos e lideranças que se vão formando. Assim, acreditamos que o conhecimento do grupo e das suas especificidades são elementos fundamentais para adequarmos as estratégias de aprendizagem em rede às necessidades de estudantes e formandos e avaliar os métodos pedagógicos utilizados no ensino *online*.

Neste artigo propomos a adaptação de técnicas de ARS, aplicadas aos fóruns de discussão, por forma a obter, através de um processo automático, uma “imagem” caracterizadora da participação dos alunos em fóruns, da tipologia e da

intensidade das suas interações; da sua capacidade de liderança e organização em grupo e, em última instância, da caracterização geral da turma.

As técnicas e as representações que propomos foram aplicadas num conjunto de seis fóruns, criados e utilizados no âmbito de um evento de Formação Contínua, com a duração de dez dias, e que decorreu exclusivamente em regime *online*.

As nossas análises permitiram mostrar facilmente fóruns com maior interactividade e o nível de adesão dos diferentes actores. Permiteu, igualmente, identificar os actores que se destacaram como líderes de discussão; as discussões centralizadoras da atenção dos participantes; os actores que têm tendência para interagir. Entre outras conclusões, foi possível, também, comparar a qualidade da moderação feita nos diversos fóruns. Deste modo, pensamos que estes dados serão um valioso contributo na apreciação das circunstâncias em que se desenvolvem os processos de formação em rede.

Perspectivamos que este procedimento semi-automático, que implica ainda a construção de matrizes pelo docente, venha a ser automatizado na recolha e construção dinâmica dos grafos. Por fim, reiteramos o facto desta proposta pretender ser a apresentação de um instrumento que coexista com outros métodos de avaliação utilizados, de modo a auxiliar o professor/formador a compreender melhor como se organiza e comporta o seu grupo de formandos, factor essencial para adequar as suas estratégias e método de ensino.



J. Brás Laranjeiro é Licenciada em Educação de Infância pela Universidade de Aveiro (2004). É Pós-Graduada em Multimédia em Educação pela Universidade de Aveiro (2005). Possui Mestrado em Educação Multimédia pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (2008). Tem participado em projectos de investigação na Universidade de Aveiro e Universidade Aberta – Delegação do Porto, em áreas relacionadas com as Ciências da Educação e e-Learning.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar os seus sinceros agradecimentos a Luísa Aires, pelos valiosos comentários e sugestões feitas a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Álvarez, A. e Aguilar, N. (2005). *Manual Introductorio al Análisis de Redes Sociales: Medidas de Centralidad*. http://revista-redes.rediris.es/webredes/talleres/Manual_ARS.pdf. (consultado em 23 de Setembro de 2006).
- [2] Borgatti, S. P. (2002). *NetDraw: Graph Visualization Software*. Harvard: Analytic Technologies.
- [3] Borgatti, S. P. e Everett, M.G. (1997). *Network analysis of 2-mode data*. *Social Networks*, 19, 243-269. <http://www.analytictech.com/borgatti/papers/borgatti%20-%20network%20analysis%20of%202-mode%20data.pdf> (consultado na Internet em 4 de Março de 2007).
- [4] Borgatti, S. P., Everett, M. G. e Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- [5] Domínguez, D. e Díaz, L. (2005). *Evaluación mixta de comunidades de aprendizaje en línea*. <http://www.cibersocietat.net/archivo/articulo.php?art=205> (consultado na Internet em 16 de Janeiro de 2006).
- [6] Hanneman, R. A. e Riddle, M. (2005). *Introduction to Social Network Methods*. Riverside, CA: University of California, Riverside. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/> (consultado na Internet em 10 de Janeiro de 2006).
- [7] Malcolm, A. (2005). *Using the bipartite line graph to visualize 2-mode social networks*. NAACSOS Conference, Notre Dame, Indiana, USA. www.casos.cs.cmu.edu/events/conferences/2005/2005_proceedings/Alexander.pdf (consultado na Internet em 12 de Dezembro de 2006).
- [8] Quiroga, A. (2003). *Introducción al análisis de datos reticulares Prácticas con UCINET6 y NetDraw1*. <http://revista-redes.rediris.es/webredes/talleres/redes.htm> (consultado na Internet em 17 de Outubro de 2006).
- [9] Scott, J. (1997). *Social Network Analysis: a handbook*. London: Sage.



Á. Reis Figueira licenciou-se em Matemática Aplicada, ramo de Ciência de Computadores na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) em 1995. Obteve o seu Mestrado em "Foundations of Advanced Information Technology" no Imperial College, em Londres, e o seu Doutoramento em "Object Oriented Languages with Code Mobility and based on a Process Calculus" na Universidade do Porto. Presentemente, é Prof. Auxiliar no Dep. Ciência de Computadores na UP, leccionando disciplinas na área de desenvolvimento de Sistemas e Aplicações a nível de licenciatura, e de Multimédia e Educação a nível de Mestrado. A sua investigação ultimamente tem-se centrado em e-Learning, Web-based learning e Standards in education, trabalhando e coordenando a equipa de desenvolvimento de e-Learning na FCUP.

Capítulo 2

Ambiente Virtual de Aprendizagem num Contexto de b-learning

Nídia Salomé Morais e Isabel Cabrita

Title—Virtual Learning Environment in a b-learning Context

Abstract— Virtual learning environments may constitute themselves as very interesting solutions, capable of fulfilling presential education scenarios and promoting more active student participation, in accordance to the Bologna education model. Taking this into consideration, a study was developed with the main goal of evaluating the impact of a virtual learning environment in the development of transversal and specific skills in a group of students at a higher education level. The gathered data allowed us to draw positive conclusions about the use of virtual learning environments, at an interaction level and regarding the advantages in the access to content and services.

Keywords— virtual learning environment, e-learning, b-learning, collaborative learning, communication, interaction.

Resumo— Os ambientes virtuais de aprendizagem poderão constituir-se como soluções bastante interessantes, capazes de complementar o ensino presencial e de favorecer uma participação mais activa e autónoma do aluno durante o processo de aprendizagem, consonante com o espírito de Bolonha. Neste contexto, desenvolveu-se um estudo com o intuito de se avaliar o impacto de um ambiente virtual, complementar de sessões presenciais, no desenvolvimento de competências transversais e específicas num grupo de alunos do ensino superior. Os resultados obtidos permitem concluir positivamente sobre a adopção de ambientes virtuais, sobretudo pelas vantagens identificadas a nível da interacção, bem como a nível do acesso a conteúdos e serviços.

Palavras-chave— ambientes virtuais de aprendizagem, e-learning, b-learning, aprendizagem colaborativa, comunicação, interacção.

Este trabalho foi apresentado originalmente na V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, Challenges 2007, nos dias 17 e 18 de Maio de 2007.

N. S. Morais é Assistente do 2º Triénio na Área das Tecnologias da Informação e Comunicação da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viseu, PORTUGAL (telefone: +351 232 419070; e-mail: salome@esev.ipv.pt).

I. Cabrita, é Prof. Auxiliar no Dep. de Didáctica e Tecnologia Educativa e membro do Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF) da Universidade de Aveiro, PORTUGAL (telefone: +31 234 370 352; e-mail: icabrita@ua.pt).

I. INTRODUÇÃO

A questão da introdução das tecnologias no ensino não se coloca apenas a nível de uma mudança tecnológica, sendo cada vez mais associada a uma mudança nas formas de interacção entre professor e aluno e até à mudança do modo como se pode aprender [1]. Neste sentido e, especificamente, o recurso a ambientes virtuais de aprendizagem em contextos educativos poderá favorecer, por um lado, a interacção e a comunicação entre todos os intervenientes no processo de ensino-aprendizagem e, por outro lado, poderá potenciar novas formas de aprendizagem que possibilitem ao aluno a adopção de uma postura mais activa e responsável. Com efeito, a proliferação destes ambientes é um exemplo que confirma que a Internet pode ser mais do que uma mera plataforma para o acesso à informação, podendo também ser encarada como um palco onde ocorrem interacções e onde se aprende colaborativamente [2].

É neste contexto que o e-learning poderá contribuir para a transformação dos actuais cenários de educação, facilitando a construção de comunidades *online* e permitindo a integração do presencial e do virtual na construção de novos contextos de aprendizagem, de tal modo que se acredita que num futuro próximo a “(...) distinção entre ensino «presencial» e ensino «à distância» será cada vez menos pertinente visto que a utilização de redes de telecomunicação e suportes multimédia interactivos integra-se progressivamente nas formas mais clássicas de ensino.” [3, p.182].

II. OS AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Em cenários de e-learning ou b-learning é cada vez mais comum o recurso a sistemas ou plataformas de gestão da aprendizagem, frequentemente designadas por plataformas de e-learning, ambientes virtuais de aprendizagem ou Web-Based Learning Environments (WBLE). Apesar da designação poder variar e de se assistir a uma oferta cada vez maior destas plataformas (*Blackboard*, *LUVIT*, *LearningSpace*, *Moodle*, entre outros), o que parece importante realçar é que estas soluções recorrem à tecnologia da Internet para

disponibilizarem, de forma integrada, um conjunto de funcionalidades adequadas tanto à implementação de cursos *online* como ao apoio de cursos e/ou disciplinas baseados em modelos presenciais e/ou a distância.

De um modo geral, estas plataformas compreendem ferramentas de gestão e partilha de conteúdos, permitem gerir o acesso e o registo de utilizadores, facilitando também a utilização integrada de serviços de comunicação e de ferramentas de colaboração. Especificamente, no âmbito do ensino superior, a grande mais-valia destas diversas funcionalidades talvez seja o facto de contribuírem para a construção de novos ambientes virtuais, capazes de beneficiar a comunicação entre professores e alunos e destes entre si, criando, deste modo, novas oportunidades para que o aluno possa participar de forma mais activa no processo de construção das suas aprendizagens. Neste sentido, e ao invés de serem consideradas apenas como meros repositórios de informação, as plataformas de gestão da aprendizagem devem antes ser encaradas como veículos capazes de promover a interacção e a experimentação através de recursos tecnológicos [2].

Neste contexto, e não menosprezando a importância das diferentes possibilidades criadas por estas plataformas, evidencia-se a utilidade das várias ferramentas de comunicação que, ao permitirem e facilitarem a interacção entre os diferentes intervenientes, desempenham um papel precioso na construção de ambientes colaborativos de aprendizagem: “A partilha dos meios de comunicação mediada por computador, como o correio electrónico, a conferência áudio e vídeo, o grupo de discussão, o fórum e o quadro virtual, promove o envolvimento dos membros da comunidade nos processos de negociação das representações, do reajustamento continuado dos modelos mentais, da compreensão da complexidade do conhecimento e ainda do desenvolvimento do pensamento crítico através da experiência partilhada, enquanto meios de comunicação em rede que se transformam e são utilizados como prolongamentos das capacidades cognitivas do aluno.” [4, p.161].

Independentemente das ferramentas utilizadas, o que parece importante é que estas consigam promover e até melhorar a interacção entre os vários intervenientes no processo de ensino e de aprendizagem, nomeadamente entre professor e alunos, destes entre si e destes com os conteúdos. Garrison & Anderson acreditam mesmo que “the emergence of the Net as a medium of communication adds the most critical feature of the formal education process – interaction between and among teacher, students, and content.” [5, p. 41].

Em contextos de e-learning, a interacção entre professor e aluno é extremamente importante na medida em que pode ajudar a superar a distância física que caracteriza, normalmente, este tipo de abordagens e permite que o professor apoie e motive os seus alunos durante o processo de aprendizagem [6]. Considera-se, ainda, que este tipo de interacção poderá também favorecer uma participação mais activa do aluno durante o processo de aprendizagem.

Os ambientes virtuais de aprendizagem podem, ainda, facilitar a interacção entre alunos. De facto, este tipo de interacção é uma das características das mais recentes gerações do ensino a distância e talvez a sua grande vantagem seja a de permitir aos alunos a construção dos seus conhecimentos, a partir da colaboração com os outros colegas, dando-lhes “(...) a oportunidade de aprenderem uns com os outros através de debates, troca de ideias, partilha de experiências e conhecimentos.” [7, p.67].

A interacção entre o aluno e os conteúdos é um tipo de interacção já mais antiga, patente não só nas primeiras gerações do ensino a distância mas em praticamente todas as formas de educação, na medida em que é através da interacção com os conteúdos que os alunos vão construindo as suas aprendizagens. Na opinião de Garrison & Anderson [5], a diferença reside sobretudo nas características dos conteúdos com os quais o aluno pode interagir. Assim, enquanto que, no passado, os alunos se apoiavam maioritariamente em textos e em recursos existentes na biblioteca, actualmente o e-learning permite que esses conteúdos, mais tradicionais (estáticos e inertes), possam ser complementados “(...) with a rich variety of computer assisted instruction, simulations, micro worlds, and presentation creation tools.” [5, p.41].

Os tipos de interacção já apresentados (professor-aluno; aluno-aluno; aluno-conteúdos) são, de facto, os mais encontrados na literatura da especialidade. No entanto, os mesmos autores [5] consideram, ainda, a existência de outros tipos de interacção, nomeadamente: interacção do professor com os conteúdos; interacção entre professores; e interacção entre conteúdos.

Relativamente à interacção do professor com os conteúdos, os mesmos autores consideram que o desenvolvimento de conteúdos educativos é uma das tarefas que tem vindo a ganhar cada vez mais importância no papel do professor, quer em processos de ensino a distância quer em ambientes de ensino presencial. Neste contexto de interacção dos professores com os conteúdos, realça-se o papel da Internet ao fornecer novas oportunidades para que estes encontrem, utilizem e, nalguns casos, criem objectos de aprendizagem que possam ser automaticamente actualizados “(...) by others agents, by emerging data, and by other research results or environmental sensors.” [5, p.45].

O crescimento da Internet veio também possibilitar a criação de novos cenários para que os professores possam interagir entre si. Com efeito, as ferramentas de comunicação, cada vez mais sofisticadas, permitem a colaboração síncrona e assíncrona de professores e, em contextos de e-learning, podem ainda favorecer a troca de experiências sem as tradicionais condicionantes geográficas e temporais, permitindo a resolução conjunta de problemas e a reflexão colaborativa em torno das mais variadas questões [5].

Acredita-se, ainda, que, no futuro, os professores poderão criar e utilizar objectos de aprendizagem que, recorrendo a processos semi-autónomos, proactivos e adaptativos, sejam capazes de recolher informação, utilizar outros programas, tomar decisões e monitorizar outros objectos de aprendizagem

disponibilizados na Internet [5]. A interacção conteúdo-conteúdo está directamente relacionada com a forma como os conteúdos são programados para interagirem, automaticamente, com outros conteúdos. Assim, os mesmos autores imaginam cenários onde o conteúdo possa ser actualizado de forma automática, alertando posteriormente alunos e professores sempre que essas actualizações se afigurem importantes para o processo de ensino-aprendizagem em curso.

III. CONTEXTO E OBJECTIVO DA INVESTIGAÇÃO

Tal como se refere no Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal, a escola e os professores deparam-se actualmente com novos desafios, nomeadamente o de “(...) fazer da escola um lugar mais atraente para os alunos e fornecer-lhes as chaves para uma compreensão verdadeira da sociedade de informação. Ela tem de passar a ser encarada como um lugar de aprendizagem em vez de um espaço onde o professor se limita a transmitir o saber ao aluno; deve tornar-se num espaço onde são facultados os meios para construir o conhecimento, atitudes e valores e adquirir competências. Só assim a escola será um dos pilares da sociedade do conhecimento.” [8, p.45].

Tais meios existem e devem ser usados, desde logo, ao nível da formação inicial. De facto, “é grande a oferta das tecnologias de informação e comunicação (TIC) com potencial de aplicação no ensino superior, nomeadamente as plataformas para ensino distribuído que permitem a criação de ambientes contextualizados, facilitadores da aprendizagem em colaboração e podendo integrar diferentes tipos de recursos didácticos.” [9, p.489]. Alguns estudos desenvolvidos, admitindo tais plataformas como objecto de estudo, alertam para a importância da utilização destas soluções na flexibilização dos processos de ensino-aprendizagem, evidenciando as suas possibilidades no que se refere à interacção entre professores e alunos e destes entre si e com os conteúdos, independentemente da hora e do local em que se encontrem.

Não admira portanto que, actualmente, universidades portuguesas comecem já a adoptar soluções baseadas no e-learning com o intuito de, nomeadamente, permitir aos seus alunos aprender em qualquer altura e em qualquer lugar. De facto, muitas destas instituições começam a apostar na utilização das potencialidades da Internet para a criação de uma componente *online* das suas disciplinas, que possa servir de apoio às sessões presenciais e que possa fomentar também uma participação mais activa do aluno durante o processo de ensino e de aprendizagem.

No entanto subsistem, ainda, muitas dúvidas na definição do valor das TIC e do que realmente representam para a aprendizagem, principalmente por escassez de estudos de avaliação, aspectos que se influenciam mutuamente.

Talvez por isso, ainda existam instituições do ensino superior que continuam a negligenciar o uso das TIC no

desenvolvimento de novos ambientes de ensino-aprendizagem. A realidade actual mostra que o ensino continua a obedecer a lugares definidos no tempo e no espaço, e onde o professor permanece como o principal responsável pela transmissão de conteúdos. Os principais recursos utilizados continuam a ser os mesmos do passado e o papel do aluno, no processo de aprendizagem, continua a ser bastante passivo. Neste contexto, considera-se importante avaliar as alternativas que possam ajudar a reduzir alguns destes problemas e que possam “(...) fornecer uma formação mais flexível e individualizada, centrando o processo de ensino no aprender e não no ensinar e tentando preparar os alunos para uma cidadania e forma de estar na vida em permanente aprendizagem e evolução (...)” [10, p.2].

Costa [11] considera ainda que em Portugal, especificamente no ensino superior, ainda pouco se aposta no uso das tecnologias para ensinar e para aprender. De facto, nas universidades portuguesas o recurso às TIC no apoio a actividades não presenciais ainda não é uma tradição, pelo que, actualmente, ainda é necessário desenvolver trabalho para se tentar perceber o potencial destas tecnologias no ensino superior [12].

Com efeito, parece importante desenvolver investigação sobre o uso de ambientes virtuais de aprendizagem no ensino superior, na medida em que, actualmente, nos encontramos “(...) num contexto em que existe uma crescente disponibilidade e qualidade destas plataformas, em que é crescente a pressão social para a adopção das novas tecnologias e em que a utilização de modelos e contextos pedagógicos adequados não acompanha necessariamente as evoluções tecnológicas.” [9, p.495].

Neste contexto, desenvolveu-se um estudo [13]-[16] com o intuito de avaliar, por um lado, a importância da utilização destas ferramentas no apoio a uma disciplina com um modelo exclusivamente presencial e na criação de novos ambientes e de novos contextos de ensino e de aprendizagem, onde o papel do professor fosse mais o de facilitador e orientador da aprendizagem, e onde o aluno fosse um construtor activo e responsável das suas aprendizagens e um influenciador das aprendizagens dos colegas; por outro lado, e mais especificamente, este estudo visou também dar um contributo na identificação das potencialidades da utilização de uma plataforma de gestão de aprendizagem, suportada pela Internet, no desenvolvimento de competências, nomeadamente a nível da edição e do tratamento de imagens digitais.

Assim, este estudo teve como principal finalidade avaliar o impacto de um ambiente virtual de aprendizagem, complementar de sessões presenciais, a nível da motivação, da interacção e do desenvolvimento de apetências e competências, transversais e específicas, na área da edição e do tratamento de imagens digitais. Mais especificamente, o estudo visou:

- Analisar se os alunos exploram um ambiente virtual de aprendizagem, complementar de sessões presenciais, em que condições (nomeadamente, local, horário,

frequência) e que serviços privilegiam em termos de acesso e uso;

- Conhecer a importância que lhe atribuem a nível da motivação, da criação de um contexto de aprendizagem verdadeiramente partilhada, mais rico e activo;
- Avaliar se a exploração de um ambiente virtual aprendizagem promove uma mais efectiva interacção entre professor, alunos e conteúdos;
- Avaliar o impacto de tal exploração no desenvolvimento de apetências e competências, transversais e específicas, relacionadas com a área da edição e tratamento de imagens digitais.

IV. O ESTUDO

Considerando os objectivos da investigação realizada, esta enquadra-se num paradigma qualitativo, tendo-se optado pelo estudo de caso, com alguns pontos de ligação à investigação-acção e ao estudo experimental. Apesar de se tratar de um estudo, fundamentalmente, qualitativo no que concerne à obtenção e tratamento de dados, sempre que se manifestou necessário, procedeu-se a um tratamento quantitativo dos mesmos.

As principais fontes de dados (figura 1) foram dois questionários (um Inicial e um Final); entrevistas pontuais e semi-estruturadas; um teste, na versão pré e pós; observações apoiadas pelas respectivas grelhas; notas e diário de bordo; registos automáticos da plataforma sintetizados numa grelha de análise; documentos e outros artefactos considerados relevantes.

O estudo decorreu em ambiente académico normal, no

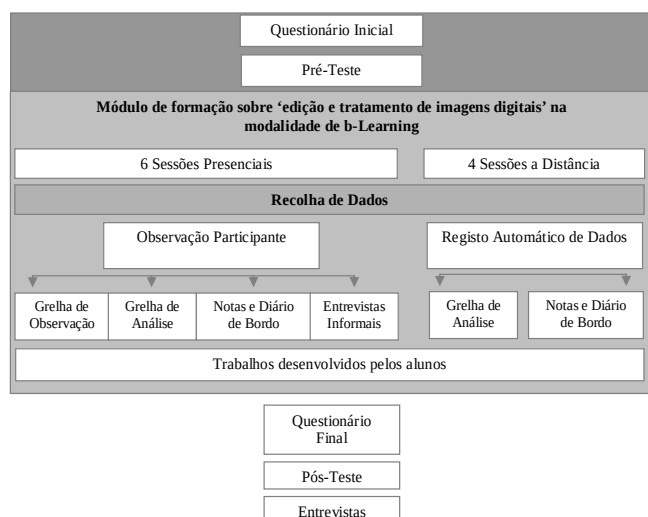


Fig. 1. Principais momentos do estudo

âmbito de uma disciplina de informática do 2º ano de uma licenciatura na área da comunicação, sendo a professora da disciplina a própria investigadora. Durante 6 semanas, a disciplina funcionou em regime de b-learning, apoiada por uma plataforma de gestão da aprendizagem (*Blackboard*), tendo-se realizado 6 sessões presenciais e 4 sessões a distância, sendo que os conteúdos abordados incidiram sobre a

temática da edição e do tratamento de imagens digitais. Durante a realização da experiência, a estratégia adoptada contemplou a apresentação das funcionalidades do programa durante as sessões presenciais e durante as sessões a distância pretendeu-se que o trabalho fosse mais direccionado para a exploração autónoma do programa (Adobe Photoshop), para actividades de pesquisa e partilha de informação assim como para o desenvolvimento de trabalho em grupo.

O estudo envolveu 41 alunos, maioritariamente, do sexo feminino que nunca tinham frequentado um curso ou uma acção de formação a distância, fosse em regime misto ou completamente a distância. A maioria destes alunos referiu possuir computador em casa e assinalou que privilegiava a sua utilização, sobretudo, como ferramenta de trabalho, em detrimento da sua utilização como ferramenta de comunicação ou como instrumento lúdico. Relativamente aos locais e à frequência de utilização do computador, a maioria referiu que era na escola ou em casa que o costumava fazer com maior frequência, ainda que esporadicamente, em casa de amigos ou familiares ou mesmo em locais públicos gratuitos.

No que respeita ao acesso à Internet, apenas uma pequena minoria disse dispor dessa possibilidade a partir de suas casas. No entanto, a maioria dos alunos referiu ter facilidade em aceder à Internet na escola quer fosse diária, semanal ou esporadicamente, e afirmaram, de um modo geral, que a principal finalidade desses acessos se relacionava, sobretudo, com a necessidade de pesquisar informação.

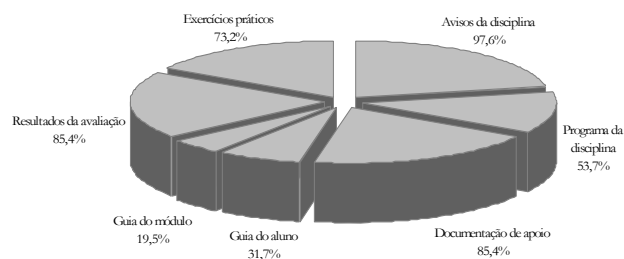
V. PRINCIPAIS RESULTADOS

A. Exploração do Ambiente Virtual de Aprendizagem

Apesar dos alunos referirem não possuir, inicialmente, experiência no que respeita à utilização, complementar de sessões presenciais, de ambientes virtuais de aprendizagem, a maioria considerou fácil a sua utilização, tendo também sido possível constatar que todos acederam de forma regular e exploraram facilmente as diferentes áreas disponibilizadas no *Blackboard*.

Em termos de consulta dos recursos disponibilizados (gráfico 1), percebeu-se, de um modo geral, que os exercícios práticos e a documentação de apoio foram os recursos mais consultados durante o período em que a disciplina funcionou na modalidade de b-learning.

No que respeita à utilização de funcionalidades específicas

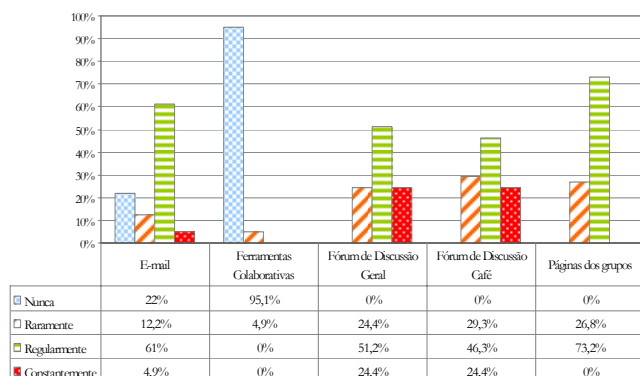


Gráf. 1. Consulta dos recursos disponibilizados

disponibilizadas pelo *Blackboard*, a funcionalidade para a entrega de trabalhos, assim como o espaço destinado à troca de ficheiros obtiveram mais registos em termos de acesso.

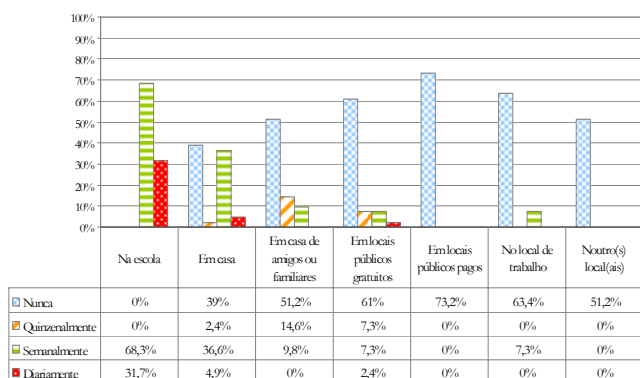
Relativamente aos serviços de comunicação, os fóruns de discussão e o e-mail foram os serviços mais utilizados, tendo-se ainda verificado que as ferramentas colaborativas praticamente não foram utilizadas durante o módulo. De facto, os diferentes dados recolhidos evidenciam a preferência dos alunos em utilizarem as ferramentas assíncronas face às ferramentas síncronas de comunicação (gráfico 2).

No que concerne aos locais de acesso, os dados recolhidos



Gráf. 2. Utilização das ferramentas de comunicação

revelam que a grande maioria explorou o ambiente virtual na escola, nomeadamente, nos dias em que tinha aulas e, particularmente, no horário coincidente com o da disciplina no âmbito da qual decorreu o estudo. Tal como confirmaram as diferentes entrevistas realizadas, esta tendência parece estar relacionada, sobretudo, com o facto da maioria dos alunos não possuir acesso à Internet em suas casas e por terem facilidade em aceder à Web na escola, nos vários centros de informática, quer fosse diária ou semanalmente (gráfico 3).



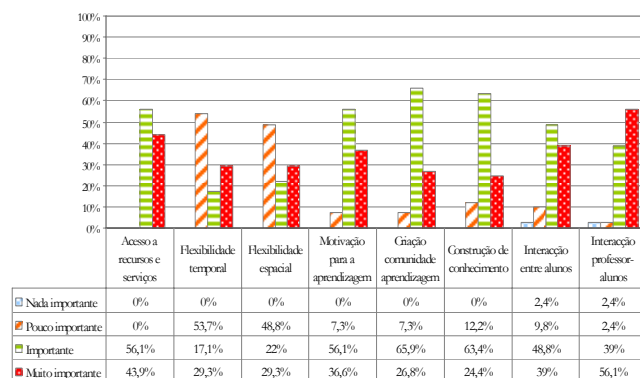
Gráf. 3. Locais e frequência de acesso à plataforma

B. Importância do Ambiente Virtual de Aprendizagem

Todos os alunos manifestaram agrado por terem utilizado o ambiente virtual de aprendizagem no contexto da disciplina e revelaram, ainda, que consideraram importante a sua utilização, especialmente por ter sido usado numa lógica de complementaridade de sessões presenciais. Neste contexto, a facilidade no acesso a recursos e serviços, bem como o

aumento da interacção entre professor e alunos e destes entre si, foram algumas das razões apontadas por grande parte dos alunos para justificarem a importância atribuída à utilização do ambiente virtual durante o período em que decorreu o estudo (gráfico 4).

Os dados recolhidos permitem, também, concluir que a



Gráf. 4. Importância da utilização da plataforma

maioria dos sujeitos considerou importante a integração de valências de e-learning no âmbito da disciplina, especialmente por admitirem que contribuiu para o aumento do interesse na construção e no desenvolvimento dos seus próprios conhecimentos na área da edição e tratamento de imagens digitais, bem como lhe reconheceram importância ao nível do acréscimo da motivação para a pesquisa de nova informação relacionada com os tópicos em estudo.

No que diz respeito às atitudes e opiniões dos alunos face à utilização do ambiente virtual, a análise dos dados obtidos parece permitir concluir que a maioria se sentiu motivada durante o período em que o mesmo foi utilizado, tendo vários alunos, durante as entrevistas, manifestado a vontade em continuar a utilizar o ambiente virtual após o término do estudo.

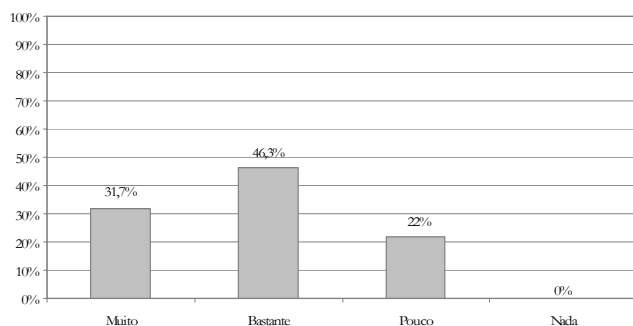
Conclui-se, ainda, que a quase totalidade dos alunos reconheceu que a utilização do ambiente virtual foi importante para a criação de um contexto de aprendizagem mais rico e activo, bem como para a construção de conhecimento partilhado. Para a criação de um contexto mais rico e activo, parece ter contribuído o facto do *Blackboard* ter proporcionado o acesso integrado a um conjunto muito diversificado de conteúdos e serviços, que apoiaram o processo de aprendizagem para além do tempo e do espaço da aula e que possibilitaram uma maior participação e um maior envolvimento do aluno durante o processo de aprendizagem. Para a construção de conhecimento partilhado parece ter sido importante a realização de diferentes actividades, baseadas sobretudo na pesquisa e partilha de informação, bem como na troca de resultados alcançados através dos diferentes trabalhos realizados em grupo e que tinham como finalidade principal fomentar a participação de todos os intervenientes na construção colaborativa do conhecimento.

C. Interação professor, alunos e conteúdos

Relativamente aos diferentes tipos de interação, a análise dos dados recolhidos permite concluir que a utilização da plataforma promoveu, claramente, a interação entre professor, alunos e conteúdos, sendo que, durante a componente a distância, o fórum de discussão foi, sem dúvida, o local privilegiado para a interação entre professor e alunos.

A troca de mensagens foi frequente, salientando-se, no entanto, que foram aumentando em termos de quantidade à medida que se aproximava a data de entrega do trabalho final. No que concerne ao conteúdo das mesmas, constatou-se que a maioria foi relevante no contexto do módulo, identificando-se, contudo, a existência de várias mensagens desprovidas de interesse, tendo em conta os temas abordados. Durante as sessões presenciais, a interação entre alunos e professor foi também muito frequente, destacando-se, como principais objectivos dessas interações, o esclarecimento de dúvidas ou o pedido de ajuda sobre como prosseguir na realização de determinada tarefa.

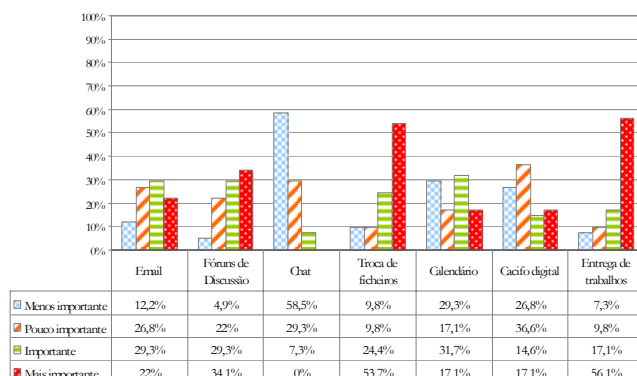
Quanto à interação entre alunos, conclui-se que a maioria considerou que o ambiente virtual promoveu uma efectiva interação com os colegas da turma (gráfico 5), sendo que as interações entre eles ocorreram tanto com o intuito de partilharem informação e recursos, como com a finalidade de conviverem virtualmente através da plataforma recorrendo a mensagens mais informais. De facto, a interação social entre alunos deixou de ficar limitada ao espaço físico da escola e ganhou novas dimensões no ambiente virtual da disciplina.



Gráf. 5. A utilização das ferramentas de comunicação e a interação entre alunos

Durante as várias sessões presenciais, os alunos interagiam entre si de forma bastante regular e, de um modo geral, revelaram preferência pelo trabalho em grupo mesmo quando existiam computadores suficientes para trabalharem individualmente.

Ainda neste contexto, e cruzando os diversos dados recolhidos a partir das várias fontes, foi possível perceber que as ferramentas síncronas de comunicação não foram relevantes para a interação entre os diferentes membros da comunidade, tendo os fóruns de discussão assumido importância capital para a participação e envolvimento dos alunos durante o módulo (gráfico 6).

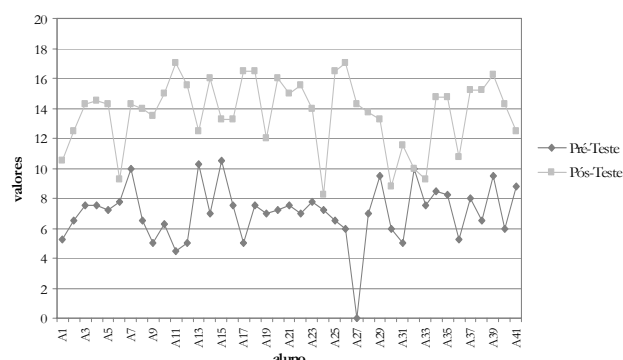


Gráf. 6. A importância dos diferentes serviços no âmbito da disciplina

Relativamente à interação com os conteúdos, percebe-se, pela análise dos dados recolhidos, que a utilização da plataforma facilitou, efectivamente, o acesso aos conteúdos, sendo este um aspecto frequentemente referido pelos alunos como uma das principais vantagens decorrentes da utilização do *Blackboard*. Tal interação redundou em construção de conhecimento, como se verá de seguida.

D. Desenvolvimento de apetências e competências

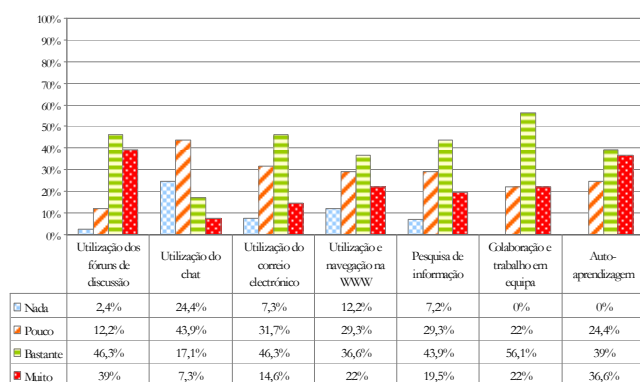
De um modo geral, os dados recolhidos durante a investigação realizada permitem concluir positivamente sobre a adequação de metodologias híbridas na aquisição e/ou desenvolvimento de competências de cariz mais prático, tais como as que se perseguiram no módulo de edição e tratamento de imagens digitais. Assim, e no que concerne ao desenvolvimento de competências, a comparação dos resultados entre o momento do pré e do pós-Teste permite concluir que os alunos desenvolveram, efectivamente, conhecimentos relacionados com os tópicos em estudo. De facto, antes da experiência, não possuíam conhecimentos relevantes no âmbito da edição e do tratamento de imagens digitais, tendo-se verificado, posteriormente, no pós-Teste que a quase totalidade dos alunos conseguiu concluir com sucesso o desafio proposto (gráfico 7).



Gráf. 7. Comparação dos resultados do pré e do pós-Teste

Para além da grande maioria ter conseguido desenvolver competências específicas no uso do software estudado, nomeadamente no que se refere à configuração e manipulação de imagens, da combinação de diferentes tipos de imagens, da aplicação de efeitos, entre outros, constatou-se ainda que a maioria revelou alguma preocupação em enriquecer o trabalho com informação adicional pesquisada na Web.

A análise dos trabalhos desenvolvidos em grupo permite confirmar também, que os alunos, na sua maioria, foram capazes de aplicar as diferentes potencialidades do software estudado na criação de documentos visuais gráficos. Para além do desenvolvimento de competências específicas relacionadas com a edição e tratamento de imagens digitais, há também fortes indícios de que a utilização, complementar de sessões presenciais, de um ambiente virtual permitiu o desenvolvimento de outras apetências e competências transversais, nomeadamente a nível da utilização dos fóruns de discussão, do uso do correio electrónico, bem como de navegação e pesquisa de informação na Internet (gráfico 8).



Gráf. 8. A utilização da plataforma e o desenvolvimento de competências transversais

Ainda a este propósito, os dados obtidos permitem concluir que a existência da componente a distância parece ter promovido, na generalidade, o desenvolvimento de competências e apetências a nível da auto-aprendizagem, da autonomia e também da colaboração e do trabalho em equipa.

Pelo que ficou exposto, e apesar dos indicadores serem bastante positivos no que se refere à adopção de ambientes virtuais como complemento ao ensino presencial, verificou-se, no entanto, que nem todos os alunos parecem estar preparados para assumirem os desafios colocados por este tipo de abordagem sobretudo porque lhes exige uma maior autonomia e uma maior responsabilização pela construção dos seus conhecimentos. Apesar de em número bastante reduzido, constatou-se, principalmente através do Questionário Final e das Entrevistas, que alguns alunos revelaram pouco à vontade para participarem no espaço virtual da disciplina, expressando mesmo a sua preferência pelas aulas presenciais face à componente a distância, por considerarem importante a presença do professor na explicação da matéria e no esclarecimento imediato de dúvidas. Os resultados do estudo evidenciam, ainda, a preferência dos alunos pela metodologia b-learning face a soluções completamente a distância por considerarem o contacto pessoal muito importante, no entanto,

alguns referem que se o tema os motivasse o suficiente, gostariam de frequentar um curso ou uma acção de formação completamente a distância.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido permitiu concluir positivamente sobre a adopção de um ambiente virtual de aprendizagem no âmbito de uma disciplina do ensino superior politécnico, sobretudo, pelas vantagens daí decorrentes a nível do acesso a conteúdos e serviços, bem como a nível da interacção entre professores, alunos e destes entre si. Do mesmo modo, a metodologia b-learning também pareceu adequada para o desenvolvimento de apetências e competências, directa ou indirectamente relacionadas com a área da edição e do tratamento de imagens digitais.

As vantagens identificadas ajudam, assim, a fundamentar a ideia de que a adopção deste tipo de metodologias merece ser, realmente, considerada no contexto do ensino superior. No entanto, a falta de condições, aos mais diferentes níveis, para a efectiva utilização de abordagens baseadas no e-learning, pode constituir um real entrave para a adopção deste tipo de soluções. No caso concreto deste estudo, os problemas expostos pelos alunos no que respeita ao acesso à Internet condicionaram a utilização do ambiente virtual da disciplina, limitando a participação de grande parte dos sujeitos aos dias em que tinham aulas e ao horário em que se encontravam na escola. Esta situação não favoreceu, por isso, a total flexibilidade temporal e espacial, vantagem associada normalmente às abordagens baseadas no e-learning. Assim, e para além da necessidade dos alunos possuírem conhecimentos a nível de informática na óptica do utilizador, considera-se que a adopção deste tipo de modelo implica também que os alunos reúnam diversas condições, nomeadamente, a posse de um computador e de um acesso à Internet, principalmente, a partir de suas casas para que possam usufruir, plenamente, dos benefícios oferecidos pelas metodologias baseadas no e-learning durante o seu percurso académico.

Sendo importante e vantajoso recorrer ao e-learning, afigura-se também relevante motivar os professores, sensibilizando-os e convencendo-os para a adopção deste tipo de soluções no apoio às suas actividades de ensino presencial. Considerando, ainda, que o e-learning exige, efectivamente, novas competências e novas atitudes aos professores, parece pertinente investir na formação dos mesmos, especialmente ao nível do desenvolvimento de competências para a utilização de plataformas de gestão da aprendizagem. Ainda no sentido de fomentar a adopção de soluções baseadas no e-learning, parece importante estimular o trabalho em equipa no desenvolvimento de objectos de aprendizagem, favorecendo assim a participação de docentes e mesmo de alunos de diferentes áreas e com diferentes competências na construção de materiais de aprendizagem mais ricos e diversificados e que possam ser aplicados em diversos contextos de

aprendizagem. Do mesmo modo, considera-se que deverá ser promovida a colaboração entre professores quer para a partilha de experiências quer para a resolução conjunta de problemas.

Parece, também, ser fundamental sensibilizar as próprias instituições de ensino no sentido de facilitarem a integração de metodologias baseadas no e-learning nas práticas lectivas dos seus docentes. Neste contexto, e para além da necessidade das instituições possuírem uma plataforma de gestão da aprendizagem – o que actualmente é extremamente fácil na medida em que existem plataformas que se podem usar gratuitamente, exigindo apenas um servidor cada vez mais acessível a qualquer instituição – é também necessário que a própria distribuição de serviço do professor contemple horas destinadas à manutenção das suas disciplinas e ao apoio dos seus alunos em contextos de e-learning, na medida em que a adopção deste tipo de metodologias representa, normalmente, um acréscimo de trabalho para os professores envolvidos.

REFERÊNCIAS

- [1] V. Teodoro, "Educação e Computadores," in V. Teodoro, and J. Freitas, (Org.), *Desenvolvimento dos Sistemas Educativos: Educação e Computadores*. Lisboa, GEP/ME, 1992, pp. 8-25.
- [2] P. Dias, "Desenvolvimento de Objectos de Aprendizagem para Plataformas Colaborativas," in A. Mendes, (Org.), *Actas do VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa*. Monterrey, México, 2004, versão CD-ROM, pp. 3-12.
- [3] P. Lévy, *Cibercultura: Relatório para o Conselho da Europa no Quadro do Projecto «Novas Tecnologias: Cooperação Cultural e Comunicação»*. Lisboa: Instituto Piaget. Colecção Epistemologia e Sociedade, 1997.
- [4] P. Dias, *Hipertexto, Hipermédia e Media do Conhecimento: Representação Distribuída e Aprendizagens Flexíveis e Colaborativas na Web*. Revista Portuguesa de Educação, 13(1), CEEP - Universidade do Minho, 2000, pp. 141-167.
- [5] D. Garrison, and T. Anderson, *E-learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice*. London: RoutledgeFalmer, 2003.
- [6] M. Moore and G. Kearsley, *Distance Education – A Systems View*. Belmont (CA): Wadsworth Publishing Company, 1996.
- [7] J. Dugleby, *Como ser um Tutor Online*. Lisboa: Monitor – Projectos e Edições, Lda., 2002.
- [8] M.S.I. (2004, 30 de Maio). Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal. Missão para a Sociedade da Informação - Ministério da Ciência e da Tecnologia. Disponível em: <http://www.acesso.unic.pcm.gov.pt/docs/lverde.htm>
- [9] E. Cardoso and A. Machado, "A Problemática da Adopção de Ambientes de Ensino Distribuído no Ensino Superior" in P. Dias & C. V. de Freitas (Org.), *Actas da II Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, Desafios' 2001, Challenges' 2001*. Braga: Centro de Competência Nónio Século XXI da Universidade do Minho, 2001, pp. 489-497.
- [10] C. Carvalho (2004, 11 de Junho). Uma Proposta de Ambiente de Ensino Distribuído. Tese de Doutoramento. Departamento de Sistemas de Informação, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2001. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/688/1/TESE_CVC.pdf
- [11] F. Costa, (2004, 14 de Junho). Experiências de e-Learning na Universidade: Questões Pedagógicas e Tecnológicas. Disponível em: <http://www.fpce.ul.pt/pessoal/ulfpcost/c/default.asp?ACT=5&content=507&id=32&mnu=32>
- [12] F. Ramos, H. Caixinha, and I. Santos, "Factores de Sucesso e Insucesso na Utilização das TIC no Ensino Superior – a Experiência da Universidade de Aveiro," in F. Ramos, and O. Jambeiro, (Org.), *Internet e Educação a Distância*. Salvador: EDUFBA, 2002, pp. 185-194.
- [13] N. Morais, "Ambiente Virtual de Aprendizagem num Contexto de b-Learning," Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.
- [14] N. Morais, and I. Cabrita, "Ambiente Virtual de Aprendizagem num Contexto de b-Learning," in *Actas da V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação, Challenges 2007*, Braga, 2007, pp. 481-491.
- [15] N. Morais, and I. Cabrita, "Ambientes Virtuais de Aprendizagem no Ensino Superior: Comunicação (as)íncrona e Interação," in *Actas do IX Simpósio Internacional de Informática Educativa*. Porto: Escola Superior de Educação do Porto, 2007, pp. 223-228.
- [16] N. Morais, and I. Cabrita, "As Experiências e os Materiais de Aprendizagem em Contextos de b-Learning no Ensino Superior Politécnico," in *Actas do IX Congresso Internacional Galego-Portugues de Psicopedagogía*. Coruña: Universidade da Coruña – Galiza, 2007.

Nídia Morais (Chaves, 22 Setembro de 1977). Obteve a Licenciatura em Novas Tecnologias da Comunicação em 1999, uma Pós-Graduação em Gestão da Informação em 2002 e o Mestrado em Multimédia em Educação em 2006, tendo obtido todos os graus na Universidade de Aveiro, Aveiro - Portugal. É, desde 1999, docente na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viseu, com a categoria de Assistente do 2º Triénio desde 2003. Entre 1999 e 2000 desenvolveu também actividades como Web Designer. Lecciona disciplinas na área das Tecnologias da Informação e Comunicação, na sua maioria relacionadas com a edição e o tratamento de imagens digitais estáticas. Em termos de investigação, tem desenvolvido trabalho na área do e-learning, nomeadamente no que concerne à adopção de ambientes virtuais em contextos de aprendizagem no ensino superior, tendo publicado diferentes artigos no âmbito desta temática.



Isabel Cabrita (Aveiro, 6 Setembro de 1960). Obteve a Lic. em Matemática e Desenho em 1984 e o Doutoramento em Didáctica da Matemática e Tecnologia Educativa em 1999, ambos na Universidade de Aveiro, Aveiro-Portugal. É, desde 1986, docente na Universidade de Aveiro, com a categoria de Prof. Auxiliar desde 1999. Antes, foi professora de Matemática no Ensino Básico e Secundário durante 4 anos. Tem exercido a sua actividade profissional (lectiva, de investigação e de extensão) em torno das questões da educação em matemática e das tecnologias, principalmente informáticas. Tem publicações e orientações de teses de doutoramento e de mestrado, concluídas, nessas áreas. Dr. Cabrita é membro efectivo do Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF); da Rede Intercentros em Educação Matemática; da Associação de Professores de Matemática (APM) e da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação (SPCE).



Capítulo 3

Una Ontología para el Dominio de Evaluación del Aprendizaje

Lucila Romero e Horacio P. Leone

Title—An Ontology on Learning Assessment Domain

Abstract—Web technologies-based education poses the challenge of developing a learning environment that enables the design of flexible and personalized learning material that is adjusted to heterogeneous work environments, which guarantees material exchange and reuse.

This paper presents the development of an ontology that formalizes conceptualization in learning domain. It highlights the design and management of material to assess the teaching-learning process in distributed environments, including terms descriptions, taking into account work context, synonyms and morphologic variations, as well as abbreviations and the existing relationships among them.

This ontology helps learners, designers, teachers or automated software processes in their search, evaluation, acquisition and use of learning material, because it describes relevant characteristics of the learning components according to the IEEE Learning Object Metadata Standard.

Keywords—Assessment; Learning Environment; Learning Object Metadata; Ontology.

Resumen—El aprendizaje basado en tecnologías Web impone el desafío de desarrollar un ambiente de enseñanza que permita el diseño de contenidos de aprendizaje flexibles y personalizados, que se adapten a entornos heterogéneos de trabajo, y que garantice el intercambio y reutilización del material.

Este artículo presenta el desarrollo de una ontología que formaliza la conceptualización en el dominio de la educación. Esta ontología enfatiza el diseño y administración de material para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos

distribuidos, incluyendo descripciones de términos, teniendo en cuenta el contexto del trabajo, sinónimos y variaciones morfológicas, así como abreviaciones y las relaciones existentes entre ellos.

La ontología propuesta es una herramienta que ayuda a estudiantes, diseñadores, profesores o procesos automáticos de software en la búsqueda, evaluación, adquisición y utilización de material de aprendizaje, dado que describe las características relevantes de los componentes de enseñanza de acuerdo al Estándar de Metadatos de Objetos de Aprendizaje de IEEE.

Palabras clave— Entorno de Aprendizaje; Evaluación; Metadatos de Objetos de Aprendizaje; Ontología.

I. INTRODUCCIÓN

La introducción de la tecnología de la información en todos los ámbitos de la sociedad, y en la educación en particular, constituye un desafío en la necesidad de una renovación sustantiva en los métodos, organización y procesos de aprendizaje. Este cambio no consiste en la mera incorporación de las nuevas tecnologías sin la modificación de los modelos de enseñanza tradicionales. El desafío es proponer innovaciones no solo en tecnología sino en las concepciones y prácticas pedagógicas, modificando el modelo de enseñanza en su totalidad.

Las nuevas tecnologías no deberían ser una mera recepción pasiva de información sino un factor que ayude a construir y desarrollar un modelo de aprendizaje más flexible, enfocado en la construcción de conocimiento a través de una amplia gama de recursos.

Esto requiere un acercamiento científico, tecnológico y productivo que valore otras capacidades diferentes a las propuestas por la educación tradicional. Esta aproximación está relacionada con una clase de educación que permita a los estudiantes desarrollar sus habilidades, así como también pensar, actuar y compartir experiencias con capacidades creativas y críticas, tanto a nivel de individual como grupal. Esto también les permitirá administrar su aprendizaje, desarrollando la confianza en sí mismos para la toma de decisiones, incorporando habilidades para la comunicación y

Este trabajo fue presentado originalmente en la 2da CONFERENCIA IBÉRICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN. CISTI 2007.

L. Romero trabajaba en el Instituto de Desarrollo y Diseño, Ingar, Conicet. Avellaneda 3657, 3000, Santa Fe, Argentina. Actualmente trabaja en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, 3000, Santa Fe, Argentina. Teléfono: 54-0342-456-4154; (e-mail: lromero@ceride.gov.ar).

H. P. Leone, es Investigador Independiente del CONICET en el Instituto de Desarrollo y Diseño-INGAR (Avellaneda 3657) y Profesor Titular del Departamento Sistemas de la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional (Lavalse 610) 3000, Santa Fe, Argentina. (e-mail: hleone@santafe-conicet.gov.ar).

estrategias intelectuales e instrumentales para enfrentar y resolver problemas.

En un ambiente tecnológico-pedagógico, la evaluación se convierte en un factor clave. Basado en la evaluación, el aprendizaje que incorpora nuevas tecnologías está beneficiado por una retroalimentación de calidad a través de un aprendizaje personalizado tornando a este proceso una experiencia altamente interactiva a través de plataformas Web.

En estas aplicaciones, en las que la interoperabilidad compromete datos cruciales, la necesidad de funcionamiento en múltiples aplicaciones, entornos y configuraciones de hardware y software, hace necesario establecer un mecanismo común de entendimiento, que establezca una conceptualización común, teniendo en cuenta sinónimos y variaciones morfológicas, abreviaciones, relaciones y el contexto de la terminología utilizada. Una base común puede concretarse a través de la definición de una ontología que facilite la navegación a través del contenido educativo y que permita la interoperabilidad de la información con la utilización de especificaciones formales y explícitas para una conceptualización común en el dominio del aprendizaje.

Esta ontología puede utilizar estándares que formalicen la definición de los datos a través del desarrollo de componentes de aprendizaje reusables, capturando sus características con descripciones de metadatos ampliamente aceptadas.

De acuerdo al objetivo de este trabajo, se asume que un Objeto de Aprendizaje ("*Learning Object*", LO) es la mínima unidad lógica[1] de material de aprendizaje que puede ser manipulado y supervisado desde una plataforma educativa. Un LO es una colección de elementos que se transforman en una parte independiente y definida del material de aprendizaje.

Una instancia de metadatos para un LO describe las características relevantes del objeto al que se aplican, con el objetivo de facilitar búsquedas, evaluaciones, adquisición e intercambio y utilización del LO por profesores, alumnos o procesos automatizados por software. Se seleccionó el Estándar para Metadatos de Objetos de Aprendizaje de IEEE[2] entre otros estándares debido a su amplia utilización en la descripción formal del conjunto mínimo de atributos necesarios para hacer que un LO sea más fácil de gestionar, buscar y adquirir.

El resto de este capítulo se organiza como se indica a continuación. La sección II introduce un entorno de aprendizaje que provee la plataforma para una herramienta de administración de las evaluaciones integradas al mismo. La sección III describe aspectos tecnológicos relacionados al modelado e implementación de la ontología educativa. Finalmente, se presentan conclusiones y trabajos futuros en la sección IV.

II. ENTORNO DE APRENDIZAJE

Para el implementación e integración de la ontología a un ambiente de aprendizaje, se seleccionó la plataforma denominada AdaptWeb[3], desarrollada bajo el concepto y con herramientas de software libre.

AdaptWeb es un sistema de autoría robusto que provee a los diseñadores de material de aprendizaje con opciones de diseño muy flexibles para estructurar y organizar contenidos de aprendizaje para cursos en la Web.

A. Organización del Contenido Educativo

El contenido de aprendizaje para esta plataforma se organiza definiendo contenidos en una estructura jerárquica, donde el elemento raíz, corresponde a la asignatura que está siendo implementada. El elemento raíz de la estructura jerárquica es un elemento de agregación de los componentes que se incorporan en niveles inferiores. La estructura puede contener ramificaciones de la complejidad deseada.

Un concepto es un componente de aprendizaje y puede estar relacionado a una unidad, módulo, tema o lo que el diseñador del material de aprendizaje considere apropiado para alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos. Una página html se asocia a cada concepto, y cada una de estas páginas contiene el material para el estudiante. Además, cada concepto puede estar asociado a ejemplos, ejercicios y material complementario.

Se seleccionó AdaptWeb debido a que presenta la ventaja de adaptar el camino seguido por los estudiantes en su búsqueda del material de estudio de acuerdo a comportamientos definidos por el diseñador y ajustados a las características particulares del estudiante, para quien se adapta el material y la navegación sobre el mismo.

Consecuentemente, el orden en el cual se muestra el material de aprendizaje está basado en un secuenciamiento definido en el momento del diseño y en características particulares de los estudiantes, de acuerdo a sus preferencias, habilidades, etc. De este modo, la estructura del material se ajustará a requerimientos educativos particulares.

B. Herramienta de Evaluación

En este contexto, los autores de este trabajo están desarrollando una herramienta para el diseño y administración de evaluaciones. Esta herramienta permitirá a profesores evaluar apropiadamente a estudiantes que están siguiendo un curso implementado en la Web, en el ambiente AdaptWeb, respetando su interfase y diseño, en forma absolutamente integrada a ésta plataforma.

El modelo de esta herramienta de evaluación incorpora nuevos componentes en el contenido del material asociado a los conceptos definidos en la estructura jerárquica: Actividades y Evaluaciones.

Las Actividades constituyen un banco de ítems o consignas que estarán disponibles para conformar una evaluación. Las tres clases de actividades que pueden ser definidas son:

- Actividades que corresponden a preguntas tipo Opciones Múltiples, incluyendo la posibilidad de definir alternativas ilimitadas. Cada opción podría ser aceptada o no como correcta, y más de una opción podría seleccionarse.
- Actividades que corresponden a preguntas de tipo verdadero o falso.
- Actividades que requieren respuestas de desarrollo libre.

Un concepto puede estar asociado a un número ilimitado de actividades o puede no tener actividades asociadas. Para cada actividad, es necesario especificar la respuesta correcta. Las actividades de evaluación estarán incorporadas al sistema de manera de implementar la corrección automática en el momento que sea requerida por el profesor. Se propondrá una respuesta tentativa como respuesta correcta, en el caso de las actividades de desarrollo, ya que este tipo de actividad de evaluación requieren un texto libre ingresado por el alumno, el cual no puede ser corregido automáticamente y será evaluado posteriormente por el profesor.

III. DESARROLLO DE LA ONTOLOGÍA

A. Aspectos Técnicos

Para el modelado de este entorno computacional, se utilizó el lenguaje de modelado unificado UML, que ha probado ser una herramienta altamente eficiente para la transmisión de las características del modelo de un sistema de software desde diferentes perspectivas. De la misma manera se han tenido en cuenta patrones de diseño ya que encapsulan la experiencia de diseño de expertos proveyendo las mejores prácticas en el diseño de software.

Para la definición de la ontología, se utilizó la metodología propuesta por Grüninger y Fox[4], en la cual se propone identificar los escenarios principales, esto es, posibles aplicaciones en las cuales la ontología será utilizada. Luego se utilizan un conjunto de preguntas en lenguaje natural, llamadas preguntas de competencia, para determinar el alcance de la ontología. Estas preguntas, y sus respuestas, se utilizan para extraer los conceptos principales de la ontología, así como sus propiedades, relaciones y axiomas formales.

Para el desarrollo de la ontología, se utilizó la herramienta de modelado de ontologías Protégé[5] dado que permite la expresión de la ontología en el formato estándar de W3C (OWL, "Ontology Web Language"). La ontología se exportó en un formato adecuado para su utilización por agentes basados en Java como Jena. De este modo, la ontología está disponible y puede ser utilizada por otros investigadores.

B. Identificación de los escenarios motivadores

El entorno de trabajo presenta una innovación que puede ser aplicada a todas las modalidades de educación: tradicional, *e-learning*, o mixta (*blended learning*), implementando las particulares características descritas en la sección II.

Se incorporó un modelo para la representación de evaluaciones y sus resultados, conformando un trayecto académico basado en adaptabilidad donde, los estudiantes se entrenan e involucran, haciendo uso de sus fortalezas individuales, elaborando y desarrollando sus áreas de interés dentro del esquema de la plataforma de aprendizaje. Se utilizan auto evaluaciones *online*, dado que las mismas le facilitan al estudiante controlar este proceso, evaluando en forma continua su conocimiento y habilidades.

El desarrollo de esta herramienta de evaluación, integrada a una plataforma de aprendizaje, permite estructurar los

contenidos de aprendizaje registrando información del progreso del estudiante, así como dosificar la entrega de material en la experiencia de aprendizaje. De este modo, estableciendo el grado de progreso del alumno, y registrando su actividad, será posible administrar la transmisión del contenido.

La automatización está garantizada así como los aspectos de producción, edición y mantenimiento de evaluaciones a través de la conceptualización, diseño y elaboración de actividades objetivas y de desarrollo. Además, se ha implementado en forma integrada un mecanismo automatizado de administración para la corrección. Las actividades involucradas en la evaluación quedan debidamente documentadas para ser reutilizadas, conformando un sistema de evaluación orientado al sujeto que emplea el sistema, lo cual permite que este corrija sus propios trabajos.

El material utilizado en la plataforma está conceptualizado como LO y descrito a través de metadatos estandarizados para facilitar la reutilización, y posibilitar el intercambio de los contenidos.

C. Elaboración de preguntas de competencia informales

Siguiendo la metodología presentada en el punto III.A, en esta sección se presentan algunas de las preguntas de competencia informales planteadas:

- Dada una disciplina D, ¿Cuáles son los objetos de aprendizaje del tipo de interactividad mixto?
- Dada una escala de nivel de dificultad (baja, media, difícil), ¿Cuál es el nivel de dificultad del objeto de aprendizaje L?
- Dada una disciplina D, ¿Qué actividades están asociadas al concepto P?
- Dado un estudiante A, ¿Qué evaluación resolvió?
- ¿Qué estudiantes resolvieron la evaluación E?
- ¿Qué actividades están asociadas a la evaluación E?
- Dada una evaluación E, ¿Qué actividades asociadas corresponden a la clase *Multiple Choice*? (se utiliza el término "*Multiple Choice*" para mantener la consistencia con los conceptos utilizados en la ontología y el estándar en que se basó la misma)
- Dada una escala de puntuación, ¿Qué nota obtuvo el estudiante A?

D. Especificación de términos

Para la formalización de los conceptos, se consideraron los términos específicos del proceso de evaluación y los elementos que están presentes en la plataforma que son necesarios para el desarrollo del trabajo.

1) Términos principales de "Learning Object Metadata"

La Figura 1 presenta un diagrama conceptual que muestra clases y relaciones que surgen de los Metadatos de Objetos de Aprendizaje. En este caso, se describen las categorías de elementos de datos *General* y *Life Cycle*.

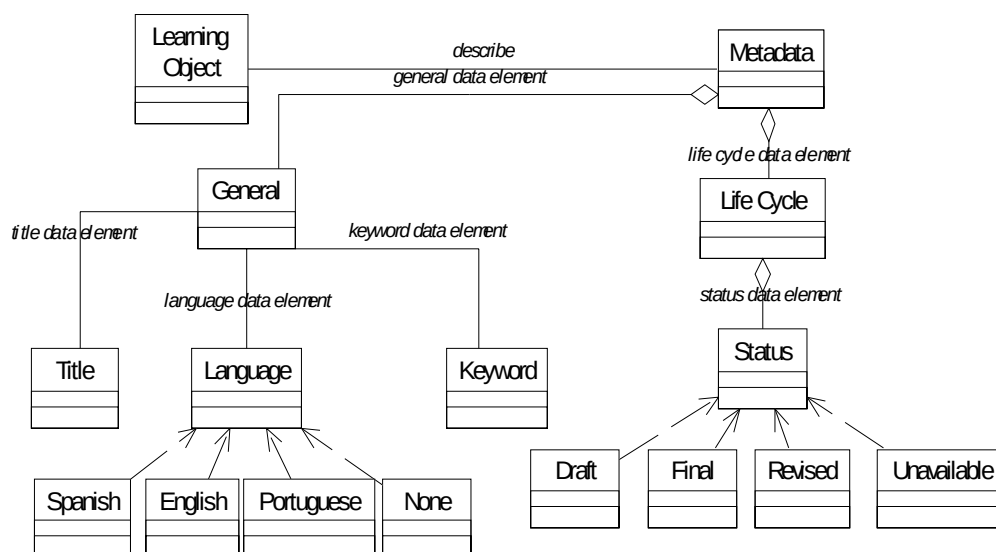


Fig. 1. Elementos de datos General y Life Cycle.

Los diagramas UML están basados en la estructura jerárquica del Estándar de Metadatos de Objetos de Aprendizaje de IEEE. En los diagramas se utilizó el idioma del estándar, de manera de no modificar su terminología original. Del mismo modo, en el texto del artículo en donde se mencionan los Metadatos, y en el desarrollo de la ontología se utiliza el mismo idioma.

En esta figura se identifican las siguientes clases:

- *Learning Object* es una clase que define una entidad que puede ser utilizada para aprendizaje o educación.
- *Metadata* es una clase que describe las características relevantes de los LO a los que se aplica. Esta clase agrega a las clases *General* y *Life Cycle*.
- *General* es una clase que define una descripción general de un LO y además agrega las clases *Title*, *Keyword* y *Language*. En la clase *Language*, se definen las instancias *Spanish*, *English* y *Portuguese* dado que son los idiomas que serán utilizados por los actores del sistema. La instancia *None* refleja los objetos de aprendizaje sin idioma (como sería el caso de una imagen).
- *Life Cycle* es una clase que agrega la clase *Status* para la descripción del estado actual del LO. Esta última clase tiene las instancias *Draft*, *Final*, *Revised* y *Unavailable*.

La Tabla I muestra los términos principales que surgen del estudio de los escenarios de aplicación y preguntas de competencia de los elementos de datos *General* y *Life Cycle*. La Tabla II presenta las relaciones existentes entre los términos que surgen del mismo análisis.

La Figura 2 muestra un diagrama conceptual UML que resume las clases y relaciones correspondientes a Metadatos de Objetos de Aprendizaje. En este caso particular, se describe la categoría elementos de dato *Educational*, a partir del cual se presentan los términos que permiten describir los niveles de interactividad, la duración, el grado de dificultad así como el contexto de aprendizaje en el cual se desarrolla la actividad.

Las clases y relaciones que se muestran en este diagrama se describen y tabulan de la misma manera que en el caso anterior de acuerdo a la metodología seguida.

TABLA I
CONCEPTOS PRINCIPALES DE ELEMENTOS DE DATO GENERAL Y LIFE CYCLE

Nombre	Descripción	Tipo
<i>Learning Object</i>	Entidad que puede ser utilizada para aprendizaje, educación o entrenamiento.	Concepto
<i>Metadata</i>	Descripción de las características relevantes de un LO.	Concepto
<i>General</i>	Información general que describe un LO.	Concepto
<i>Title</i>	Nombre dado a un LO.	Concepto
<i>Keyword</i>	Frase que describe los tópicos de un LO.	Concepto
<i>Language</i>	Idioma utilizado en un LO.	Concepto
<i>Life Cycle</i>	Describe la historia y estado actual de un LO.	Concepto
<i>Status</i>	Condición de un LO.	Concepto

TABLA II
RELACIONES ENTRE CONCEPTOS DE ELEMENTOS DE DATO GENERAL Y LIFE CYCLE

Nombre	Concepto Fuente	Cardinalidad Fuente	Concepto Destino	Relación Inversa
<i>General Data Element</i>	Metadata	1	General	Inverse of general data element
<i>Title data element</i>	General	1	Title	Inverse of title data element
<i>Language data element</i>	General	N	Language	Inverse of language data element
<i>Keyword data element</i>	General	N	Keyword	Inverse of keyword data element
<i>Life Cycle data element</i>	Metadata	1	Life Cycle	Inverse of life cycle data element
<i>Describe</i>	Metadata	1	LO	Inverse of describe

2) Términos principales de Entorno de Aprendizaje y Herramienta de Evaluación

La figura 3 muestra un diagrama conceptual UML que resume las clases principales y relaciones correspondientes a la descripción de la plataforma de aprendizaje utilizada, resaltando la conceptualización de elementos característicos de la evaluación en el proceso de enseñanza. Se identifican las siguientes clases:

- *Course*, es una clase que identifica la carrera bajo estudio. Un curso está asociado con diferentes clases: *Discipline*, *Actor*, *Concept*, etc.
- *Discipline*, es una clase que identifica la disciplina bajo estudio.
- *Actor*, es una clase que identifica los participantes del entorno de aprendizaje. *Teacher* y *Student* son subclases de la clase *Actor*. Un Actor integra un curso y pertenece a una *Disciplina*.
- *Concept*, es una clase que identifica unidades, temas o módulos de material de aprendizaje. Un concepto posee prerequisites y subconceptos. Un concepto conforma una disciplina.
- *Material*, es una clase que identifica diferentes materiales que pueden estar asociados a un concepto. *Assessment* y *Activity* son subclases de esta clase. *Assessment* se corresponde con *Assessment Student*, cuyas instancias son las evaluaciones resueltas por los alumnos. Las instancias de *Student* responden a una instancia de *Assessment Student*.
- *Activity* es una clase que describe ítems que conforman una evaluación y está asociado a la clase *Answer* que identifica las respuestas propuestas para una actividad. Las respuestas se tipificarán como subclases *Multiple*, *ToF* y *Development*.
- *Multiple* es una clase que contiene opciones ilimitadas para que los alumnos seleccionen.

La Tabla III muestra los términos principales que surgen del estudio de los escenarios de aplicación y preguntas de competencia del desarrollo del trabajo sobre la plataforma educativa.

La Tabla IV muestra las relaciones existentes entre los términos surgidos del mismo análisis. En la misma se aprecian la cardinalidad de las relaciones, los conceptos fuente y los conceptos destino de las mismas.

E. Implementación de la Ontología

Las preguntas de competencia propuestas en la sección C determinan el alcance de la ontología y son utilizadas para evaluar la expresividad de la misma. La herramienta Protégé trabaja con 38 clases OWL y cerca de 50 propiedades, considerando las relaciones y sus tipos inversos.

La figura 4 muestra la ontología desarrollada. Utilizando la herramienta mencionada en el párrafo anterior, se ingresaron instancias de casos reales. Estos casos fueron tomados de la materia Paradigmas de Programación, que se encuentra en el segundo nivel de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, pertenecientes a la Universidad Tecnológica

Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Argentina. En el código OWL, se pueden apreciar las clases definidas, las restricciones implementadas, la clase de datos y las instancias utilizadas.

TABLA III
CONCEPTOS PRINCIPALES DEL ENTORNO DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Nombre	Descripción	Tipo
<i>Material</i>	Un ejemplo, ejercicio, material complementario, evaluación o actividad asociada a un concepto.	Concepto
<i>Concept</i>	Una unidad o módulo de material de aprendizaje.	Concepto
<i>Assessment</i>	Test, pruebas o evaluaciones del proceso de aprendizaje.	Concepto
<i>Activity</i>	Ítems, preguntas que son parte de una evaluación.	Concepto
<i>Answer</i>	La respuesta propuesta a una actividad de tipo verdadero o falso, la opción propuesta a una actividad de opciones múltiples o la respuesta propuesta para una actividad de desarrollo.	Concepto
<i>Multiple</i>	Respuesta de tipo opciones múltiples que incluyen un número ilimitado de opciones. Los estudiantes deben seleccionar una opción.	Concepto
<i>ToF</i>	Afirmaciones o respuestas cuyo valor es verdadero o falso. Los estudiantes deben seleccionar una de las alternativas.	Concepto
<i>Development</i>	Los estudiantes deben responder las preguntas en una modalidad de desarrollo libre.	Concepto
<i>Options</i>	Opción propuesta a una respuesta de tipo opciones múltiples.	

TABLA IV
RELACIONES ENTRE CONCEPTOS DEL ENTORNO DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Nombre	Concepto Fuente	Cardinalidad Fuente	Concepto Destino	Relación Inversa
<i>Add</i>	<i>Assessment</i>	N	<i>Activity</i>	Inverse of Add
<i>Answer</i>	<i>Answer</i>	N	<i>Activity</i>	Inverse of answer
<i>Support</i>	<i>Material</i>	N	<i>File</i>	Inverse of support
<i>Contain</i>	<i>Multiple</i>	N	<i>Options</i>	Inverse of contain
<i>Compose</i>	<i>File</i>	1	<i>Concept</i>	Inverse of compose

El sistema implementa la lógica descriptiva SHIQ y soporta la especificación de axiomas terminológicos generales.

RACER[6] puede manipular definiciones múltiples o aún definiciones cíclicas de conceptos.

En la Figura 5 se muestra una parte de un ejemplo de una pregunta de competencia manipulada por Jena[7]. En este caso corresponde a la pregunta “Cuáles son las actividades de tipo opciones múltiples correspondientes a la evaluación ED1?”. A través de la implementación de estas preguntas, los autores de este artículo evaluaron la ontología.

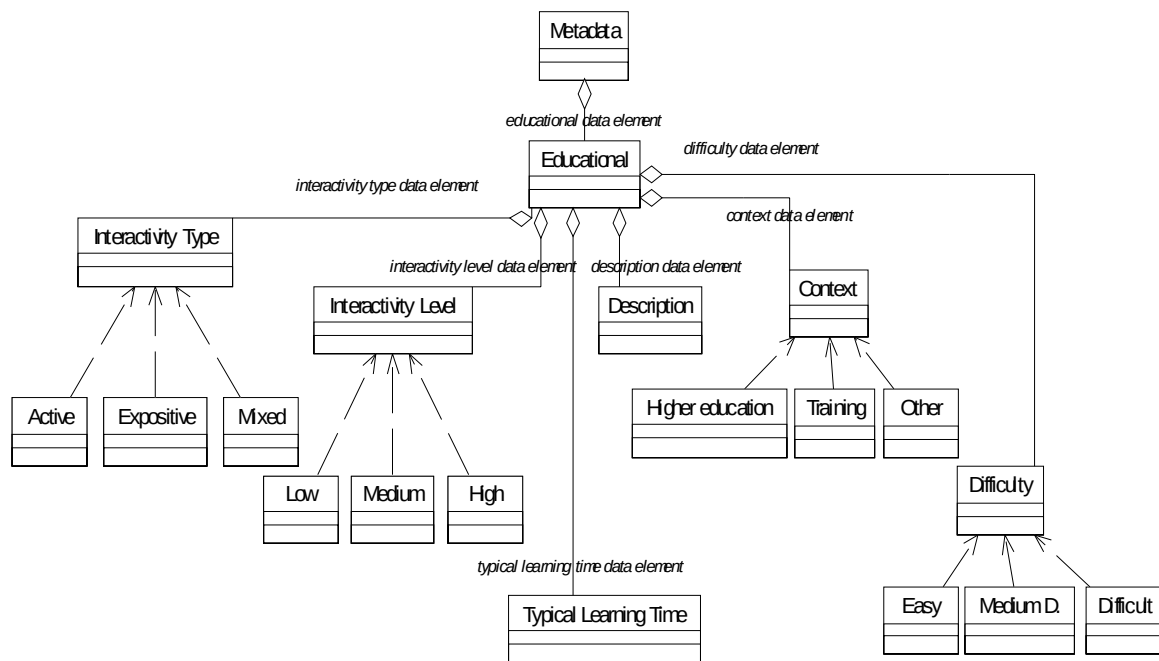


Fig. 2. Elementos de datos Educational

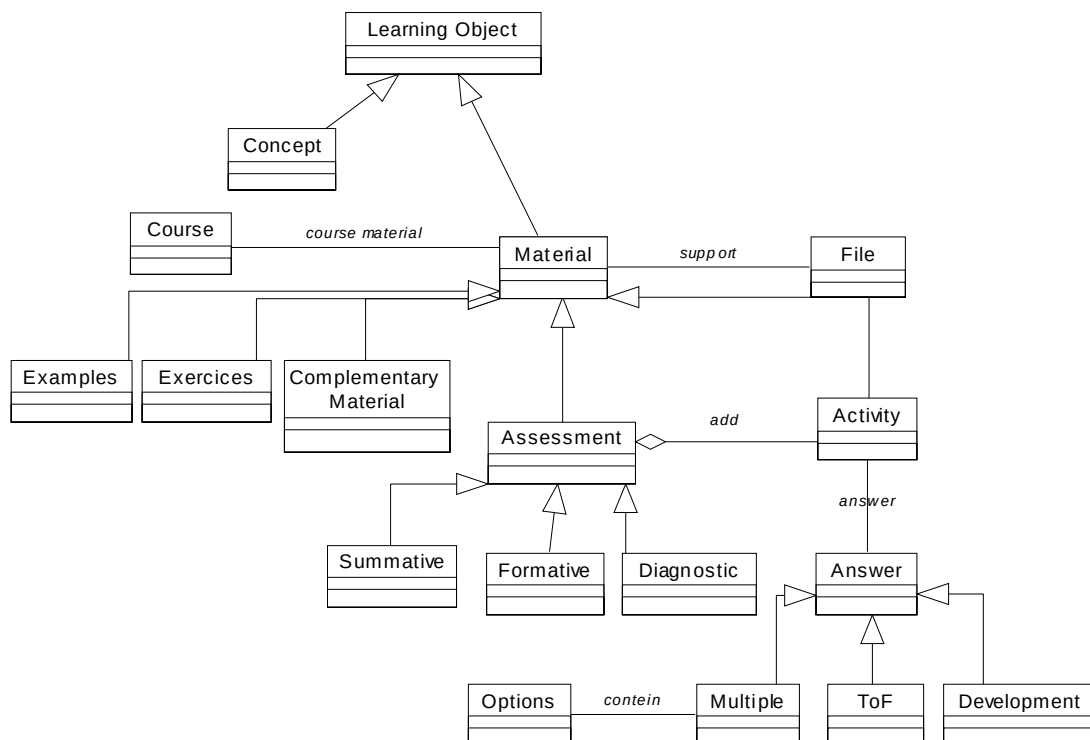


Fig. 3. Términos principales del Entorno de Aprendizaje y Herramienta de Evaluación

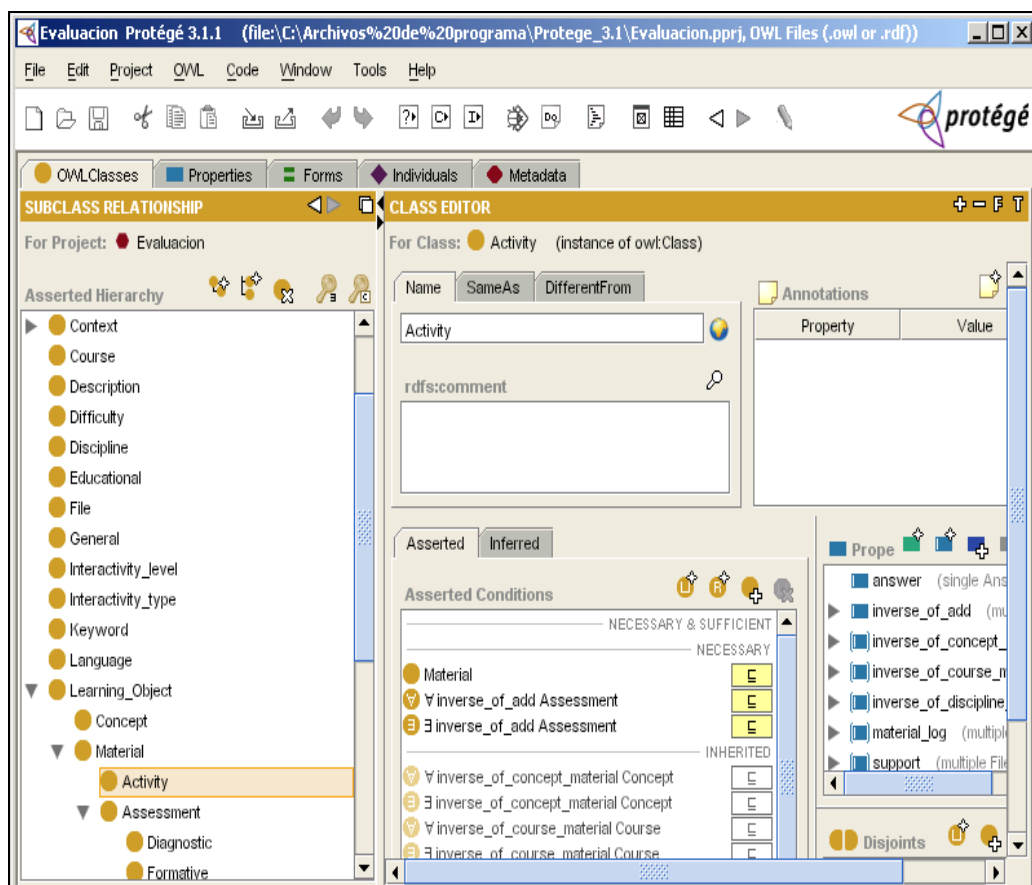


Fig. 4. Una vista de la ontología desarrollada en la herramienta Protégé.

```
private static void consulta7(Model model) {
    String queryString = "SELECT ?x WHERE
(<o:#ED_1>, <o:#add>, ?x) "+
    " (?x, <o:#answer>, ?y) " +
    " (?y, <s:#type>, <o:#Multiple>) " +
    "USING o FOR <http://www.owl-ontologies.com/unnamed.owl> "+
    "s FOR <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns>";
    Query query = new Query(queryString);
    query.setSource(model);
    QueryExecution qe = new QueryEngine(query);
    QueryResults results = qe.exec();
    System.out.println("");
    System.out.println("Question N 7");
    System.out.println("");
    System.out.println("Which are the multiple
choice activities corresponding to assessment
ED1?");
    System.out.println("");
}
```

Fig. 5. Implementación de una pregunta de competencia.

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El interés en el empleo de ontologías como una herramienta para expresar formalmente conceptos, está creciendo dentro de la comunidad de la enseñanza, ante la necesidad de montar el amplio cuerpo de trabajo realizado sobre plataformas computacionales que permitan un pasividad en el empleo de los mismos. Actualmente existe una creciente necesidad de desarrollar ontologías sobre el proceso de enseñanza-

aprendizaje que puedan utilizarse por agentes humanos y de software. Las ontologías proveen soporte para resolver problemas derivados de la heterogeneidad de la información y optimizan el procesamiento de datos proveniente de diferentes fuentes.

Este artículo describe una ontología que permite el diseño de material de aprendizaje flexible y personalizado. Permitiendo, de este modo, la formalización y la conceptualización en el dominio evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje en entornos distribuidos.

La ontología fue desarrollada sobre la base de la plataforma AdaptWeb para implementar cursos en la Web, proponiendo un modelo de herramienta de evaluación de este proceso que no estaba incluido en la plataforma previamente.

La formalización de los términos utilizados en el dominio anteriormente descrito incluye la utilización de metadatos estandarizados que describen los recursos diseñados para el aprendizaje, y colaboran con la reutilización de estos componentes.

De esta manera, la definición de los conceptos que pertenecen al dominio de trabajo facilita la interoperabilidad en entornos de aprendizaje heterogéneos y la utilización de componentes flexibles y adaptados ideales para la educación basada en tecnologías Web. Paralelamente, permite el diseño de contenidos avanzados de aprendizaje flexibles y

personalizados, ya que describe las características relevantes de los componentes utilizados.

Los autores de este trabajo proponen desarrollar esta herramienta para evaluar el proceso de aprendizaje integrado a la plataforma AdaptWeb con el propósito de obtener un entorno de aprendizaje adaptado a diferentes situaciones e intereses de los estudiantes y a su nivel de conocimiento alcanzado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al financiamiento y apoyo provisto por el CONICET, la Universidad Nacional del Litoral y la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

- [1] Learning Systems Architecture Lab, Carnegie Mellon (2003). SCORM, Best Practices Guide for Content Developers. 1st edition.
- [2] Learning Technology Standards Committee of the IEEE Computer Society (2002). IEEE Standard for Learning Object Metadata. 1484.12.1-2002.
- [3] Palazzo Moreira de Olivera, J., Silva Muñoz, L., de Freitas, V., Marçal, V., Gasparini, I., Amaral, M. (2003). AdaptWeb: an Adaptive Web-based Courseware. III ANNUAL ARIADNE CONFERENCE. Leuven, Belgium.
- [4] Grüninger, M. Fox, M. S. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing.
- [5] Knublauch, H., Ferguson, R., Noy, N., Musen, M. (2004). The Protégé OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications - Third International Semantic Web Conference, Hiroshima.
- [6] Haarslev, V., Möller, R. Wessel, M. (2004). RACER User's Guide and Reference Manual. Version 1.7.19. - University of Hamburg.
- [7] Dickinson, I., The Jena Ontology API.



Lucila Romero es docente en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, Argentina).

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de postgrado, correspondientes a la Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información en la Universidad Tecnológica Nacional. Su trabajo de tesis fue desarrollado en el Instituto de Desarrollo y Diseño (INGAR) dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica de la Argentina

(CONICET).



Horacio P. Leone es Profesor Titular en el Dept. Sistemas de la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional'' (Santa Fe, Argentina), en donde es actualmente Director de Departamento. Además reviste como Investigador Independiente del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica de la Argentina (CONICET), desempeñándose en el Instituto de Investigación y Desarrollo. Obtuvo su doctorado en

Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Litoral en 1986 y fue Postdoctoral Fellow en el Massachusetts Institute of Technology (1986–1989). Actualmente sus actividades de investigación se focalizan en el desarrollo de sistemas de información que integren aplicaciones sobre la WEB semántica.

Capítulo 4

Aplicação do Processo de Avaliação pelos Pares da Comunicação Empresarial Via Web

Paula Peres e Pedro Pimenta

Title— Peer evaluation of enterprise web communication.

Abstract— Learning evaluation may be also a learning strategy. This article describes a peer evaluation process occurred on web environment where we tried engage students through an online interactive evaluation of learning. This project was carried out in the context of "TIC I", a semestrial unit in the Business Communication course of Institute of Accounting and Administration of Porto. The purpose is to give 1st year students elementary concepts and competences to analyse and discuss an enterprise web communication.

Keywords— Educational technology, learning systems, computer science education, cooperative systems.

Resumo—A avaliação da aprendizagem é também um momento de aprendizagem. No trabalho desenvolvido pretendeu-se implementar um processo de avaliação cuja definição e realização passasse pelo envolvimento activo dos alunos e com recurso às tecnologias. Este artigo descreve uma experiência de avaliação pelos pares, realizada no âmbito da disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação I, do curso de Comunicação Empresarial do ISCAP. Os alunos deveriam avaliar, mediante factores consensuais de qualidade estabelecidos, as formas que cada grupo utilizou para efectuar a comunicação empresarial via web. Simultaneamente deveriam apresentar sugestões de melhorias. Este processo, de avaliação, exigiu dos alunos um comportamento activo e promoveu a responsabilização sobre os trabalhos desenvolvidos. Ofereceu, aos alunos, a oportunidade de aprenderem uns com os outros e de aprenderem a criticar construtivamente. Este artigo resume as actividades executadas e, no final, apresenta os resultados obtidos, com as forças e fraquezas inerentes às tarefas desenvolvidas.

Palavras-chave— Avaliação pelos pares; b-learning; comunicação web; aprendizagem por projecto.

Este trabalho foi apresentado originalmente na 2ª Conferencia Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação - CISTI 2007.

Paula Peres, ISCAP- IPP – Instituto Politécnico do Porto (telefone: 351-22-9050000; fax: 351-22-9025899; e-mail: pperes@iscap.ipp.pt).

Pedro Pimenta, Universidade do Minho (e-mail: pimenta@dsi.uminho.pt).

I. INTRODUÇÃO

A avaliação da aprendizagem é também um momento de aprendizagem. A actividade de avaliação pelos pares utiliza a crítica como catalisadora do desenvolvimento da capacidade de avaliação, senso de ética e responsabilidade. A avaliação é, de uma forma geral, um processo de recolha e análise de informação, sobre o conhecimento, capacidades e/ou atitudes dos alunos. Os parâmetros e critérios de avaliação são essenciais para a clarificação dos resultados da aprendizagem pretendidos.

Estas premissas conduziram ao desenho de actividades de avaliação pelos pares, na comunicação empresarial via web, que é descrita neste artigo. A experiência decorreu ao longo do primeiro semestre do ano lectivo de 2006/07 e envolveu uma turma, num total de 30 alunos inscritos na disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação I (TIC I), do 1º ano da licenciatura em Comunicação Empresarial, do Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto (ISCAP). A disciplina foi leccionada no primeiro semestre e teve uma carga horária, semanal, de 4.5 horas, distribuídas por 2 aulas teórica-prática. As aulas foram leccionadas em salas equipadas com computadores ligados à Internet. Os alunos têm em média 19 anos. Pela análise de um questionário realizado no início do semestre, verificou-se que 75% dos alunos possuem computador em casa, com ligação à Internet por meio de banda larga.

II. PROPÓSITOS/OBJECTIVOS

No trabalho desenvolvido pretendeu-se implementar um processo de avaliação cuja definição e realização passasse pelo envolvimento activo dos alunos e utilizasse as tecnologias da informação e comunicação web.

O planeamento das actividades de aprendizagem foi suportado nos seguintes objectivos transversais (OT) às disciplinas do curso de Comunicação Empresarial:

OT1. Os alunos devem saber utilizar as tecnologias de informação e comunicação como ferramentas para a comunicação empresarial.

A comunicação é uma área estratégica para as empresas. Actualmente as empresas utilizam a Internet para comunicarem com os clientes, fornecedores e com a comunidade em geral, para venderem os seus produtos e serviços ou, simplesmente, para publicitarem o seu nome. O site da instituição é um excelente veículo para tornar conhecida a filosofia da empresa e aproximar a organização de todos os seus públicos. Ou seja, a Internet constitui hoje uma ferramenta essencial de comunicação entre a empresa e o público externo.

O assessor de comunicação, seja ele um jornalista ou um relações públicas, é o profissional que deve garantir que a empresa utiliza potencialmente este novo canal de comunicação. No contexto da disciplina de TIC I foi sugerido aos alunos que, em grupo de 2 ou 3 elementos, desenvolvessem um site institucional que representaria a presença de uma empresa, fictícia, na Internet.

O Blog é uma abreviatura de weblog. O que distingue o blog de um site convencional é a facilidade que este proporciona de actualização, dinamismo apoiada numa organização temporal automática das mensagens, ou post. Em linhas gerais um blog pode ser descrito como um website flexível com mensagens organizadas por ordem cronológica inversa e com uma interface de edição simplificada, através da qual o autor pode inserir novos posts sem necessidade de escrever qualquer tipo de código em HTML. Os blogs podem ser de autoria individual ou colectiva. Um weblog é construído e gerido por programas e ferramentas disponíveis na Internet. Os utilizadores têm a possibilidade de inserir um post e/ou comentários, a partir de qualquer browser.

Para além do desenvolvimento de um site empresarial na Internet, foi sugerido aos alunos que criassem um blog da empresa com a principal finalidade de explicitação da comunicação inter-empresas (grupos). A utilização dos blogs na educação apresenta-se como catalisador na construção da identidade colectiva podendo suportar o mecanismo de cooperação para a construção do conhecimento. Chaves [3] aborda a necessidade de se escolher uma tecnologia que seja uma aliada da aprendizagem em termos de consistência, clareza, navegabilidade e rapidez.

OT2. Os alunos devem desenvolver a capacidade de comunicação escrita e verbal.

O desenvolvimento de competências de expressão escrita constitui um requisito essencial para um bom desempenho no contexto escolar e profissional futuro. A linguagem escrita, pelas suas características, pode ser considerada um elemento facilitador da estruturação do pensamento, quer no quadro mais restrito da realização de uma tarefa específica, quer no quadro mais alargado do desenvolvimento cognitivo de um sujeito, contribuindo mesmo para a emergência do raciocínio lógico e formal [1].

A escrita promove a reflexão sobre as ideias e as formas de expressão que no ecrã ou no papel se tornam concretas e permanentes. Enquanto processo cognitivo, a escrita desempenha um papel fundamental não apenas de explicitação do conhecimento construído, mas também no próprio processo

de organização e o aprofundamento das ideias. Qualquer trabalho científico tem um determinado enquadramento teórico que o seu autor deve não só conhecer bem, mas também ser capaz de explicitar, num processo que pressupõe uma postura crítica e uma capacidade de avaliar [4].

As actividades desenvolvidas tiveram como objectivo paralelo o desenvolvimento da capacidade de comunicação escrita, pela utilização do blog, e verbal pela apresentação final, aos colegas, do trabalho desenvolvido. Teve ainda como suporte as seguintes premissas (P):

P1. Necessidade de identificar os parâmetros e critérios de avaliação em linha com os objectivos da disciplina. A clarificação dos objectivos promove a obtenção dos resultados da aprendizagem. Se os alunos não forem capazes de entender o que se pretende não poderão ter sucesso nas suas aprendizagens. A actividade proposta teve em linha de conta a forma como os alunos seriam avaliados. O trabalho deveria ou fazer parte da avaliação ou prepará-los para o exame final. Optou-se pela realização de actividades a incluir no processo de avaliação.

P2. Importância de responsabilizar os alunos no processo de avaliação. Quando um aluno é convidado a reflectir, de forma crítica, sobre o seu trabalho e o dos colegas, torna-se mais sensível ao valor de um trabalho de qualidade. Por outro lado, dessa forma, promove-se a responsabilização dos alunos e a emissão de juízos, elevando assim os níveis de conhecimento atingidos.

As actividades desenvolvidas incluíram a avaliação do processo de funcionamento interno inerente a cada grupo de trabalho. Dessa forma, procurou-se evitar as situações em que, num trabalho de grupo, apenas um elemento efectivamente se dedica às tarefas e paralelamente motivar a comunicação intra-grupo.

III. OBJECTIVOS DA APRENDIZAGEM

A taxonomia de BLOOM (Bloom's Taxonomy of the Cognitive Domain) [2] determina objectivos educacionais no domínio cognitivo e identifica seis níveis de aprendizagem: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese, e avaliação. Estes níveis são considerados acumulativos em que a construção de cada nível é baseada no sucesso do nível anterior. Muitas pesquisas têm sido conduzidas sobre este modelo que tem transcendido o factor idade e modo de formação, em diferentes áreas de estudo.

É importante a definição clara dos objectivos da aprendizagem de forma a não conduzir a interpretações subjectivas.

O programa da disciplina de TIC I divide-se nas matérias sobre websites e sobre o Excel. Eis alguns dos objectivos da aprendizagem (OA) definidos, de acordo com a taxonomia de Bloom, no que respeita ao estudo de websites:

OA1• Criar um website institucional com o FrontPage (nível 5);

OA2• Avaliar/analisar formas de comunicação (nível 6);

OA3• Verificar regras de interface de um website (nível 3);

OA4• Avaliar a qualidade, em termos de interface, de um site institucional (nível 6). A avaliação destas competências foi realizada pelas actividades presentemente descritas.

A. Pré-requisitos e programa da disciplina

Na disciplina TIC I é esperado que os alunos saibam trabalhar com o windows, na óptica do utilizador. O programa da disciplina inclui os tópicos sobre o FrontPage, o Internet Explorer e o estudo de ferramenta de comunicação via web, nomeadamente os blogs.

IV. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

O processo de avaliação pelos pares foi suportado em parâmetros de qualidade acordados pelo professor e pelos alunos. Essa definição esteve ancorada nos seguintes pressupostos:

- Avaliação do Site Institucional (Aspecto global; Organização; Originalidade; Impacto da comunicação empresarial)
- Avaliação do Blog (Aspecto global, Forma de expressão escrita/visual, Processo de comunicação)
- Avaliação da Apresentação Final (Forma de apresentação geral; Clareza na transmissão das ideias; Suporte à apresentação)
- Avaliação dos colegas de grupos (Opinião geral da contribuição de um elemento para o esforço do grupo; Contribuiu com ideias úteis e práticas para o projecto; Chegou preparado/a e a horas às aulas e reuniões da equipa, contribuindo para as decisões; Trabalhou para se tornar suficientemente conhecedor de todos os aspectos do projecto; Mostrou voluntarismo em ouvir e considerar as ideias dos outros.)

Com base nestes pressupostos, amplamente divulgados e legitimados, os alunos deveriam classificar o trabalho de cada grupo e apresentar sugestões de melhoria.

V. ACTIVIDADES

Antes da implementação do processo de avaliação pelos pares na comunicação web, os alunos deveriam desenvolver as seguintes actividades:

- Criar os grupos de trabalho e idealizar uma empresa identificando o nome e a área de negócio;
- Criar um blog e utilizá-lo para fazer a apresentação da empresa à comunidade; (OT1, OT2)
- Ligar o blog criado ao blog da turma; (OT1)
- Iniciar o processo de comunicação web, com outras empresas (grupos), para eventuais trocas de serviços (OT2), ao mesmo tempo que elaboravam, no FrontPage, o site institucional (OA1);
- Comunicar com as outras empresas (grupos) (OT2)
- Explicitar, no blog, as principais as comunicações que iam estabelecendo com as outras empresas (grupos); (OT1, OT2)
- Proceder ao lançamento da presença da empresa na

Internet, numa apresentação pública; (OT2)

- Avaliar o trabalho de um outro grupo, previamente definido, com base na análise dos critérios estabelecidos; (P1, P2, OA2, OA3, OA4)

- Avaliar um dos elementos internos ao grupo; (P2)
- Eleger o melhor trabalho; (P2, OA2, OA3, OA4)

- Responder a um questionário para a avaliação do processo. (P2)

Estas actividades estão enumeradas cronologicamente e foram executadas ao longo do semestre que teve início com a criação dos grupos e terminou com a apresentação pública dos trabalhos. Todas as actividades foram iniciadas nas aulas presenciais e posteriormente decorreram em horário extra curricular.

VI. FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS E RECURSOS

Cada grupo efectuou uma pesquisa, na Internet, a fim de determinar as opções disponibilizadas para a criação de um blog. Após seleccionar a opção que mais se adequava aos objectivos da empresa (grupo), criaram o blog e utilizaram-no para explicitar as comunicações efectuadas. Foram utilizados os serviços do sapo (blogsapo), blogspot, entre outros. Todas as ligações para os blogs das empresas foram efectuadas a partir do blog da turma. Os websites, de cada empresa (grupo), foram desenvolvidos no FrontPage.

O Moodle é uma plataforma de aprendizagem open-source que o PAOL (projecto de Apoio On-line do ISCAP) disponibiliza a fim de complementar as aulas presenciais. A ferramenta de Mini-teste, do Moodle, foi utilizada para a elaboração dos questionários de avaliação entre pares:

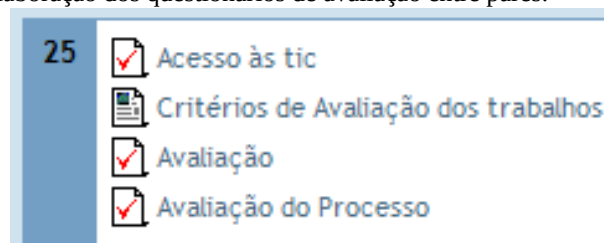


Fig. 1. Questionários realizados na plataforma Moodle

Os mini-testes permitem desenhar questionários com perguntas de escolha múltipla, V ou F, respostas breves, etc:



Fig. 2. Questionário para a avaliação dos trabalhos

A ferramenta referendo foi utilizada para a eleição do melhor trabalho. Um referendo é uma actividade que permite inserir uma questão específica aos alunos que devem escolher uma entre várias opções de resposta possíveis:

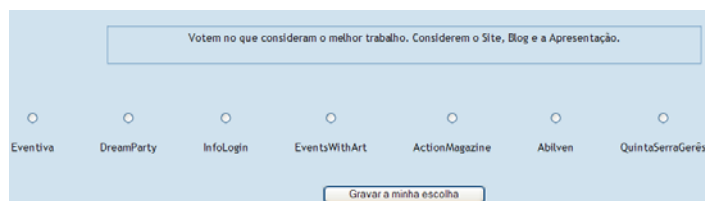


Fig. 3. Referendo para eleger o melhor trabalho.

VII. PAPEIS DOS INTERVENIENTES

As pessoas atribuem importâncias diferentes às mesmas situações, assim neste processo o professor assumiu o papel essencial de motivador dos alunos para o envolvimento nas actividades de aprendizagem. Foi também o responsável pela definição e calendarização das actividades. O professor, considerando a singularidade de cada aluno, observou comportamentos e estimulou o desenvolvimento da sua autonomia. Acompanhou o processo, assumindo funções simultaneamente de revisor e consultor, fornecendo um feedback construtivo. O professor garantiu ainda, nas aulas presenciais, o apoio técnico necessário para a utilização das ferramentas.

Aos alunos foi exigida uma atitude activa na construção social do conhecimento e uma responsabilização pela aprendizagem e sua avaliação. Esperou-se dos alunos um maior envolvimento no processo, mais consciente e activo, procurando aprender na partilha, na pesquisa, interagindo com os conteúdos, com o professor e com os colegas, numa atitude proactiva, reflexiva e crítica.

VIII. RESULTADOS

As actividades iniciaram-se com a criação do blog da turma:



Fig. 4. Blog da turma

Algumas das intervenções no blog da turma foram efectuadas em inglês. Todos os blogs das empresas foram referenciados a partir do blog da turma. Foram criados os seguintes 8 blogs: <http://eventiva.blog.com/>, <http://dreamparty.blog.com/>, <http://infologin.blogs.sapo.pt/>, <http://eventswithart.blog.com/>, <http://actionmagazine.blog.com/>, <http://abilven.nireblog.com/>, <http://quintaserrageres.blog.com/>, <http://artvision.blog.com/>. Nos blogs os alunos explicitaram todas as comunicações e actividades das empresas:



Fig. 5. Empresa Eventiva divulga a empresa Infologin

O blog de cada grupo incluiu ainda um link para o site da empresa desenvolvido. Os alunos, aquando a eleição do melhor trabalho, não visualizavam os resultados temporários. No final do processo verificou-se uma grande convergência de opiniões:



Fig. 6. Eleição do melhor trabalho

Na avaliação dos trabalhos intra-grupo, os alunos demonstraram capacidade de análise imparcial. Na maior parte das vezes consideraram o desempenho dos colegas de grupo como Muito bom, no entanto, também foram capazes de atribuir uma classificação de fraco quando o assim entendiam.

(66)	Avaliação dos colegas de grupos_1 : Opinião geral da contribuição desta pessoa para o esforço do grupo:	Fraco	(0.25)	1/20	(5%)
		Médio	(0.50)	0/20	(0%)
		Bom	(0.75)	4/20	(20%)
		Muito Bom	(1.00)	8/20	(40%)

Fig. 7. Resultado da avaliação intra-grupo

IX. AVALIAÇÃO/CARACTERIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A. Figures and Tables

Após a aula de apresentação das funcionalidades da plataforma Moodle, os alunos não demonstraram grandes dificuldades no seu manuseamento. De uma forma geral assistiu-se a uma grande receptibilidade, por parte dos alunos, na utilização das tecnologias na sala de aula. A motivação, pelo carácter inovador da experiência, o envolvimento activo no processo e a apresentação de problemas em contexto da vida real, promoveu a aprendizagem.

Os alunos empenharam-se nas actividades aumentando a percepção do processo de avaliação e dos conteúdos a avaliar. Verificou-se que alguns alunos não tinham conhecimento

sobre a necessidade de definição de parâmetros e critérios específicos para a avaliação dos objectivos propostos.

Mostraram compreender os objectivos das actividades sugeridas e foram capazes de efectuar um julgamento imparcial aquando a avaliação dos trabalhos dos colegas, apontando as vantagens e desvantagens associadas a cada trabalho.

Na avaliação intra-grupo, os alunos mostraram frontalidade, tentado seleccionar as suas opções com sinceridade. É importante realçar que os resultados temporários, do processo de eleição, não estava visível aos alunos.

Houve uma empresa (grupo) que optou por apresentar todo o trabalho em inglês. Uma vez que a disciplina de TIC se enquadra no curso de comunicação empresarial que incide, em grande parte, nas áreas das línguas e culturas, conseguiu-se uma obter a interdisciplinaridade e o apoio do professor de inglês na revisão dos textos.

A troca de informação escrita, via web, com recurso aos blogs, constitui uma importante ferramenta de aprendizagem, desempenhando um papel de relevo nos processos de aquisição, estruturação e expressão de conhecimento. Assistiu-se, por vezes, a alguma dificuldade por parte dos alunos nessa forma de expressão.

A apresentação oral, do trabalho de cada grupo, auxiliou os alunos a desenvolverem competências de expressão verbal.

Pela análise dos resultados dos inquéritos, sobre a avaliação do processo, verificou-se que os alunos consideram importante a utilização do Moodle como “muito bom” e “bom” para o suporte às aulas presenciais.

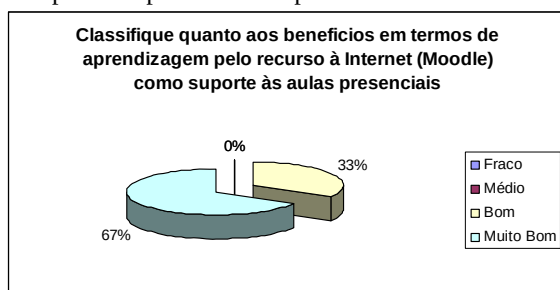


Fig. 8. Apreciação dos alunos quanto aos benefícios da utilização da Internet

Classificaram, de forma geral, as actividades desenvolvidas como claras e bem sequenciadas, com utilidade para a promoção da aprendizagem:

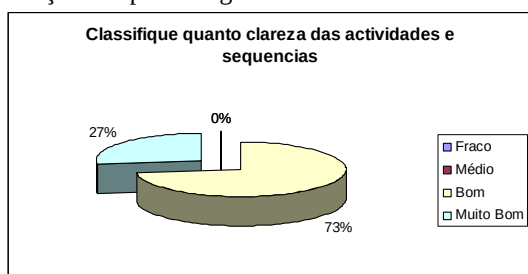


Fig. 9. Apreciação dos alunos quanto à clareza e sequências das actividades

Os alunos classificaram a utilidade das actividades desenvolvidas como “muito bom” e “bom” para a promoção da aprendizagem:

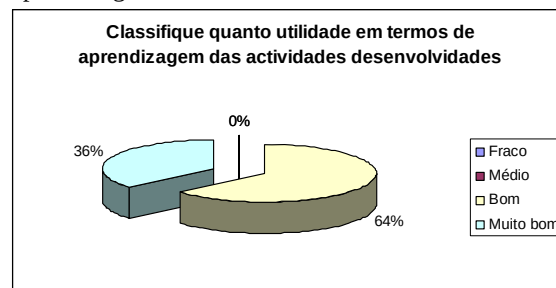


Fig. 10. Apreciação dos alunos quanto às actividades desenvolvidas.

X. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De uma forma geral assiste-se a uma grande receptibilidade, por parte dos alunos, na utilização das tecnologias na sala de aula. Os alunos estão motivados e aprendem com facilidade a utilizar as plataformas de aprendizagem baseadas na Internet. A motivação, pelo carácter inovador da experiência, o envolvimento activo no processo e a apresentação de problemas em contexto da vida real, promove a aprendizagem. Se os alunos participarem no processo de uma forma activa, então aumenta a possibilidade de potenciar os seus efeitos sobre a aprendizagem.

Pelas actividades desenvolvidas é possível concluir que os alunos, que se empenham em actividades de avaliação pelos pares, aumentam a sua percepção sobre o processo de avaliação e dos conteúdos a avaliar.

A escrita web constitui uma importante ferramenta de aprendizagem, podendo desempenhar um papel de relevo nos processos de aquisição, estruturação e expressão de conhecimento. Muitas das dificuldades dos alunos poderão advir da dificuldade na expressão escrita, dos seus conhecimentos.

A apresentação oral do trabalho de cada grupo auxilia o desenvolvimento de competências de expressão verbal.

A explicitação dos parâmetros e critérios de avaliação são essenciais para a clarificação dos resultados da aprendizagem pretendidos.

Ao professor cabe a tarefa de clarificar o ambiente e as actividades, que deverão estar alinhadas com os objectivos e com a flexibilidade subjacente ao objecto de estudo. É igualmente importante incentivar os alunos à participação criando situações de interesse, desafios e respondendo sempre a qualquer solicitação. O professor deve procurar ser fugaz nas suas respostas para combater o absentismo e para promover a discussão activa entre todos os intervenientes, inculcando responsabilidades individuais num espaço que é de todos. A exigência em termos de tempo do professor é grande para que o blog se mantenha um ambiente de aprendizagem e não de dispersão.

O pilar desta experiência centra-se no alinhamento claro estabelecido entre os objectivos disciplinares e interdisciplinares e a estratégia pedagógica, mediada pelas tecnologias definida. Considerando este factor estruturante e adicionando as características de comunicação, flexibilidade e facilidade de acesso que caracterizam os blogs, a experiência pedagógica descrita poderá ser replicada em qualquer outro contexto educacional.

REFERÊNCIAS

- [1] Applebee, A., "Writing and Reasoning," Review of Educational Research, 54 (4), 1984, pp. 577–596.
- [2] Bloom, B. S., Krathohl, D. R., Furst. E. J., Engelhart, M. D. E Hill, W. H., Taxonomy of Educational Objectives (Book 1). Cognitive Domain. New York: Longman Publishing, 1989, pp. 207.
- [3] Chaves, Maria Cecília S. (2007, Janeiro). Factores importantes para desenvolvimento de cursos on-line. [Online]. Available: http://cdchaves.sites.uol.com.br/fatores_desenvolvimento.htm
- [4] Philips, E. & Pugh, D., How to get a Ph. D., Buckingham. Open University Press, 1987.



Paula, Peres - Mestre em Informática e Licenciada em Informática-Matemáticas Aplicadas. Desempenha actualmente as funções de docente na área científica de informática, do Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, ISCAP-IPP, Instituto Politécnico do Porto, Portugal. Actualmente é doutoranda pela Universidade do Minho desenvolvendo diversas actividades de investigação no contexto da Integração das Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino

Superior. Já participou em várias iniciativas e cursos em regime de aprendizagem à distância e utiliza essas mesmas tecnologias como suporte e complemento das suas práticas lectivas. É membro da direcção do projecto de ensino à distância do ISCAP (PAOL). <http://paulaperes07.googlepages.com/>; <http://www.iscap.ipp.pt/paol>



Pedro, Pimenta - Professor auxiliar na Universidade do Minho – Escola de Engenharia / Departamento de Sistemas de Informação. Os principais interesses de investigação centram-se na utilização de sistemas de informação no ensino/formação, bem assim como nos processos de inovação em torno da adopção de tecnologia como suporte à gestão de informação e conhecimento.

Pedro Pimenta é membro da APSI – Associação Portuguesa de Sistemas de Informação e da IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, no âmbito da qual desempenha as funções de Secretário da RITA - Revista Ibero Americana de Tecnologias de Aprendizagem.

Capítulo 5

Entorno Interactivo basado en Instrumentación Virtual para el Aprendizaje de Servosistemas

Iñigo J. Oleagordia Aguirre, José I. San Martín Díaz, e Iñigo Aguirre Porturas

Title – Interactive Background based on Virtual Implementation for Servosystem Learning.

Abstract – The present work is included into actual policies to investigate, develop and apply learning active methodologies that fit so well into described objectives in the European Higher Education Area (EHEA). This paper describes the useness of an interactive background oriented towards servosystem learning, applying theory to CC servoengines. It includes two software modules and a third hardware one. The first module, in an electronic workbook format and implemented as hypertext, includes theory fundamentals. It has been developed with the ToolBook 3.0 program. In the second module it can be seen virtual instruments created from LabVIEW 7.1 platform..

Keywords – Servosystems, Virtual Instrumentation (VI), Hypertext, E-learning

Resumen— Este trabajo se engloba en la tendencia actual a la investigación, desarrollo y aplicación de metodologías activas de aprendizaje que se enmarcan muy bien dentro de los objetivos descritos en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La ponencia describe la funcionalidad de un entorno interactivo orientado al aprendizaje de los servosistemas, aplicando la teoría a los servomotores de CC. Consta de dos módulos software y un tercero hardware. El primer módulo, en formato libro electrónico, implementado como hipertexto, contiene los fundamentos teóricos. Este módulo está desarrollado con el programa ToolBook 3.0. En el segundo módulo se encuentran los instrumentos virtuales creados en la plataforma LabVIEW 7.1.

Palabras Clave— Servosistemas, Instrumentación Virtual (VI), Hipertexto, E-learning

Este trabajo fue presentado originalmente al XIV CONGRESO INTERNACIONAL SAAEI'07 celebrado en Puebla (México) 10, 11 y 12 Septiembre 2007.

Iñigo J. Oleagordia Aguirre es profesor del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Bilbao 48012 (España). Telef. +34 946014304, Fax: +34 946014300; e-mail: ij.oleagordia@ehu.es.

José I. San Martín Díaz es profesor del Dpto. de Electricidad, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Eibar 20600 (España). Telef. +34 946013064, Fax: +34 943033110; e-mail: joseignacio.sanmartin@ehu.es.

Iñigo Aguirre Porturas es profesor del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Eibar 48012 (España). Telef. +34 946013045, Fax: +34 946013045; e-mail: inigo.aguirre@ehu.es

I INTRODUCCIÓN

Está suficientemente probada la inexcusable importancia de los laboratorios y las experiencias de diseño y su puesta en práctica en la docencia de la ingeniería. El alumno debe asimilar las distintas fases asociadas al proceso de puesta en práctica de los conceptos teóricos adquiridos, es decir desde el concepto a la implementación pues en ingeniería saber es hacer. Entre estas fases más significativas se encuentran el diseño y la experimentación. En este contexto se está haciendo uso de una estrategia docente de probada eficacia como es la de aprender haciendo. Así mismo, en el aprendizaje del conocimiento práctico del diseño de servosistemas es necesario que se integren tanto conocimientos teóricos como competencias prácticas en consonancia con el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). En muy poco tiempo los mapas de las titulaciones van a sufrir una reestructuración drástica, tanto en contenidos como en la forma en que deben ser impartidos a los alumnos.

En consonancia con lo descrito anteriormente, desde el punto de vista docente, se pone de manifiesto la estrecha relación entre disciplinas dentro del propio ámbito de la Electrónica, cuestión que a veces queda relegada a un segundo plano. En este caso concreto, los servosistemas y sistemas de control hacen uso de las facilidades que ofrece la instrumentación virtual para conseguir las señales de control y monitorización asociadas al sistema objeto de experimentación.

A. Retos docentes

En este contexto, durante el curso 2004/2005, como objetivo global, nos dispusimos a elaborar un nuevo material didáctico en la tendencia actual a la aplicación de las nuevas tecnologías a metodologías activas de aprendizaje, para potenciar así el autoaprendizaje y el aprendizaje integral de los estudiantes. La asignatura elegida fue Regulación Automática correspondiente al 2º curso de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial en la EUITI de Eibar de la UPV/EHU.

Cuando comenzamos esta tarea, ya disponíamos de una cierta experiencia en la elaboración de materiales docentes de diversa naturaleza, a modo de ejemplo [1][2][3][4] en la mayoría de los cuales hemos empleado un sistema “*blended-learning*”, es decir docencia mixta en la que la clase presencial es acompañada por la disponibilidad de materiales de forma virtual. Tras un análisis previo de las necesidades formativas optamos por desarrollar,

con carácter experimental, el entorno interactivo aquí presentado. A la hora de llevar a su implementación cabe diferenciar entre la componente software constituida por dos módulos y la parte hardware formada por la maqueta de prácticas de regulación MV-541, los circuitos de interfase, y la tarjeta de adquisición de datos DAQ (NI PCI-6221). El primer módulo tiene un marcado carácter teórico donde se exponen los conceptos básicos de la teoría de servosistemas en formato electrónico e implementado como hipertexto. El hipertexto permite el acceso no lineal a la información objeto de estudio y además la activación de diversos programas, aspecto que será tratado con posterioridad. Para la implementación de este módulo se ha utilizado el software de autor Toolbok 3.0. El segundo módulo contiene los instrumentos virtuales cuya funcionalidad es doble. Por un lado se puede acceder a ellos bien directamente o a través del hipertexto mediante hipervínculos. Una vez dentro del correspondiente instrumento virtual el alumno puede efectuar una simulación interactiva o, si se encuentra en el laboratorio, además, interactuar con la mencionada maqueta de prácticas MV-541 controlando y realizando medidas de manera automática del servomotor de CC y demás subsistemas de la maqueta. Dado el carácter abierto del entorno en su concepción y manejo, desde el mismo también se puede acceder, desde diversos puntos, a Matlab 7.1 con lo cual se incrementan notablemente las posibilidades operativas y funcionales del mismo.

II METODOLOGÍA EMPLEADA

A la hora de diseñar e implementar la sección de software de que consta la aplicación, debido a su contenido multidisciplinar, ha sido necesario seguir un esquema de trabajo dual que compatibilice tanto el *entorno didáctico* como *informático*. El entorno didáctico relaciona los objetivos establecidos con los contenidos y metodología a emplear. El entorno informático comprende todo el proceso de implementación del entorno didáctico en un módulo que integre texto, gráficos y programas ejecutables con una estructura modular. Desde la *perspectiva didáctica* se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El modelo o modelos educativos a emplear en el contexto del EEES y programación docente.
- Plantear inicialmente el módulo en secciones o unidades temáticas que posean un desarrollo estructural y presentación informática análogos.
- Desarrollar cada sección o unidad temática en apartados de forma que se facilite el mantenimiento y la actualización informática.
- Diseño de los apartados teniendo en cuenta su posterior implementación en el programa de autor para generar el hipertexto.
- Estructurar la información presentada al usuario por el sistema de forma que el conjunto sea coherente.
- Diseñar las referencias cruzadas e hipervínculos propios de todo hipertexto de forma que la navegación entre los distintos nodos sea lógica y flexible.

Dentro del *entorno informático*, la resolución de un problema determinado empleando el ordenador, implica seguir una metodología. Dicha metodología incluye, entre otros los

siguientes pasos: una adecuada formulación del problema, definición de los objetivos, análisis de los recursos disponibles, desarrollo del modelo matemático, programación del modelo matemático y verificación del grado de similitud entre los resultados obtenidos en el ordenador con el modelo matemático y la realidad.

Con esta metodología el software desarrollado contemplará una serie de requisitos que determinen no solo su calidad sino la viabilidad como son:

- Flexibilidad en el sentido de poder ser adaptado dependiendo de la evolución del entorno educativo.
- Autonomía con el resto de la aplicación.
- Portabilidad y compatibilidad con distintos equipos informáticos.
- Presentar una interfase fácil con el usuario.
- Flexibilidad y eficiencia en el uso de recursos.
- Funcionamiento acorde con las especificaciones de diseño.

La explicación operativa de cada uno de los aspectos asociados tanto al entorno didáctico como informático es de una amplitud tal que supera los límites de esta ponencia. No obstante, a modo de resumen se realizarán unos breves comentarios sobre los *modelos educativos y programación docente*.

En el contexto de las directrices del EEES se han tenido en cuenta los modelos educativos inherentes a la docencia universitaria como son los modelos cognitivos y conductistas. Del modelo cognitivo, el más representativo, corresponde el papel principal al aspecto del pensamiento inductivo e investigación. Sin embargo, no se descuidan otros aspectos concernientes a la relación de distintos fenómenos dentro de la unidad de conocimiento y profundización de un hecho particular en su relación con el entorno operativo propio de los modelos de la organización intelectual y de formación de conceptos y descubrimiento. De los modelos conductistas el más representativo corresponde al modelo del entrenamiento directo donde se acentúan las técnicas de modelado y analogías como método a seguir para asimilar y adquirir nuevos conocimientos. Respecto de la programación docente, el punto de partida es la valoración en créditos ECTS de la carga del estudiante. En este aspecto y como primera aproximación se parte de la estimación realizada por el profesorado describiendo las tareas básicas que deberá realizar el estudiante para alcanzar una serie de competencias así como el tiempo teóricamente empleado, donde se han tenido en cuenta:

- *Los objetivos docentes*: se dividen en qué hay que saber y qué hay que hacer.
- *Lecturas programadas*: son apuntes, o documentos de lectura y estudio dedicados a la correcta comprensión de los conceptos básicos.
- *Actividades proyectadas*: el objetivo es desarrollar el aprendizaje mediante la realización de diferentes trabajos relacionados con las materias impartidas en cada uno de los módulos.
- *Pruebas de seguimiento*: sirven para cuantificar el proceso evolutivo.

Con estas premisas se pasa a planificar e implementar el software correspondiente, el hipertexto con el programa de autor Toolbok 3.0 y la instrumentación virtual con la plataforma LabVIEW 7.1.

III DESARROLLO DEL HIPERTEXTO

La arquitectura del hipertexto se organiza en diferentes niveles a cuyos nodos se accede mediante las correspondientes referencias cruzadas, y para su explicación, se dividen en unidades de conocimiento las cuales se desarrollan a su vez en otros nodos diferentes. Para su representación esquemática se emplea una estructura de tipo árbol en la cual se establece un orden jerárquico entre los distintos nodos.

El primer nivel de la estructura es el tema general *Servosistemas* el cual se divide en las siguientes secciones: *Introducción. Modelado en el dominio del tiempo. Modelado en el dominio de la frecuencia. Análisis de la respuesta temporal. Estabilidad. Estudio analítico de los errores. El lugar de las raíces. Técnicas de diseño. Diseño en el dominio de la frecuencia. Diseño de reguladores electrónicos. Análisis mediante variables de estado. Introducción a los sistemas digitales de control.*

A. División del conocimiento en nodos

Los tópicos anteriormente citados, a su vez se han dividido en otros múltiples nodos. A modo de ejemplo se indican los correspondientes a los *Sistemas de segundo orden*, Fig. 1. A partir del nodo *Simulación* se accede al correspondiente instrumento virtual programado en LabVIEW para, desde el mismo, realizar una simulación interactiva o actuar sobre la maqueta de prácticas y experimentar con sistemas reales. Como se ha citado previamente, también es posible acceder al entorno Matlab.

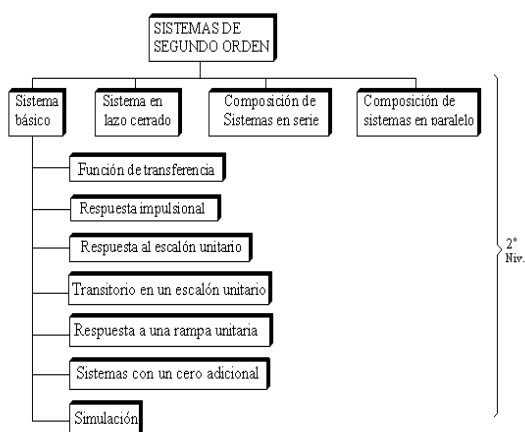


Fig 1. Representación esquemática del segundo nivel correspondiente a los *Sistemas de Segundo Orden*

En la Fig. 2 se muestra la representación gráfica e interfase de usuario, de la estructura del hipertexto tomando como referencia el nodo correspondiente a los *Sistemas de Segundo Orden*. Para el resto de los nodos se sigue un procedimiento análogo.

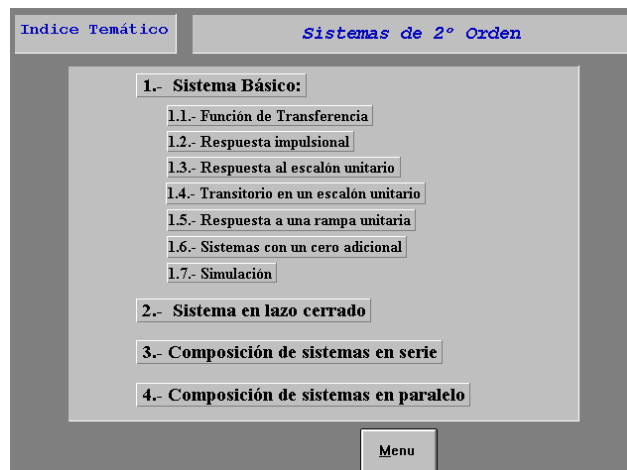


Fig. 2. Pantalla correspondiente al segundo nivel. *Sistemas de Segundo Orden*

Una vez en este segundo nivel, cuando se desea acceder a la información asociada al nodo correspondiente, por ejemplo el *Transitorio en un escalón unitario*, se pulsa con el botón izdo. del ratón en el nodo deseado, Fig.3. De esta forma se accede a otro nodo de un nivel superior, tercer nivel, y se vuelve a representar en la pantalla el desarrollo del nodo seleccionado.

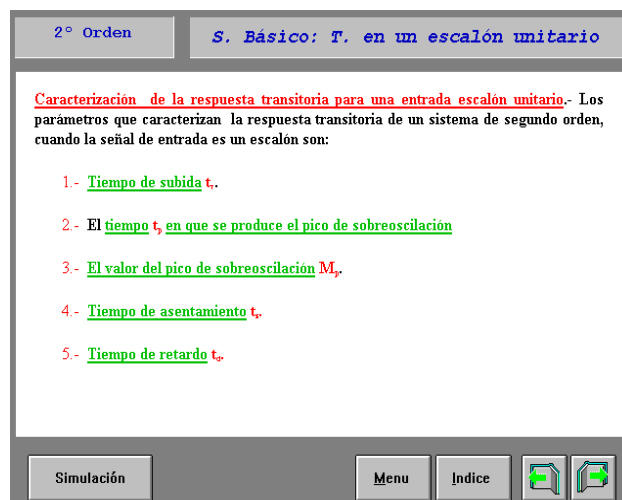


Fig. 3. Pantalla correspondiente al tercer nivel. *Sistemas de Segundo orden*

En este ejemplo los cinco apartados listados son zonas activas de forma que volviendo a pulsar en el tópicos a cuya información se quiere acceder, por ejemplo *El valor del pico de sobreoscilación M_p* , se obtiene al desarrollo del contenido de la unidad de conocimiento elegida la cual se encuentra en un nodo correspondiente al cuarto nivel. Fig. 4.

Los elementos correspondientes a la ventana interactiva de la Fig. 3 son:

1. Un lugar para el título.
2. La pantalla donde efectúa el desarrollo del tópico elegido.

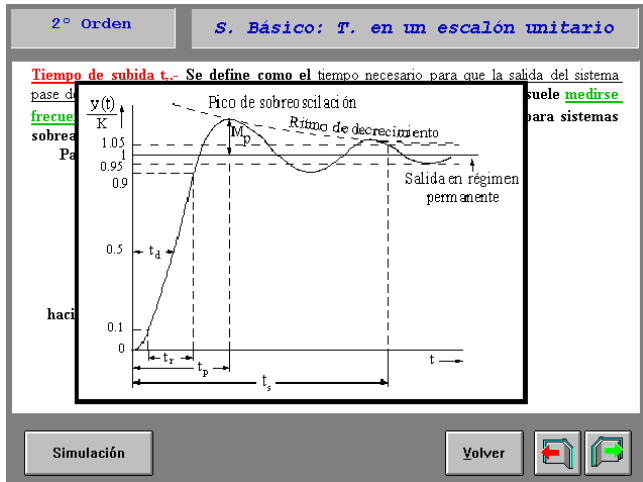


Fig.4. Detalle correspondiente a los Sistemas de Segundo Orden

3. Una barra de herramientas que consta de:

- Dos botones (*Adelante/Atrás*) los cuales son operativos cuando la información de ese nodo es demasiado amplia para ser mostrada en una sola pantalla o se desea acceder a otros tópicos del mismo nivel.
- Botón *Menú* el cual permite regresar a la pantalla donde se despliega la estructura del hipertexto.
- Botón *Índice* el cual permite regresar a la pantalla de la Fig.2.
- Botón de *Simulación* el cual activa el programa interactivo que permite simular, en la plataforma LabVIEW, diferentes aspectos prácticos desarrollados en la teoría o bien experimentar sobre la maqueta de prácticas.

Las herramientas de la ventana correspondiente a la Fig. 4 son similares a los de la Fig. 3 puesto que contiene un lugar para el título, una pantalla donde se efectúa el desarrollo temático de la unidad seleccionada, y una barra de herramientas donde la única diferencia está en el botón *Volver* que permite regresar a la pantalla representada en la Fig.3. La operatividad del botón *Simulación* es similar a la interface de usuario representada en la misma Fig.3. En la Fig. 5 se muestra el resultado gráfico de una simulación interactiva de un sistema de segundo orden en el cual se representa su caracterización tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia.



Fig. 5. Caracterización de un sistema de segundo orden en el dominio del tiempo y de la frecuencia

IV DESARROLLO DE LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

En esta sección se describe el panel frontal y la operatividad de diversos instrumentos virtuales desarrollados para realizar una simulación interactiva o bien una experimentación práctica con los servomotores de CC de la maqueta MV 541. Como se ha citado anteriormente los contenidos teóricos están en otro módulo implementado como hipertexto y que aquí se resumen.

El punto de partida es un motor de CC controlado por inducido, Fig.6, donde J y B son respectivamente el momento de inercia y coeficiente de rozamiento viscoso asociados al eje del motor.

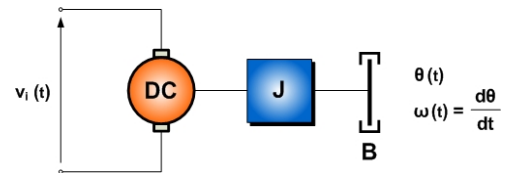


Fig. 6. Motor de CC controlado por inducido.

Generalmente el valor de la inductancia L_i del circuito del inducido suele ser suficientemente pequeña, por lo que en la mayoría de los casos puede despreciarse, resultando para las funciones de transferencia $G_{M1}(s)$ y $G_{M2}(s)$ que relacionan respectivamente la tensión de entrada $V_i(s)$ con la velocidad angular $\Omega(s)$ y posición angular $\Theta(s)$ las expresiones matemáticas:

$$\text{Velocidad} \quad G_{M1}(s) = \frac{\Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K_m}{I + T_m \cdot s} \quad (1)$$

$$\text{Posición} \quad G_{M2}(s) = \frac{\Theta(s)}{V_i(s)} = \frac{K_m}{s \cdot (I + T_m \cdot s)} \quad (2)$$

A. Control de velocidad $\omega(t)$

El control de velocidad del servomotor se realiza en base al esquema de la Fig. 7 donde se realiza una realimentación negativa mediante una dinamo tacométrica.

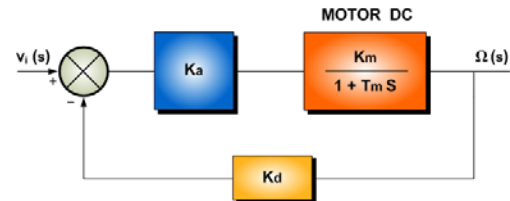


Fig. 7. Esquema correspondiente al control de velocidad

Este esquema permite, cuando se trabaja en lazo abierto, obtener experimentalmente los parámetros característicos del motor. Puesto que el motor de CC se modela por un sistema de primer orden, su respuesta temporal a una entrada en escalón de la señal consigna $V_i(t)$ es:

$$\omega(t) = E \cdot K \cdot (1 - e^{-t/T_m}) \quad (3)$$

ecuación que se representa gráficamente en el panel frontal indicado en la Fig. 8.

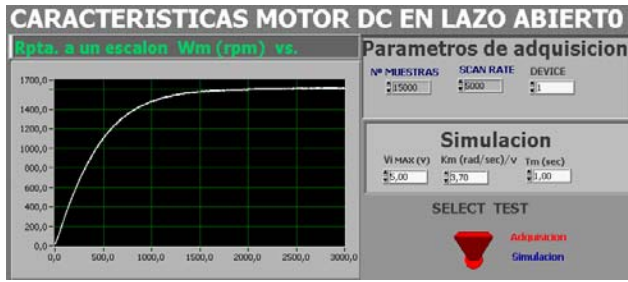


Fig. 8. Respuesta temporal de velocidad en lazo abierto del servomotor CC

En la Fig.9 se muestra la gráfica correspondiente al control de velocidad en lazo cerrado correspondiente al esquema de la Fig. 7. En el panel frontal se determinan los Parámetros de Adquisición y la señal consigna obteniéndose el error estacionario correspondiente al experimento realizado.

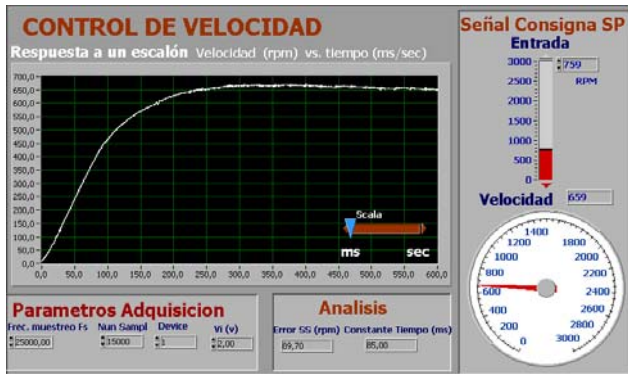


Fig. 9. Respuesta temporal de velocidad en lazo cerrado del servomotor CC

Cuando el control de velocidad se realiza en lazo cerrado la correspondiente función de transferencia $G_v(s)$ adopta la expresión

$$G_v(s) = \frac{\Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K}{I + T \cdot s} \quad (4)$$

$$\text{Donde } K = \frac{K_a \cdot K_m}{I + K_a \cdot K_m \cdot K_d} \text{ y } T = \frac{T_m}{I + K_a \cdot K_m \cdot K_d} \quad (5)$$

Como complemento a estos dos experimentos básicos se ha desarrollado otro instrumento virtual, que aprovechando la misma arquitectura hardware potencia la operatividad del entorno. Se trata de controlar la velocidad de cuatro formas distintas:

- **Modo continuo:** La velocidad del motor sigue una señal consigna cuyo valor es modificado por el usuario desde el panel frontal de la Fig.10.
- **Modo escalón:** La señal consigna es un cambio brusco.
- **Modo rampa:** Como señal consigna se define una rampa parametrizada por su pendiente y valor final. De esta forma el motor acelera linealmente hacia el valor final de velocidad y posteriormente decrece al valor cero.
- **Modo perfil de velocidad:** En este modo la velocidad del motor sigue un perfil definido por el usuario. El perfil puede definirse al realizar el experimento o el utilizado

en otros ensayos y que previamente se encuentra almacenado en un fichero de texto.

En la Fig. 10 se muestra este modo. En la gráfica registro de velocidad se muestra el perfil definido y la velocidad seguida por el motor.

El acceso al panel frontal de realiza mediante una serie de menús flotantes en función del modo elegido.

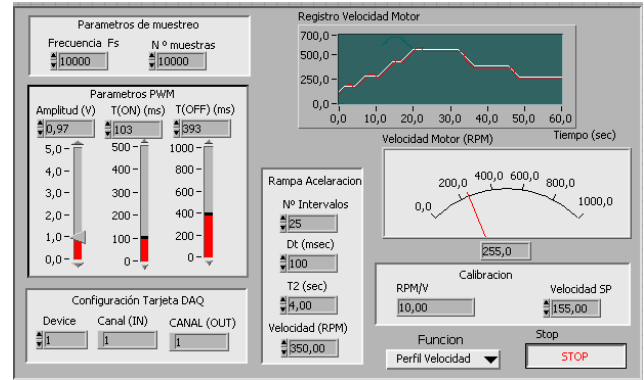


Fig. 10. Modalidades del control de velocidad en lazo cerrado

B. Control de posición $\theta(t)$

Para efectuar este experimento se parte de la configuración básica de la Fig.11 que posteriormente se modifica para controlar la posición del eje del motor con realimentación negativa de velocidad Fig. 12.

La función de transferencia en lazo cerrado del esquema de la Fig.12 es un sistema de segundo orden, normalmente subamortiguado modelado por la ecuación:

$$G_{M1}(s) = \frac{\Theta(s)}{V_i(s)} = \frac{\frac{K_a \cdot K_m}{T_m}}{s^2 + \frac{I}{T_m} \cdot s + \frac{K_a \cdot K_m \cdot K_d}{T_m}} \quad (6)$$

Con una frecuencia angular natural $\omega_n = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_m \cdot K_d}{T_m}}$ y

$$\text{un coeficiente de amortiguamiento } \xi = \frac{I}{2 \cdot \sqrt{K_a \cdot K_m \cdot K_d}} \quad (7)$$

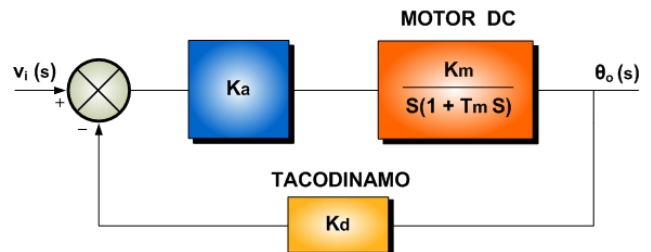


Fig. 11 Esquema correspondiente al control de posición en lazo cerrado

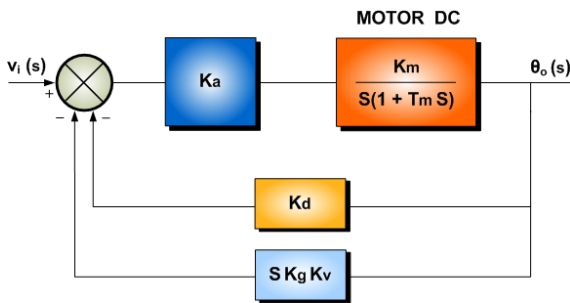


Fig.12 Control de posición con realimentación tacométrica.

Los resultados experimentales se muestran en el panel frontal de la Fig.13 donde, además de la propia representación temporal, se determinan en el mismo instrumento virtual (VI) los valores máximos de la respuesta temporal. Volver a insistir que el mismo VI puede operar con valores de simulación en cuyo caso se activa otro menú para parametrizar la ecuación (6).

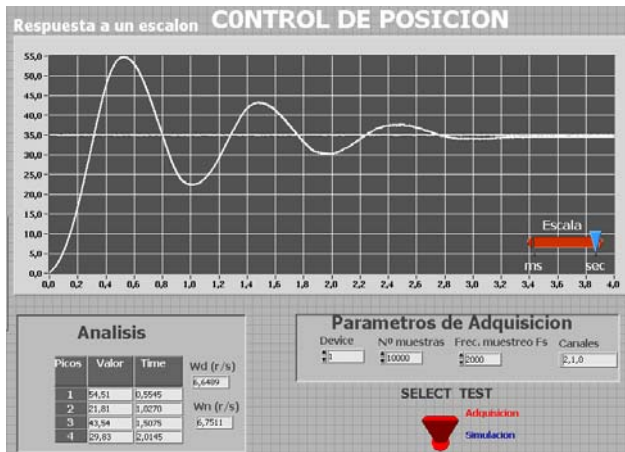


Fig.13. Pantalla gráfica correspondiente al control de posición de la Fig.11

Cuado se realiza una realimentación de velocidad la función de transferencia sigue siendo de segundo orden y el único parámetro que se modifica es el coeficiente de amortiguamiento que adquiere el valor:

$$\xi = \frac{1 + K_m \cdot K_a \cdot K_g \cdot K_v}{2 \cdot \sqrt{K_a \cdot K_m \cdot K_d}} \quad (8)$$

En la figura 14 se representa la respuesta temporal de $\theta(t)$ así como de su derivada $\frac{d\theta(t)}{dt}$ con el mismo servomotor empleando realimentación de velocidad. Como puede comprobarse tanto analítica como gráficamente la respuesta temporal mejora respecto del diagrama de la Fig.13.

Para finalizar, todos los datos tanto de configuración de los distintos instrumentos virtuales como los datos adquiridos a través de la tarjeta de adquisición, se pueden almacenar en un fichero para su posterior reutilización.

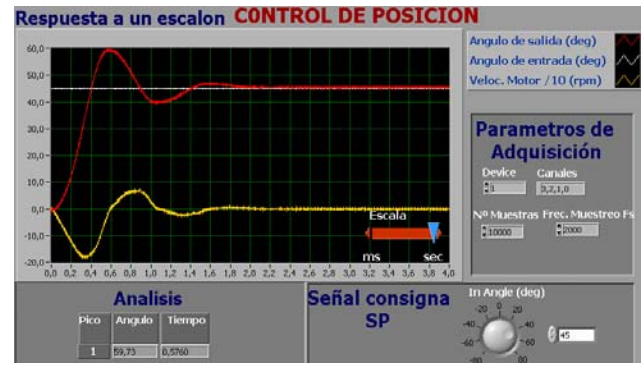


Fig.14. Pantalla gráfica correspondiente al control de posición de la Fig.12

Dentro de la simulación es posible ampliar el alcance del entorno a otros sistemas, por ejemplo, mecánicos y electrónicos. Si se dispone del sistema real la adaptación de la instrumentación virtual desarrollada es inmediata. Como ejemplos de sistemas mecánicos se ha elegido el correspondiente a una masa suspendida de un resorte con amortiguación, Fig.15, cuya función de transferencia es:

$$G(s) = \frac{X(s)}{F_i(s)} = \frac{1}{M \cdot s^2 + B \cdot s + K} \quad (9)$$

donde:

x = desplazamiento

M = masa

K = constante elástica del resorte.

B = coeficiente de fricción viscosa del amortiguador.

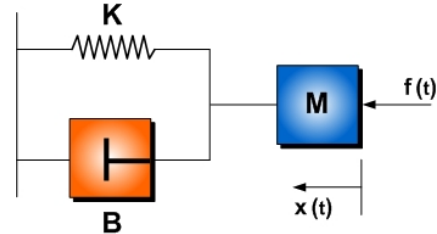


Fig.15. Masa suspendida de un resorte con amortiguación

Una variante del sistema anterior es el sismógrafo. En una versión más básica, el extremo del resorte opuesto a la masa está fijado a una carcasa solidaria con el suelo y la masa contiene una plumilla para registrar directamente los desplazamientos sobre papel, es decir los movimientos sísmicos, Fig. 16.

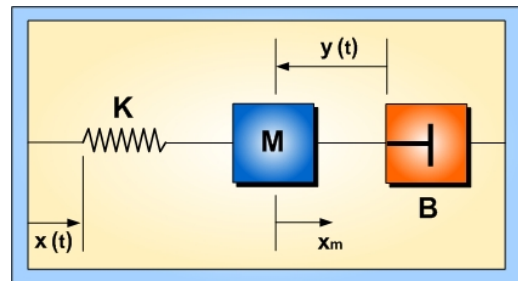


Fig.16. Representación esquemática de un sismógrafo

La función de transferencia es:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{M \cdot s^2}{M \cdot s^2 + B \cdot s + K} \quad (10)$$

Como sistema electrónico, aplicado al entorno docente, se propone el filtro activo correspondiente a la célula de Sallen Key representada en la Fig. 17 y cuya función de transferencia es:

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{R_3 \cdot C^2 \cdot s^2 + (2 - \frac{R_2}{R_1}) \cdot R_3 \cdot C \cdot s + 1} \quad (11)$$

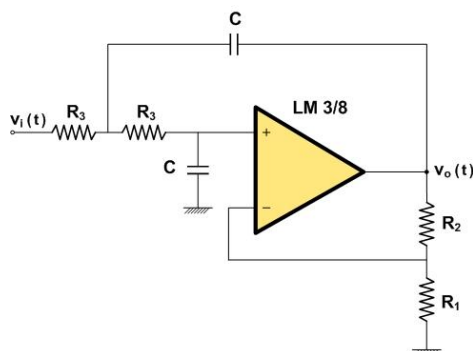


Fig.17. Filtro activo de Sallen Key

Como una ampliación de la operatividad del entorno actualmente se está trabajando en la accesibilidad del mismo a través de Internet, primero mediante una red local. Básicamente, en la comunicación con el servidor, el cliente debe ejecutar una secuencia formada por los siguientes pasos:

1. Establecer la comunicación con el servidor.
2. Enviar al servidor un comando de "request for data."
3. Obtener los datos del servidor.
4. Desconectar del servidor y hacer un reportero de los errores si hubiesen ocurrido.

En la Fig. 18 se muestra la estructura funcional del diagrama de bloques de la programación en el entorno LabVIEW del cliente. Mediante el SubVI Registrador_Cliente.VI se procede a recibir los datos del servidor.

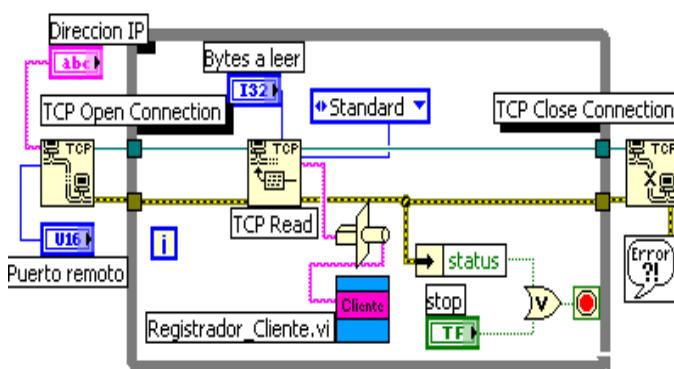


Fig.18 Diagrama en bloques de la programación del cliente

En espera de recibir una petición del cliente, el servidor ejecuta los siguientes comandos:

1. Inicializa al servidor.
2. Espera una conexión con el cliente.
3. Realizada la conexión espera a recibir un comando del cliente.
4. Ejecuta el comando recibido.
5. Devuelve el dato al cliente.
6. Cierra la conexión.

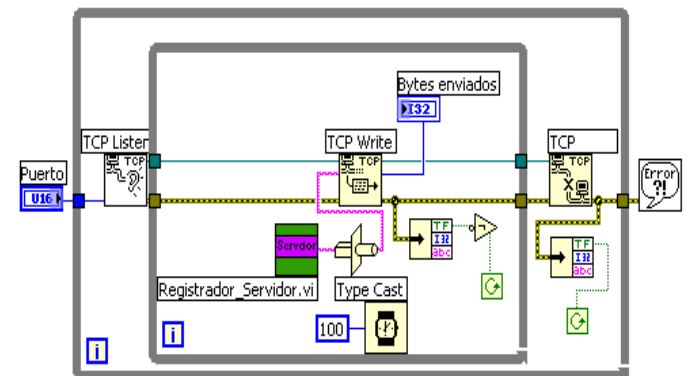


Fig. 19 Diagrama en bloques de la programación del servidor

En la figura 19 se muestra el diagrama en bloques del servidor según la funcionalidad descrita. A través del SubVI Registrador_Servidor.VI se procede a enviar los datos al cliente. Los pasos del 2 a 6 se encuentran dentro de un bucle while que continúa esperando establecer conexión con el cliente. Una vez que el comando proveniente del cliente ha sido ejecutado, el valor FALSE transmitido al bucle while hace que éste finalice, cerrando la conexión con el cliente. En la práctica, la programación tanto del servidor como del cliente es algo más amplia que la mostrada, en versión simplificada, en las figuras 18 y 19 por razones de espacio.

Como instrumentación virtual adicional se aporta la operatividad de un osciloscopio de dos canales, Fig 20.

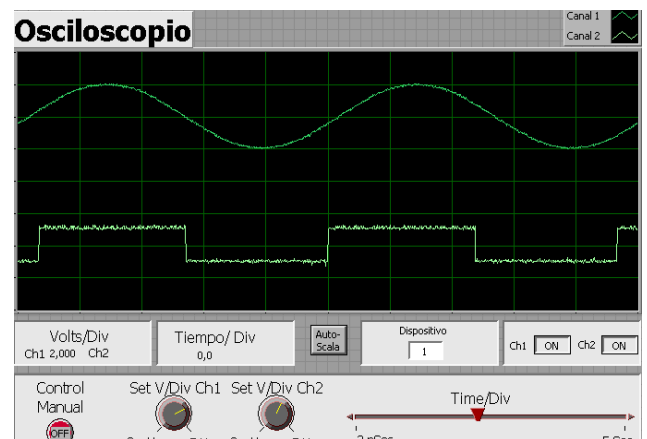


Fig. 20 Osciloscopio de dos canales.

V EVALUACIÓN

Durante los cursos académicos 2005/2006, 2006/2007 primer y segundo año de su puesta en marcha, se realizó una encuesta a los alumnos para testear la influencia de esta aplicación sobre todo en su proceso de aprendizaje y modificación de su carga docente. Respecto del aprendizaje los principales aspectos metodológicos a considerar son:

- El aprendizaje centra su interés en al alumno y en sus procesos de conocimiento.
- El aprendizaje se ordena dentro de un conjunto de acciones dirigidas.
- El aprendizaje se consigue desde una actividad autónoma, intensa, continua, y consciente.
- El aprendizaje se valora mediante un proceso continuado de observación e interacción.

En la encuesta se pide valorar entre 0 y 10 a cada una de las 50 cuestiones planteadas, algunas de la cuales son:

- 1- Utilidad en tu proceso de aprendizaje y su puesta en práctica.
- 2- Coherencia con el temario de la asignatura.
- 3- Calidad docente.
- 4- Favorece el trabajo en equipo.
- 5- Establece conexiones entre esta asignatura y otras afines a la titulación..

Para cuantificar los resultados de la encuesta se ha efectuado un análisis de varianza. En la Tabla I se muestra un resultado parcial correspondiente a los cinco indicadores referenciados promediados en los dos cursos académicos indicados.

TABLA I
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

Indicador	1	2	3	4	5
Media	8.2	8.7	7.6	7.1	7.4

VI CONCLUSIONES

Se ha diseñado, desarrollado e implementado un entorno integrando la funcionalidad de dos módulos software y una maqueta de prácticas de servosistemas. Debido a la flexibilidad de la instrumentación virtual se ha logrado crear una aplicación multidisciplinar que permite experimentar sobre los principios operativos básicos de los servomotores de CC y simular interactivamente una amplia variedad de conceptos teóricos. En este contexto se adopta una estrategia educativa de probada eficacia como es la de aprender haciendo, y un docente debe generar diversas posibilidades y estrategias de aprendizaje. De los resultados satisfactorios de la evaluación, aunque parciales puesto que solamente se ha puesto en práctica en dos cursos académicos, se deduce su adecuación gradual a las nuevas tendencias formativas en la docencia universitaria en el marco del EEES.

Es de destacar la versatilidad de la plataforma LabVIEW mediante la cual se adquieren datos, se procesan, se representan los resultados obtenidos y además se puede realizar una simulación interactiva.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación impulsado por el convenio suscrito entre la Universidad del País Vasco UPV/EHU y EJE S.A (2005).

REFERENCIAS

- [1] I. J. Oleagordia, A. Echebarria, M. Sánchez "Tutorial in the LabVIEW Environment Applied to the Digital Control Systems" in *TELEC, 2000 International Conference*. July 200 Santiago de Cuba, pp. 73
- [2] A. Echebarria, I. J. Oleagordia, R. Bárcena "Sistema Multiusuario a Sistemas Electrónicos a través de Web" *SAAEI 2003*. Septiembre 2003 Vigo, España.
- [3] E. Anchustegui, I. J. Oleagordia "Entorno Multimedia aplicado al Análisis y Diseño de Filtros Activos Analógicos" *SAAEI 2003*. Septiembre 2003 Vigo, España.
- [4] R. Urretabizkaya, I. J. Oleagordia, P. Rodríguez. "Laboratorio Virtual Remoto para Prácticas de Control en Tiempo Real" *SAAEI 2005*. Septiembre 2005, Santander, España.



Iñigo Javier Oleagordia Aguirre (Bilbao, 1954) licenciado en Ciencias Físicas (1977), especialidad en Electrónica y Automática. Finalizados estos estudios comenzó su carrera docente en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en ingeniería electrónica. Comenzó investigando en aplicaciones informáticas aplicadas a la docencia universitaria, realizando la tesis doctoral *Sistema*

para el diseño de la simulación, caracterización y control de procesos físicos. (UPV/EHU, 1996).

Su actividad docente e investigadora se centra en la instrumentación electrónica, los sistemas digitales con microcontroladores y la edición de material docente aplicando tecnologías de la información y comunicación (TICs). Los resultados de las investigaciones se han publicado en diversas revistas y congresos nacionales e internacionales, a modo de ejemplo la ponencia titulada "Signal Generation based on Low Cost Virtual Instruments" (Proceedings of Electronics Robotics and Automotive Mechanic Conference, FERMA 2006, IEEE Computer Society). También colabora con diversas empresas en aspectos técnicos y de formación. El Dr. Oleagordia consiguió el Segundo premio en el 1º Concurso Iberoamericano CITA 98 celebrado en Madrid. Actualmente es profesor titular de universidad.



José Ignacio San Martín Díaz (Navarra, 1958). Obtuvo el Grado de Ingeniero Industrial, especialidad Ingeniería Eléctrica, en la Universidad del País Vasco, en 2003. Actualmente es Profesor Titular en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del País Vasco y está realizando la Tesis Doctoral. Sus líneas de investigación están enfocadas hacia las

tecnologías de Generación Distribuida, Micro-redes Eléctricas y Pilas de Combustible.

Recibió el Primer Premio del Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas (CIGRE) en relación a la comunicación presentada en el XII Encuentro Regional Iberoamericano de CIGRE, celebrado en Foz de Iguazú (Brasil) en mayo de 2007.



Iñigo Aguirre Porturas, nacido en Gernika en 1970, finalizó los estudios de Ingeniería Industrial, especialidad Electricidad en 1998. Posteriormente, ingresó como docente, en la Universidad del País Vasco, en el departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Durante estos años ha presentado varios ponencias en congresos nacionales e internacionales. Básicamente se ha centrado en la innovación educativa realizando aplicaciones de

Instrumentación Virtual. Actualmente, es profesor Titular de Escuela Universitaria y está realizando la tesis doctoral en el campo de los sensores inteligentes

Capítulo 6

Sistema Multimedia para el Aprendizaje de Teoría de Circuitos

Iñigo J. Oleagordia Aguirre, José J. San Martín Díaz, e Iñigo Aguirre Porturas

Title – Multimedia System for Circuits Theory Learning.

Abstract – This paper marks out the contribution of virtual instrumentation to provide multimedia system with an interactive background for simulation and practices with real circuits. This system allows to experiment with and verify different applications from electric and electronic engineering curriculum. From a teaching perspective, virtual instrumentation facilitates the learning and practising of the concepts and basic laws that rule the behavior of continuous current, altern current and magnetic circuits, acting as a link between presented theory in a non-linear form using hypertext (knowledge model) and its practical understanding. On this way, it is used the well-proved teaching strategy of learn doing. To develop the hypertext, the author tool ToolBook 3.0 has been used, and LabVIEW 7.1 to implement virtual instrumentation.

Keywords – Circuits theory, Virtual Instrumentation (VI), Hypertext, E-learning.

Resumen— En este trabajo se enfatiza la aportación de la instrumentación virtual para dotar al sistema multimedia de un entorno interactivo tanto de simulación como de realización de prácticas con circuitos reales. El sistema permite experimentar y verificar diferentes aplicaciones correspondientes a esta temática propia del curriculum de la ingeniería eléctrica y electrónica. En este contexto, desde la perspectiva docente, las ventajas que aporta la instrumentación virtual pueden resumirse en facilitar el aprendizaje y puesta en práctica de los conceptos y leyes básicas que rigen el comportamiento de los circuitos de corriente continua, corriente alterna y circuitos magnéticos. Para desarrollar el hipertexto se ha utilizado la herramienta de autor ToolBook 3.0, y la plataforma LabVIEW 7.1 para implementar la instrumentación virtual. 125

Palabras Clave— Teoría de circuitos, Instrumentación Virtual (VI), Hipertexto, E_learning.

Este trabajo fue presentado originalmente al XIV CONGRESO INTERNACIONAL SAAEI'07 celebrado en Puebla (México) 10, 11 y 12 Septiembre 2007.

Iñigo J. Oleagordia Aguirre es profesor del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Bilbao 48012 (España). Telef. +34946014304, Fax: +34946014300; e-mail: ij.oleagordia@ehu.es.

José J. San Martín Díaz es profesor del Dpto. de Electricidad, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Eibar 20600 (España). Telef. +34946013064, Fax: +34943033110; e-mail: josejavier.sanmartin@ehu.es.

Iñigo Aguirre Porturas es profesor del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Eibar 48012 (España). Telef. +34946013045, Fax: +34946013045; e-mail: inigo.aguirre@ehu.es

I INTRODUCCIÓN

Es un firme convencimiento de los autores de esta ponencia que la docencia alcanzará las cotas máximas si el conocimiento y la experiencia avanzan simultáneamente con independencia de la complejidad y extensión de la materia tratada. Con este ánimo emprendimos a desarrollar el trabajo aquí presentado que emana del proyecto de investigación UPV/EHU y EJE, S.A.(2005) dedicado a la elaboración de material docente innovador acorde con el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Uno de los materiales docentes está aplicado a la teoría de circuitos, su extensión a las máquinas eléctricas con su control electrónico y por ende a monitorizar y controlar las prácticas más significativos del Laboratorio de Electrotecnia y Máquinas Eléctricas. Esta ponencia corresponde a la edición, una primera puesta en práctica y posterior evaluación de la primera parte correspondiente a la teoría de circuitos.

Cuando se habla del empleo de los *multimedia* se está haciendo referencia a la utilización a través del ordenador de múltiples medios como texto, gráficos, sonido, imágenes, animación y simulación, que son combinados y controlados por el usuario de forma interactiva para conseguir un efecto deseado.

Los *multimedia* no son más, -pero tampoco menos,- que el empleo de una serie de recursos ya conocidos y utilizados anteriormente, pero manipulados ahora por una serie de herramientas poderosas, que refuerzan su eficacia, gestionadas todas ellas por el ordenador. Sin embargo, no son en sí mismos un fin, sólo son un medio para la transmisión y puesta en práctica del conocimiento. Si se quiere, se puede decir que constituyen una nueva *tecnología educativa*, pero la base y centro de la enseñanza sigue y seguirá siendo siempre *el ser humano: el binomio alumno - profesor*.

Los medios utilizados en esta aplicación didáctica de informática educativa son: información textual en formato hipertexto, gráficos, simulación interactiva y prácticas con circuitos reales.

Tradicionalmente, la docencia se ha impartido de forma casi lineal. Esto quiere decir que las unidades en las que puede dividirse el conocimiento se transmiten de forma consecutiva, es decir se informa y comunica una después de la otra. Uno de los problemas está en que el proceso de aprendizaje de la persona no siempre es lineal. La mente humana asimila, tanto de una forma profunda mediante el estudio, como de una forma horizontal a través de la

experiencia. Adquiere las distintas unidades de conocimiento y las asocia en profundidad o en paralelo, siguiendo un camino diferente, elegido personalmente.

El hipertexto es un sistema que permite comunicar la información, dividiéndola en unidades (nodos), ligados de forma tal, que el usuario puede acceder a la información que él personalmente decida en cada momento. Este sistema de ir de un punto a otro se denomina navegación. Por lo tanto el hipertexto permite establecer una representación prácticamente no lineal del conocimiento a través de una serie de unidades básicas del mismo (nodos) situadas a distintos niveles y ligadas entre sí por medio de relaciones jerárquicas y asociativas. Las uniones entre nodos son establecidas por el profesor, o por el mismo sistema en función de la experiencia (Sistema Inteligente), permitiendo "navegar" al alumno entre ellos a su propia voluntad.

Un hipertexto, combinado con los multimedia, ofrece lo que llama Nielsen [1] los hipermedia: herramienta óptima para la transmisión de conocimientos en el entorno de la *educación continua, flexible, abierta y a distancia*. Hoy en día, el desarrollo de uno de estos sistemas encierra una gran complejidad debido a los múltiples factores que conforman los procesos cognoscitivos que determinan el aprendizaje. Pero cabe preguntarse, de una forma introspectiva, cómo las personas tratan de comunicar su conocimiento y cómo lo estructuran para lograrlo. Ante este hecho el profesor, hoy más que nunca, es facilitador del aprendizaje y un docente debe preparar oportunidades de aprendizaje para sus alumnos.

II METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada sigue las directrices marcadas en otro trabajo presentado, Capítulo 5, que lleva por título *Entorno Interactivo basado en Instrumentación Virtual para el Aprendizaje de Servosistemas*, por lo que en este apartado se describe la estructura del sistema multimedia que está formada por:

- El *Módulo Temático* donde se desarrollan y explican los conceptos teóricos. Este módulo está implementado como hipertexto formado por nodos de distinta naturaleza relacionados entre sí mediante referencias cruzadas. En los nodos puede existir información textual, de tipo gráfico o ambas. Está compuesto de cuatro unidades didácticas. Para implementar este módulo se ha empleado el programa de autor ToolBook 3.0.
- El *Módulo de Simulación y Prácticas* constituido por diversos instrumentos virtuales los cuales permiten una simulación interactiva de los conceptos teóricos descritos en el módulo temático o bien realizar prácticas experimentales con circuitos reales. Los programas de este módulo se han implementado en la plataforma LabVIEW 7.1. A este módulo se puede acceder directamente o bien desde el módulo temático, desde donde, mediante la correspondiente referencia cruzada se activa el instrumento virtual (VI) requerido para realizar una simulación interactiva o prácticas con circuitos reales.

En las simulaciones el acento recae en la interacción individualizada del usuario con el modelo a través del programa, para lo cual se sumerge en el mundo creado por el modelo. Así pues, el verdadero poder de las simulaciones radica en el desarrollo e incentivación del pensamiento y de la intuición, en

la invención y contrastación de hipótesis, y también en la posibilidad que brindan de comprender lo esencial de ciertas situaciones, actuando de la forma más coherente, en lugar de preocuparse del aprendizaje de contenidos.

La simulación constituye una de las aplicaciones más fructíferas e imaginativas de los ordenadores en la enseñanza. Dos son sus aportaciones fundamentales: en primer lugar, la simulación encaja plenamente en los objetivos normales de los planes de estudio, complementando los restantes procedimientos didácticos como, por ejemplo, el trabajo de laboratorio. En segundo lugar, la relativa simplicidad de los algoritmos de los modelos que se emplean, permite que los propios profesores puedan plasmarlos en programas de actualidad tecnológica que se ajustan a las prestaciones usuales de los ordenadores presentes en las instituciones educativas.

Otra concepción de la simulación que entronca con la utilización del ordenador como instrumento de control, se obtiene cuando la entrada y salida de datos se dirige desde o hacia circuitos reales, y se reserva el monitor y el teclado para la dirección y control del experimento. En este caso la práctica se realiza con instrumental de laboratorio y el ordenador es el intermediario entre dicho instrumental y el propio experimentador.

En el siguiente apartado se efectúa una breve descripción del desarrollo del hipertexto para, posteriormente hacer hincapié en la instrumentación virtual asociada a este sistema hipermedia.

III DESARROLLO DEL HIPERTEXTO

El contenido temático del hipertexto está compuesto por las cuatro unidades temáticas siguientes que constituyen el primer nivel de la estructura del hipertexto.

- UT1 *Definiciones y fundamentos matemáticos.*
- UT2 *Circuitos de Corriente Continua.*
- UT3 *Circuitos de Corriente Alterna.*
- UT4 *Circuitos Magnéticos.*

La operatividad de estas cuatro unidades temáticas se incrementa con diverso material didáctico complementario tales como hojas características, notas de aplicaciones, links de interés, gráficas y animaciones.

Estas cuatro unidades temáticas a su vez se dividen en otros nodos correspondientes al segundo nivel. A modo de ejemplo se indican las correspondientes a la UT3.

3.1 *Conceptos básicos.*

3.2 *Análisis de circuitos AC monofásicos. Fasores.*

3.3 *Potencia. Representación gráfica.*

3.4 *Corrección del factor de potencia.*

3.5 *Circuitos trifásicos.*

3.6 *Transformación triángulo-estrella, estrella-triángulo.*

3.7 *Medición de potencia en sistemas trifásicos.*

3.7 *Conclusiones y Referencias.*

Desde la perspectiva didáctica en cada unidad temática se especifican los objetivos formativos, se proponen ejercicios teóricos, de simulación y prácticas con instrumentación real. Como se ha mencionado anteriormente cada concepto tiene su propio entorno de simulación interactiva y experimentación con circuitos reales sustentado en los correspondientes instrumentos virtuales.

Algunos de los objetivos formativos de la UT3 son: I) Representar e interpretar las señales de voltaje, intensidad y potencia tanto en circuitos monofásicos como trifásicos. II) Concepto de impedancia.

Transformaciones Triángulo-Estrella; Estrella-Triángulo. III) Interpretar los conceptos de valor eficaz, factor de forma y distorsión armónica. IV) Concepto de potencia y su medida en sistemas monofásicos y trifásicos. V) Corrección del factor de potencia.

Respecto de la representación gráfica de la estructura del hipertexto, en la Fig.1 se muestra la ventana (interfase gráfica de usuario) cuyos elementos son: Un lugar para el título, la pantalla donde se efectúa el desarrollo del tópico elegido y una barra de herramientas que consta de: dos botones (adelante/atrás) los cuales permiten acceder a otros nodos del mismo nivel, un botón [Ir a...] para acceder a cualquier nodo deseado (se despliega toda la estructura del hipertexto), los botones C y E para solicitar información complementaria, y el botón Salir para abandonar la aplicación.

La explicación teórica se centra en aspectos conceptuales. Por ejemplo, en el caso concreto del teorema de Parseval, asimilar y comprobar el concepto de que la energía total computada para una señal periódica en el dominio del tiempo es igual que la energía total computada en el dominio de la frecuencia, Fig.1. El desarrollo teórico se complementa con abundantes ejemplos como el plasmado en la Fig.2. Llegados a este punto el usuario puede realizar el ejercicio y contrastar su resolución con el planteamiento propuesto, ecuación (1), efectuar una simulación interactiva mediante el instrumento virtual correspondiente Fig 3a, o realizar una práctica real.

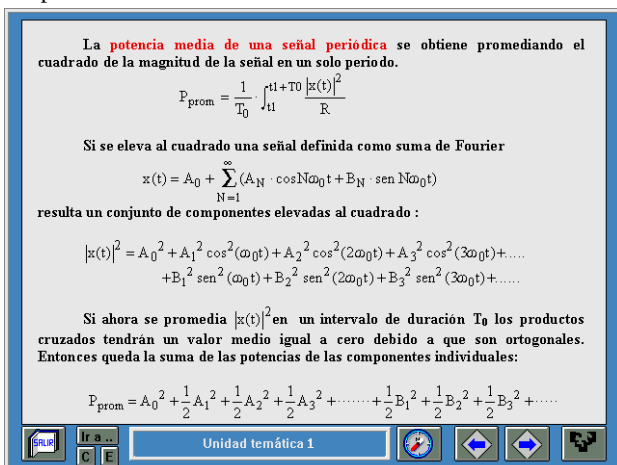


Fig.1. Desarrollo del item Potencia de una señal periódica. Teorema de Parseval

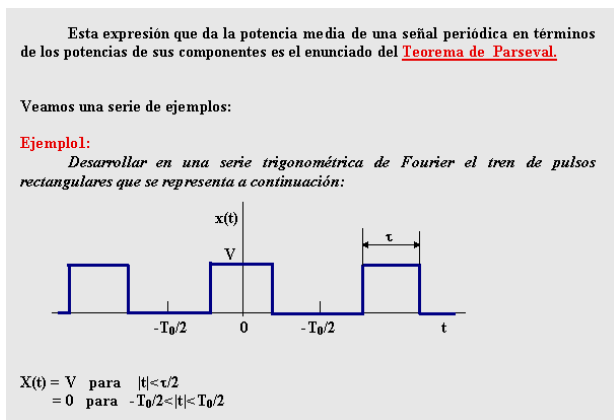


Fig.2. Desarrollo del item Potencia de una señal periódica. Ejemplos

$$x(t) = \frac{V}{2} + \frac{2 \cdot V}{\pi} \left[\cos(\omega_0 t) - \frac{1}{3} \cos(3 \cdot \omega_0 t) + \frac{1}{5} \cos(5 \cdot \omega_0 t) - \frac{1}{7} \cos(7 \cdot \omega_0 t) + \frac{1}{9} \cos(9 \cdot \omega_0 t) - \frac{1}{11} \cos(11 \cdot \omega_0 t) \right] \quad (1)$$

Como se ha mencionado, el teorema de Parseval establece que la energía evaluada en el dominio del tiempo es igual a la computada en el dominio de la frecuencia. La ecuación (2) define, en el campo discreto, el modelado matemático de dicho teorema.

$$\sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2 = \frac{1}{N} \sum_{K=0}^{N-1} |X(K)|^2 \quad (2)$$

Para comprobar el mencionado teorema, el usuario activa el VI asociado, Fig.3a, 3b y además puede acceder a información complementaria a través de diversas páginas web, por ejemplo, <http://zone.ni.com/devzone/cda/main>, todo ello sin salir del sistema multimedia. En la Fig. 3a se muestra el panel frontal desde el cual se parametriza la señal objeto de análisis y en la Fig.3b el diagrama de bloques. Este VI está integrado como un subVI en el de la Fig.8. En todo el hipertexto se sigue una metodología similar. Desde la perspectiva matemática, a modo de resumen:

Dominio del tiempo

$$\{x[n]\}$$

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \text{FFT}$$

Dominio de la frecuencia

$$\{X[K]\}$$

$$\{x[n]\}$$

$$\Leftarrow \Leftarrow \Leftarrow \text{IFFT}$$

$$\{X[K]\}$$

$$X(K) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} K \cdot n} \quad \text{FFT} \quad (3a)$$

$$x[n] = \frac{1}{N} \cdot \sum_{K=0}^{N-1} X[K] \cdot e^{j \frac{2\pi}{N} K \cdot n} \quad \text{IFFT} \quad (3b)$$

En <http://www.ehu.es/Procesadodesenales/procesado.htm>, el usuario puede acceder a un tutorial interactivo sobre procesamiento de señales donde se explica detalladamente la operatividad de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) así como de su inversa IFFT.

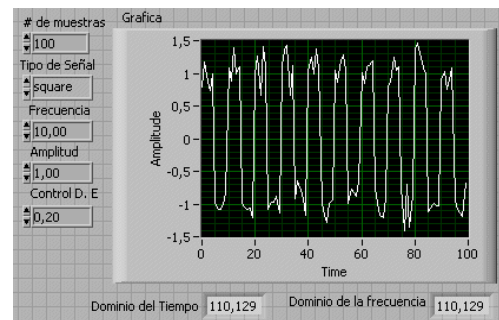


Fig.3a. Panel frontal del VI correspondiente al Teorema de Parseval

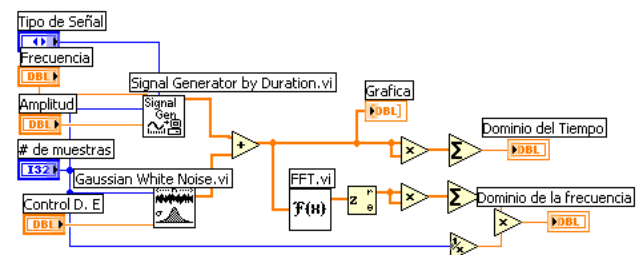


Fig.3b. Diagrama de bloques. Programación del Teorema de Parseval

IV DESARROLLO DE LOS INSTRUMENTOS VIRTUALES(VIS)

En esta sección se describe la operatividad de diversos paneles frontales, interfase gráfica de usuario, correspondiente a varios instrumentos virtuales VIs. En todos ellos se pretende alcanzar la máxima interacción del usuario con la aplicación. En el dibujo de la Fig.4 se muestra la disposición hardware para la adquisición, mediante la tarjeta DAQ NI-PCI-6221, de las señales tanto de corriente como de voltaje de un circuito trifásico genérico.

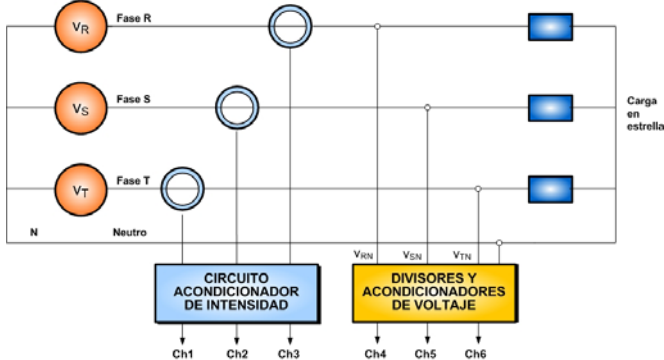


Fig. 4. Esquema hardware de la adquisición de señales de tensión e intensidad

A. Análisis de circuitos de CC y CA

En la resolución de circuitos eléctricos tanto de corriente continua como alterna es frecuente recurrir al análisis por mallas o nudos.

En la Fig. 5 se muestra el panel frontal interactivo donde el usuario puede modificar diversos parámetros del circuito tales como la amplitud y fase de V_{s1} y V_{s2} y las componentes resistivas y reactivas de las impedancias Z_1 , Z_2 y Z_3 . En la Fig. 6 se muestra el panel frontal correspondiente a la interfase gráfica de usuario donde éste, de forma interactiva, puede comprobar las interrelaciones estrella - triángulo ampliamente usadas en los sistemas trifásicos. Las ecuaciones de equivalencia entre ambas asociaciones vienen determinadas por el teorema de Kenelly.

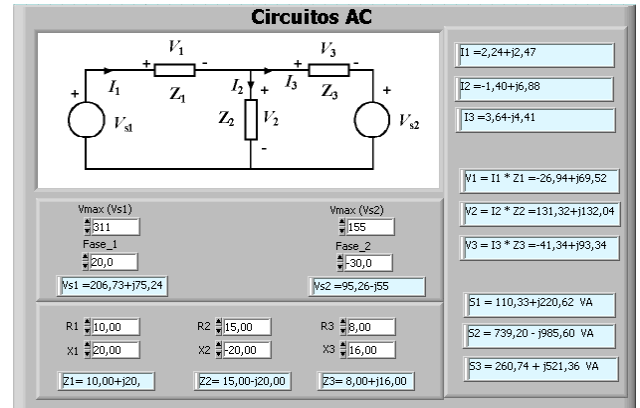


Fig. 5. Análisis de circuitos de CA por mallas

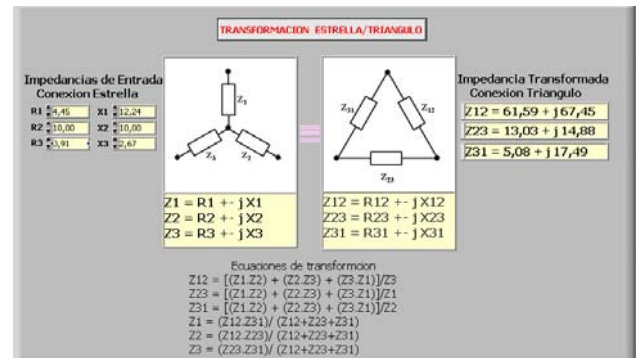


Fig. 6. Transformación Estrella $\leftrightarrow$ Triángulo

El usuario puede elegir entre varias topologías de circuitos mediante un menú desplegable en un panel frontal previo al de análisis. En la Fig 7 se muestra la representación temporal y fasorial de un circuito monofásico. Para la resolución de circuitos de CC se sigue un procedimiento análogo.

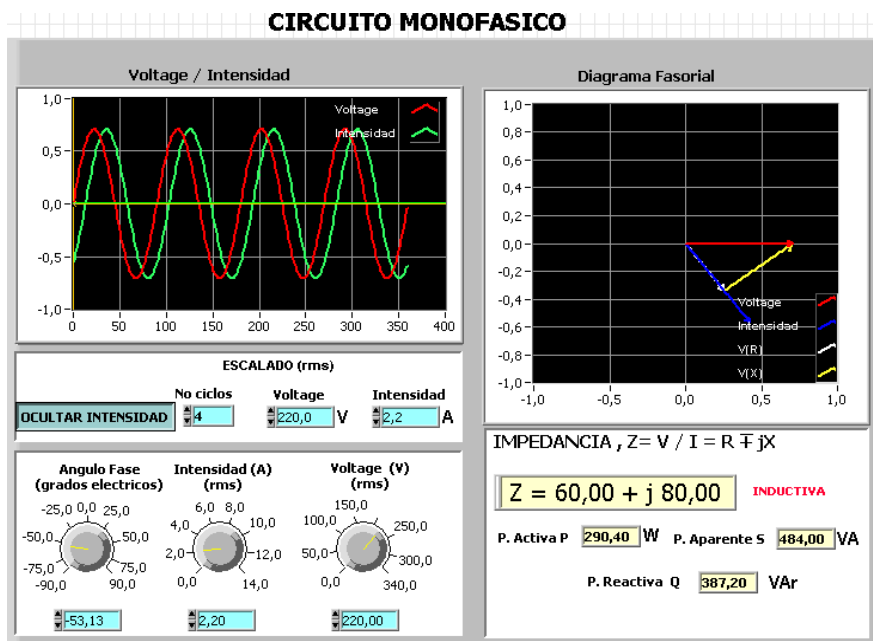


Fig. 7. Representación fasorial de un circuito monofásico genérico de CA

B. Generador de señales periódicas y analizador de espectros

Este VI, Fig.8, permite generar mediante software señales periódicas predefinidas (senoidales, cuadradas, diente de sierra, etc) o bien definidas por sus armónicos. Además de su empleo para simulación, esta señal generada

puede enviarse al exterior, mediante la correspondiente tarjeta DAQ para su empleo como señal de test sobre circuitos reales. El analizador de espectros permite representar y cuantificar los armónicos tanto de la señal generada, rectificada o de una señal adquirida.

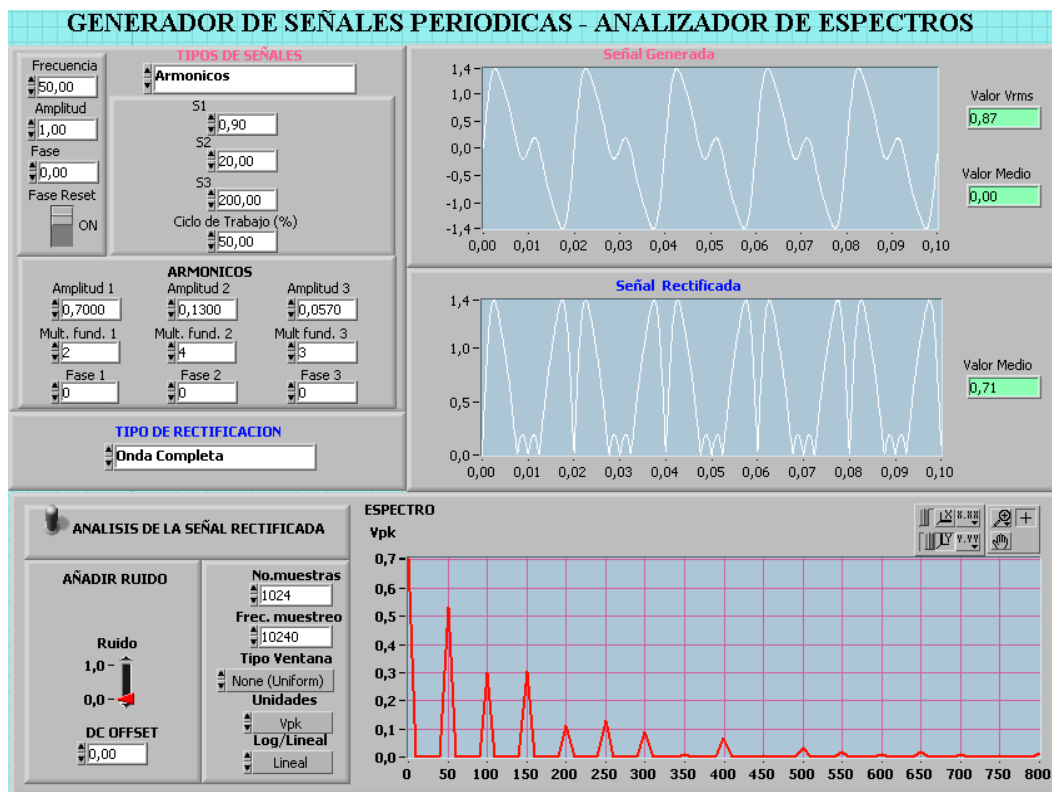


Fig. 8. Generación de señales periódicas y análisis espectral

C. Corrección del factor de potencia en circuitos monofásicos

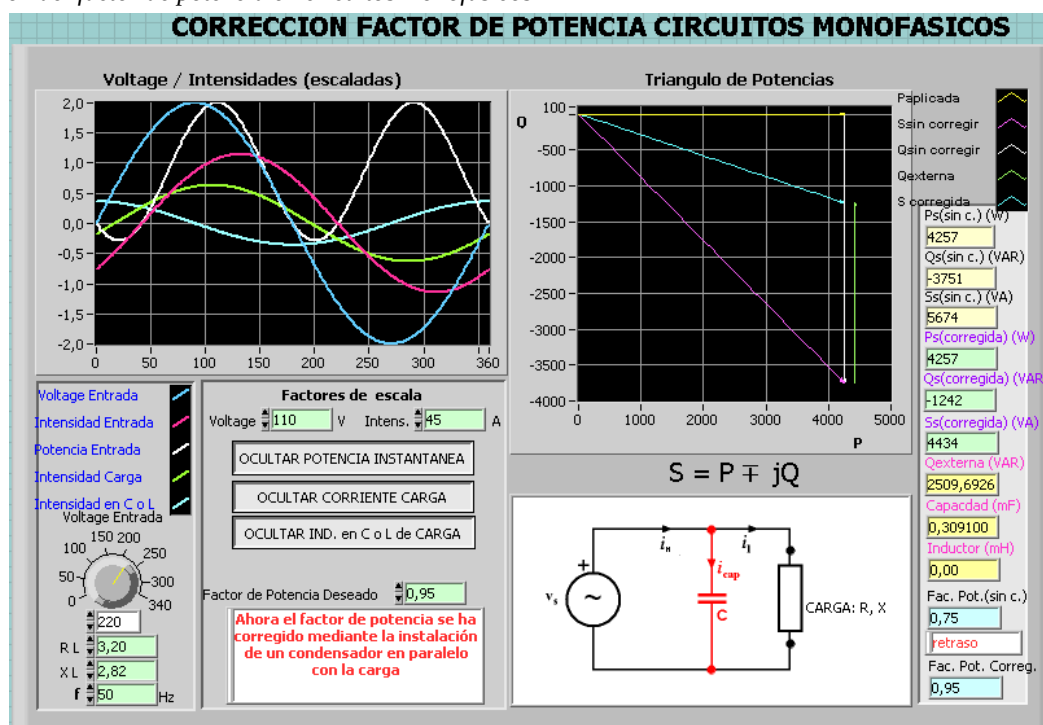


Fig.9. Corrección del factor de potencia en un circuito monofásico genérico

D. Medida de potencia en sistemas trifásicos

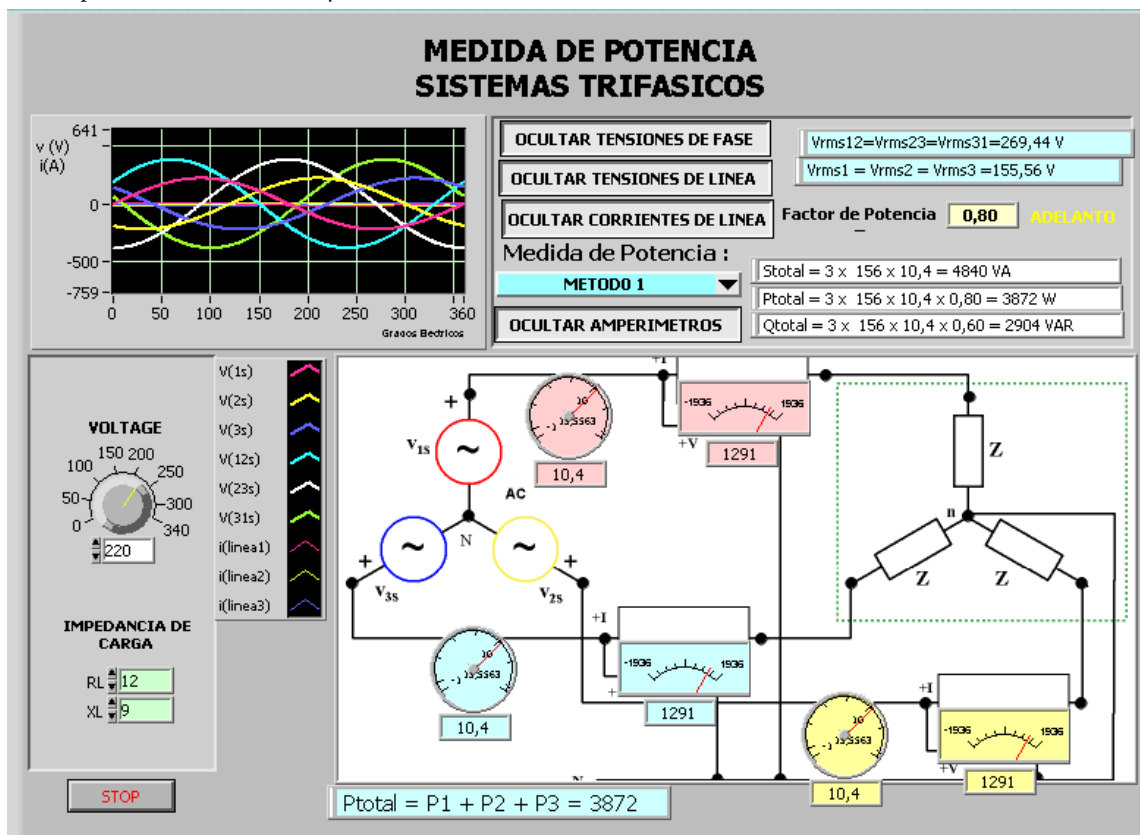


Fig.10. Panel frontal del VI dedicado a la medida de potencia en sistemas trifásicos

E. Análisis de circuitos magnéticos

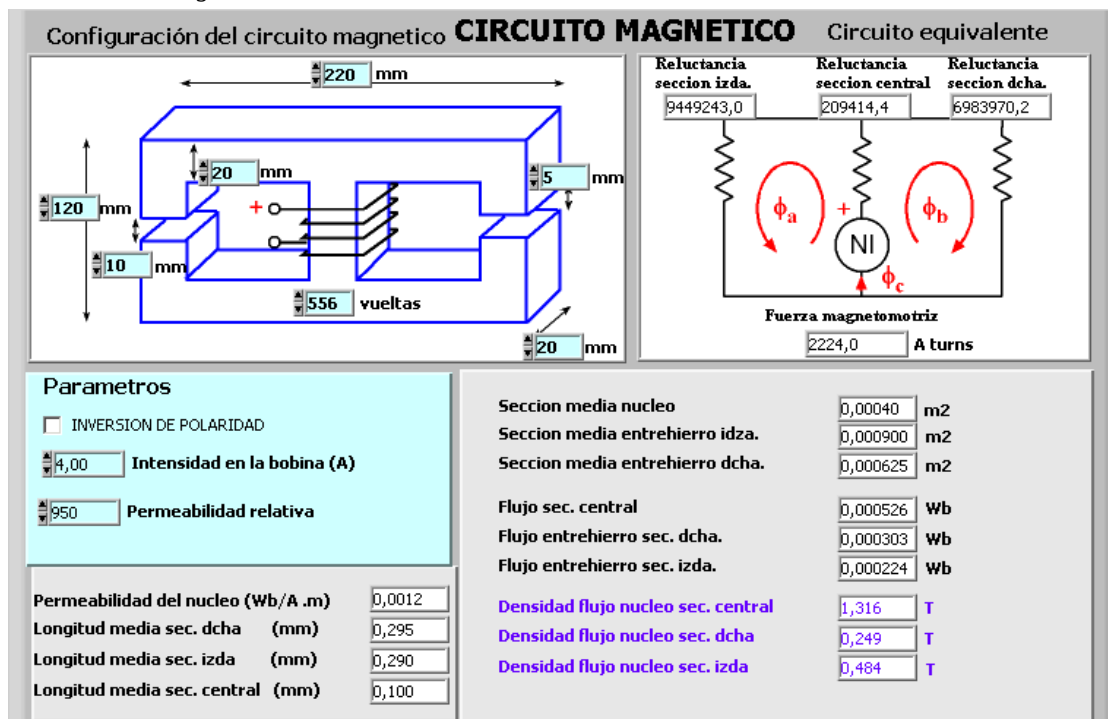


Fig.11. Panel frontal del VI dedicado al cálculo de circuitos magnéticos

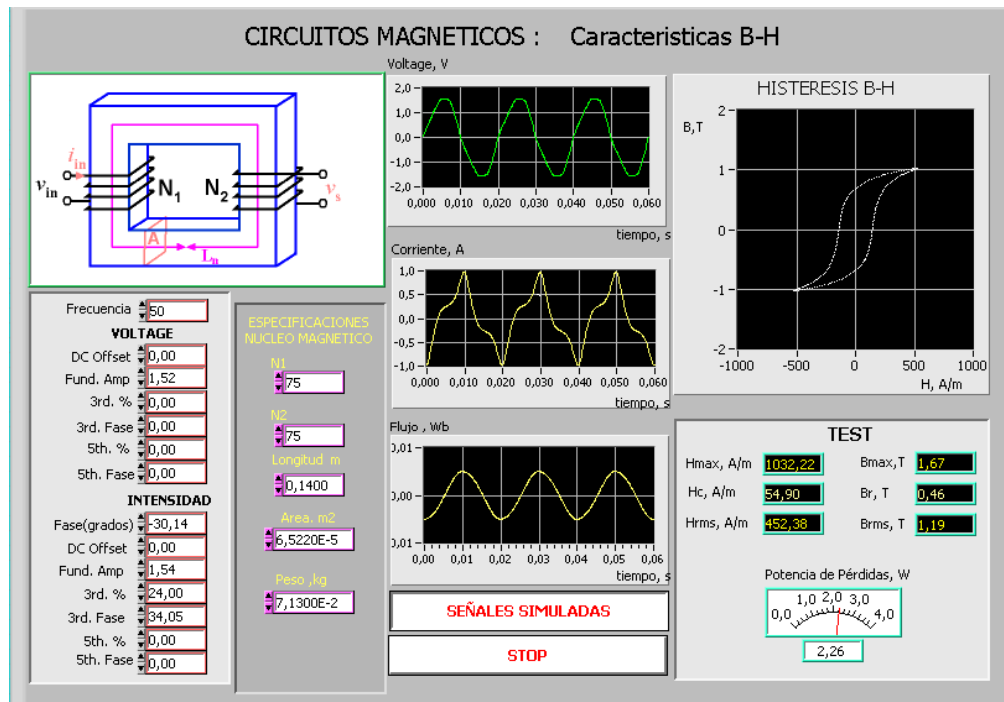


Fig.12. Panel frontal del VI dedicado al análisis de circuitos magnéticos

Es ampliamente aceptado que la Teoría de Circuitos es una materia de dificultoso aprendizaje sin una adecuada representación gráfica de la operatividad de los circuitos eléctricos cuando se explica la funcionalidad de los mismos. Si a esta característica intrínseca se le añade la limitación temporal en el proceso de enseñanza y aprendizaje, esta casuística supone una motivación extra para la elaboración de este material docente innovador integrando la operatividad de la teoría presentada como hipertexto, una simulación interactiva y prácticas sobre circuitos reales. Desde esta perspectiva didáctica se ha prestado especial atención al diseño del panel frontal de los instrumentos virtuales donde la interactividad se complementa con la información gráfica y numérica.

En el circuito de la Fig.9 el usuario introduce como datos el voltaje y la frecuencia de entrada, la impedancia de carga y el factor de potencia deseado. Si los datos de entrada no son compatibles el VI lo indica y no procesa la información. Cuando existe solución, los resultados numéricos más significativos se muestran (parte dcha. del panel frontal) así como las gráficas escaladas correspondientes a las intensidades, voltajes, potencia instantánea en la carga y el triángulo de potencias (activa, reactiva y aparente). El usuario tiene la posibilidad de ocultar la representación de diversas magnitudes.

En el circuito de medida de potencia de un sistema trifásico Fig.10, el usuario, tiene la posibilidad de elegir entre varios procedimientos de medida (método de uno, dos o tres vatímetros). Una vez elegido el método y determinada la impedancia de carga y el voltaje de entrada el VI procede a calcular y representar numérica y gráficamente las magnitudes eléctricas más representativas. En este VI es posible comprobar en los amperímetros, de forma dinámica, la variación de la intensidad al modificarse los valores de la impedancia de carga o voltaje de entrada. En los VIs de las

figuras 11 y 12, asociado al análisis y cálculo de circuitos magnéticos, se emplean los controles para especificar tanto los datos del circuito magnético como de las magnitudes eléctricas de entrada. De una forma especial se desea calcular y representar gráficamente la influencia de los armónicos tercero y quinto tanto del voltaje como de la intensidad de entrada. Para determinar el área de la histéresis, necesaria para calcular la potencia de pérdidas, se emplea el método de integración de Simpson.

Estas y similares características de diseño se han aplicado al resto de los VIs implicados en el sistema. Por motivos de espacio, falta por explicar los algoritmos empleados en la programación de los VI, no obstante la metodología ha consistido en dividir un VI en múltiples subVIs cada uno con una finalidad específica (diseño top-down).

V EVALUACIÓN

Los autores entendemos como evaluación la puesta en valor del trabajo realizado. Consecuentemente la evaluación es un proceso reflexivo, sistemático y riguroso de indagación sobre la realidad, que atiende al contexto, considera globalmente las situaciones, atiende tanto a lo explícito como lo implícito y se rige por principios de validez, participación y ética. De cara a su operatividad, el objetivo global de la evaluación sobre la eficacia de esta aplicación es disponer de información para aplicar mecanismos correctores que nos permitan poder tener un buen seguimiento del alumno, de cara a lo que es la realización eficaz de las tareas encomendadas, por lo tanto no se entiende como un producto acabado sino, más bien, como un empeño tentativo de rediseñar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un modelo exhaustivo de evaluación sobre la operatividad de la maqueta se puede adaptar de la norma ISO/IEC9126 [6].

Debido a que este es el segundo curso en el cual se está empleando este sistema en la EUITI de Eibar en la

impartición de la asignatura de Teoría de Circuitos con alumnos de la especialidad de Electrónica Industrial, y además sólo existe un prototipo para realizar prácticas con circuitos reales, los datos objetivos disponibles que permitan realizar una evaluación sobre la influencia del sistema en el proceso de enseñanza-aprendizaje se basan en tres encuestas sobre 75 preguntas haciendo hincapié en: los siguientes puntos: I) Utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje, II) La calidad docente e influencia sobre el trabajo en equipo y III) La coherencia con el temario de la asignatura. Para cuantificar los resultados de la encuesta se ha efectuado un análisis de varianza. En la Tabla I se muestran los resultados.

TABLA I
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

Apartados	I	II	III
Media	7.2	8.1	8.5

Además, se aprecia de forma progresiva una motivación creciente por parte de los alumnos al establecerse conexiones entre esta asignatura y otras afines a la titulación como, por ejemplo, la Instrumentación.

VI CONCLUSIONES

- El sistema proporciona una solución integrando teoría, prácticas de aula mediante simulación interactiva y prácticas de laboratorio con circuitos reales.
- El desarrollo, mediante hipertexto, de los ítems de cada unidad temática está organizado de forma que a partir de una introducción teórica se motiva al alumnado hacia el autoaprendizaje a través de ejemplos variados y sobre todo de la simulación interactiva con los VIs. En este sentido se está utilizando una estrategia educativa de probada eficacia como es la de aprender haciendo.
- Cada subsección está dedicada a un concepto específico con su correspondiente instrumento virtual VI.
- La instrumentación virtual proporciona una herramienta muy adecuado tanto para la simulación (datos) como para la realización de prácticas (información). Entre otros factores, para incrementar y potenciar la iniciativa del alumnado, éste dispone del código fuente de los VIs.
- Una ampliación, en fase de diseño, es el acceso remoto al sistema a través de Internet y la obtención experimental de diversos parámetros, por ejemplo, en motores eléctricos. Fig.13.

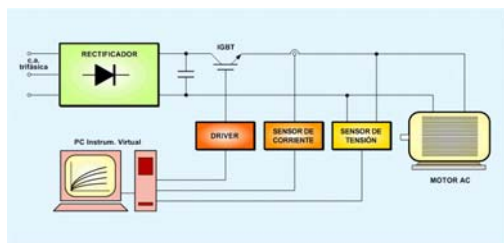


Fig. 13. Esquema hardware experimental aplicado a un motor AC.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación impulsado por el convenio suscrito entre la Universidad del País Vasco UPV/EHU y EJE S.A (2005).

REFERENCIAS

- [1] J. Nielsen "Hypertext and Hipermedia" Ed. Academi Press, San Diego CA, 1995.
- [2] E. Anchustegui, I. J. Oleagordia "Entorno Multimedia aplicado al Análisis y Diseño de Filtros Activos Analógicos" SAAEI 2003. Septiembre 2003 Vigo, España
- [3] I. J. Oleagordia, R. Urretabizkaya, P.Rodriguez "Generador Digital Programable para test y medida de bajo coste basado en Instrumentación Virtual", SAAEI2005. Septiembre 2005 Santander, España.
- [4] I. J. Oleagordia, R. Urretabizkaya, J. J. San Martín "Plataforma para la adquisición de señales de bajo coste con instrumentación virtual" TAEE2006. Julio 2006 Madrid, España.
- [5] I. J. Oleagordia, R. Urretabizkaya, P.Rodriguez. "Entorno Hardware-Software para el análisis de transductores de temperatura con instrumentación virtual" TAEE2006. Julio 2006 Madrid, España.
- [6] ISO/IEC 91126-1:2001. Software Engineering.-Product Quality-Part1: Quality Model.

Iñigo Javier Oleagordia Aguirre (Bilbao, 1954) licenciado en Ciencias



Físicas (1977), especialidad en Electrónica y Automática. Finalizados estos estudios comenzó su carrera docente en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en ingeniería electrónica. Comenzó investigando en aplicaciones informáticas aplicadas a la docencia universitaria, realizando la tesis doctoral *Sistema para el diseño de la simulación, caracterización y control de procesos físicos*. (UPV/EHU, 1996).

Su actividad docente e investigadora se centra en la instrumentación electrónica, los sistemas digitales con microcontroladores y la edición de material docente aplicando tecnologías de la información y comunicación (TICs). Los resultados de las investigaciones se han publicado en diversas revistas y congresos nacionales e internacionales, a modo de ejemplo la ponencia titulada "Signal Generation based on Low Cost Virtual Instruments" (Proceedings of Electronics Robotics and Automotive Mechanic Conference, FERMA 2006, IEEE Computer Society). También colabora con diversas empresas en aspectos técnicos y de formación. El Dr. Oleagordia consiguió el Segundo premio en el 1º Concurso Iberoamericano CITA 98 celebrado en Madrid. Actualmente es profesor titular de universidad.

José Javier San Martín Díaz (Navarra, 1950). Obtuvo el Grado de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Ingeniería Eléctrica, en la Universidad del País Vasco, en 1976. Actualmente es Profesor Titular en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del País Vasco.



Sus líneas de investigación están enfocadas hacia las tecnologías de Generación Distribuida, Micro-redes Eléctricas y Pilas de Combustible.

Recibió el Primer Premio del Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas (CIGRE) en relación a la comunicación presentada en el XII Encuentro Regional Ibero Americano de CIGRE, celebrado en Foz de Iguazú (Brasil) en mayo de 2007.



Iñigo Aguirre Porturas, nacido en Gernika en 1970, finalizó los estudios de Ingeniería Industrial, especialidad Electricidad en 1998. Posteriormente, ingresó como docente, en la Universidad del País Vasco, en el departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Durante estos años ha presentado varios ponencias en congresos nacionales e internacionales. Básicamente se ha centrado en la innovación educativa realizando aplicaciones de Instrumentación Virtual. Actualmente, es profesor Titular de Escuela Universitaria y está realizando la tesis doctoral en el campo de los sensores inteligentes.

Capítulo 7

Una herramienta CASE para la mejora de la enseñanza de la ingeniería del software

Cèsar Ferri, Emilio Insfran y Adrián Fernández

Title—MTPCASE, a tool for improving the teaching of software engineering.

Abstract—Although there have been important advances in Software Engineering in the last years, the maturity of the area has not yet been reflected on a significant improvement in the quality of produced software. The main reason of this state is that in most cases software is developed without following a proper methodology and, often, without using tools that facilitate the application of these methodologies by guiding the developers through each phase of the software development. If we want to change this situation in the future, we need now to emphasize the importance of using software development methodologies and CASE tools in the Computer Science degrees. In this way, the future practitioners will be ready to apply these methodologies appropriately. In this paper, we present a teaching experience based on the development and introduction of a CASE tool in a software engineering course.

Keywords— CASE, DSL tools, MetaEdit, Structured design.

Resumen—Aunque ha habido avances importantes en la ingeniería del software en los últimos años, todavía no se ha percibido los efectos de la madurez de la materia en una mejora de la calidad del software desarrollado actualmente. El motivo de este estancamiento es debido principalmente a que en la mayoría de casos todavía se sigue desarrollando software de forma artesanal sin seguir una metodología de desarrollo de forma disciplinada y por la falta de herramientas que faciliten el seguimiento de estas metodologías guiando a los desarrolladores en cada una de las fases de este proceso. Es por lo tanto muy importante enfatizar en los estudiantes de carreras relacionadas con la informática la importancia de la aplicación de metodologías

Este trabajo fue presentado originalmente en el VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE'2007).

C. Ferri es profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia (teléfono (+34) 96 387 73 50 - fax. (+34) 96 387 73 59, e-mail: cferri@dsic.upv.es)

E. Insfran es profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia (e-mail: einsfran@dsic.upv.es)

A. Fernández es becario de especialización del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia (e-mail: afernandez@dsic.upv.es)

de desarrollo de software y de herramientas CASE adecuadas, de manera que en un futuro, cuando los estudiantes se integren en equipos de producción de software en las empresas, se pueda mejorar esta situación.

En este artículo presentamos una experiencia docente de desarrollo e implantación de una herramienta CASE para la docencia de una asignatura de ingeniería del software.

Palabras clave— CASE, Diseño estructurado, Herramientas DSL, MetaEdit.

I. INTRODUCCIÓN

LA calidad del software producido actualmente no ha mejorado todo lo que cabría esperar tras décadas de investigación en el área de la ingeniería del software. El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología del departamento de Comercio de Estados Unidos (NIST), estimó en 2002 que los errores en el software costaban cada año alrededor de 59.5 billones de dólares sólo en ese país [10], lo que es equivalente 0.6% del producto interior bruto de los Estados Unidos. La principal razón por lo que no se ha mejorado en esta materia, es la escasa implantación de metodologías adecuadas en el desarrollo de software. Por lo tanto, es de vital importancia mejorar la enseñanza de la ingeniería del software, para que en el futuro, esta tendencia pueda cambiarse.

Para lograr este objetivo, es de vital importancia la utilización de herramientas CASE (Computer-Aided Software Engineering) adecuadas en los entornos académicos que permitan mostrar a los alumnos desde su formación inicial todas las ventajas de la utilización de las metodologías apropiadas en el proceso de construcción del software. Cuando se utiliza un enfoque orientado a objetos existe en el mercado gran variedad de herramientas CASE para su aplicación en cualquiera de las etapas del ciclo de software de la metodología de desarrollo de software orientado a objetos. Estas herramientas, aplican en su mayoría la notación UML [8], un lenguaje de modelado estándar para las metodologías orientadas a objetos.

Sin embargo, en muchos planes de estudios de ingeniero informático, o ingeniero técnico en informática, el primer

contacto del alumnado con la ingeniería del software se realiza utilizando metodologías para lenguajes de programación del paradigma estructurado. Para este tipo de metodologías, el panorama de herramientas CASE es mucho más desalentador. Aunque es posible encontrar herramientas que cubran algunas de las etapas del ciclo de vida en las metodologías estructuradas o graficadores de diagramas, no existe una herramienta que permita su aplicación para todas y cada una de las etapas del ciclo que pueda ser utilizado en un entorno docente. La situación por lo tanto es problemática, ya que desde el profesorado se intenta infundir la utilización de unas metodologías y procedimientos sin que se cuente con las herramientas adecuadas. En esta situación, el alumnado no percibe adecuadamente la importancia de la adopción de metodologías y el uso de herramientas que puedan asistir el desarrollo del software, por lo que se fracasa en el objetivo primordial de la materia.

En este trabajo presentamos una experiencia docente en el campo de la enseñanza de la ingeniería del software. En concreto, la creación, el desarrollo y la implantación de una herramienta CASE para mejorar la enseñanza de una asignatura de introducción a la ingeniería del software en los estudios de ingeniería informática y ingeniería técnica informática.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera. En la Sección 2 resumimos los contenidos de la asignatura Metodología y Tecnología de la Programación. En la siguiente sección presentamos las características más importantes de la herramienta MTPCASE. La Sección 4 expone varios ejemplos del uso de la herramienta. El trabajo finaliza con las conclusiones.

II. METODOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LA PROGRAMACIÓN

Metodología y Tecnología de la Programación (MTP) es una asignatura troncal de 6 créditos y se imparte en el segundo curso de las titulaciones Ingeniero Técnico en Informática e Ingeniero en Informática de la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada (ETSIAP) y de la Facultad de Informática (FI), respectivamente. Esta asignatura es impartida por el Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia y pertenece a la Unidad Docente Desarrollo de Software.

El objetivo principal de la asignatura es el de proporcionar al alumno las capacidades para el diseño estructurado de sistemas de información en el contexto de un Desarrollo Estructurado de Sistemas.

La asignatura se organiza en 3 créditos de teoría y 3 créditos de prácticas. Los contenidos de la asignatura se muestran en la Tabla 1.

En los contenidos de teoría, el tema 1 presenta una introducción a la ingeniería de la programación, el ciclo de vida del desarrollo del software y los principios de ingeniería en el diseño. El tema 2 introduce los conceptos del Análisis Estructurado y las técnicas de Diagrama de Flujos de Datos (DFD), Diccionario de Datos y Especificaciones de Procesos.

El tema 3 presenta la técnica de los Diagramas de Estructura (DE). El tema 4 explica el proceso de identificación de transacciones y cómo obtener un DE a partir de una transacción en un DFD. El tema 5 introduce el concepto de acoplamiento y cómo determinar el tipo de acoplamiento entre los distintos módulos del sistema. El tema 6 introduce el concepto de cohesión y cómo determinar la cohesión de los módulos del sistema. El tema 7 presenta varias guías de diseño adicionales a tener en cuenta en el diseño de un sistema (factorización, cúmulos de información, etc.). Finalmente, el tema 8 presenta las técnicas básicas de pruebas de programas: caja blanca y caja negra.

TABLA I
CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Núm.	Teoría	Prácticas
1	Introducción a la Ingeniería de la Programación	Introducción al lenguaje C
2	Introducción al Análisis Estructurado	Diseño de sistemas con MTP-CASE
3	Diagramas de Estructura	Implementación del Diseño
4	Estrategias para derivar el Diagrama de Estructura	
5	Acoplamiento	
6	Cohesión	
7	Guías adicionales de Diseño	
8	Técnicas de Pruebas del Software	

Las prácticas se organizan en 3 actividades. La práctica 1 es de introducción al lenguaje C donde se hace énfasis en los conceptos de módulos/funciones, paso de parámetros, mecanismos de E/S y acceso a ficheros. Esta práctica es necesaria para la realización de la práctica 3 de implementación del diseño. La práctica 2 es la más importante de la asignatura. Esta práctica presenta el análisis estructurado de un caso de estudio y los alumnos deben identificar las transacciones y realizar el diseño correspondiente aplicando todos los conceptos y guías de diseño introducidas en teoría. La práctica 3 consiste en implementar en C el diseño realizado.

La herramienta MTPCASE es utilizada para dar soporte integral a la fase de diseño del proceso de desarrollo de software y además permite realizar la generación automática de código para las definiciones de datos y cabeceras de módulos indicadas en el diseño (sólo se tiene que programar el cuerpo de los módulos).

De esta forma, no solo se introduce al alumno en el uso de una herramienta CASE de generación automática de código sino que además se muestran y estimulan habilidades deseables en todo proceso de desarrollo de software.

A. Metodología de Desarrollo

Como hemos comentado, en la asignatura MTP se utiliza una metodología basada en el Desarrollo Estructurado de

Sistemas de Información. En esta parte resumimos brevemente esta aproximación.

El Desarrollo Estructurado de Sistemas de Información consiste en el uso de técnicas estructuradas de análisis, diseño y programación que surgieron desde finales de los años '60 hasta los '90 y que continúan usándose en la actualidad. La programación estructurada se inició con los trabajos de Dijkstra [3] y Wirth [14] popularizándose sobre todo el lenguaje Pascal y más tarde el lenguaje C. En cuanto a las metodologías de análisis y diseño destacan la metodología de Jackson (JSP) [7], DeMarco [2], Constatine & Yourdon [1] y Yourdon [13].

Aunque existen muchas versiones para el desarrollo estructurado ([11][12]), todas ellas se basan en la filosofía de analizar el sistema a desarrollar desde el punto de vista funcional. Constantine [1] denomina a esta forma de pensar el paradigma funcional. En este paradigma, las funciones y sus datos relacionados son tratados de forma independiente. En el desarrollo de sistemas de información, a nivel de análisis las funciones se representan con Diagramas de Flujos de Datos (DFD) complementados con Especificaciones de Procesos y Diccionario de Datos. En cuanto a la fase de diseño, se utilizan los Diagramas de Estructura (DE) junto con especificaciones de sus módulos. Los diagramas de estructura permiten detallar la distribución del sistema en componentes funcionales independientes (módulos), así como las relaciones jerárquicas entre ellos. Cuando se implementa un diagrama de estructura, cada módulo se traduce en una función o procedimiento del lenguaje de programación estructurado utilizado.

III. MTPCASE

Antes de iniciar el desarrollo de la herramienta MTPCASE, se realizó un estudio de mercado teniendo en cuenta los aspectos funcionales deseados para la asignatura así como también el económico, considerando las licencias de uso, el servicio de mantenimiento y las actualizaciones a nuevas versiones. La herramienta CASE debía ser utilizada en los laboratorios por unos 700 alumnos (entre la Escuela y la Facultad) y además se deseaba dar facilidad a los alumnos para que lo pudieran usar libremente en sus casas. Por estas razones, finalmente se optó por utilizar las tecnologías para el desarrollo rápido de aplicaciones y en particular las que dan soporte a lenguajes gráficos de dominio específico. Entre estos entornos están las DSL Tools de Microsoft [4], Eclipse usando EMF [5] y GMF [6] y MetaEdit+ [9]. La elección fue MetaEdit+ debido principalmente a su baja curva de aprendizaje, facilidades para la manipulación de elementos gráficos, manipulación sencilla de su repositorio para la verificación de consistencia, informes de errores y generación de código. A continuación, se presenta con más detalle este entorno de desarrollo y el diseño de MTPCASE.

A. MetaEdit+

Metaedit+ es una herramienta CASE, que puede ser utilizada para desarrollar otras herramientas CASE de un

dominio específico (en particular aquellos dominios que utilizan una metáfora gráfica como los lenguajes gráficos de modelado: UML, DFD, Redes de Petri, etc.). Este software permite que el mismo usuario defina los metamodelos que definen la estructura y el comportamiento de cualquier diagrama y después utilizar estos metamodelos para generar un entorno de trabajo para estos diagramas (edición, visualización, etc.). Además esta herramienta permite elaborar informes asociados a los diagramas tanto para consultar sus características, verificar consistencia o listar errores y generar código en algún determinado lenguaje de programación.

Para la creación de estos metamodelos, los elementos que MetaEdit+ proporciona son:

- 1) *Properties*: Elementos que permiten caracterizar los objetos que se representan en un diagrama. Por ejemplo: nombre, tipo de datos, descripción, etc.
- 2) *Objects*: Entidades o figuras gráficas que aparecerán representando conceptos en los diagramas. Por ejemplo: módulos, parámetros, clusters, etc.
- 3) *Relationships*: Relaciones existentes entre los distintos objetos. Por ejemplo: llamadas, acceso a clusters, flujos de datos, etc.
- 4) *Roles*: Papel que se interpreta una Entidad dentro de una relación con otras. Por ejemplo: "llama a", "es llamado por", etc.
- 5) *Ports*: Puntos de conexión que se establecen en la representación gráfica de las entidades que sirven para definir donde se puede establecer una relación con otra entidad
- 6) *Graphs*: Diagramas que podrán incorporar todos los elementos que se hayan definido anteriormente.

Además, es posible la generación de informes y código gracias a MERL, un lenguaje de script propio de MetaEdit+ que nos permite navegar por todos los componentes de un diagrama.

A continuación se describe brevemente los aspectos más importantes en el diseño de MTPCASE.

B. Diseño de MTPCASE

Se han creado tres tipos de diagramas:

- Diccionario de Datos (DD)
- Diagrama de Flujo de Datos (DFD)
- Diagrama de Estructura (DE)

Para dotar de más funcionalidad la herramienta se ha empleado MERL (el lenguaje propio de Metaedit+) para la creación de informes que proporcionarán los aspectos claves para mejorar los diagramas que se pretendan representar. Estos informes analizan todos los objetos representados en el diagrama para mostrar tanto resúmenes textuales como errores de consistencia o falta de información (por ejemplo, elementos sin descripción o tipo de dato asociado).

Además, el propio Metaedit+ nos ofrece informes por defecto que añaden más variedad a la hora de presentar la información de un diagrama.

C. Generación de Código

Una de las más interesantes funcionalidades es la generación automática de código. Se optó lenguaje C por ser el que se utiliza actualmente en la asignatura. Sin embargo, la generación de código en otro tipo de lenguaje de programación estructurado no sería muy costosa, ya que tan sólo deberíamos modificar ligeramente los informes de generación de código adaptándolos a la sintaxis del lenguaje deseado. La implementación de estos generadores también está realizada usando MERL.

La generación de código crea ficheros de texto con las extensiones .h y .c:

- Cabecera de fichero indicando nombre, tipo fichero, fecha, hora, autores, etc.
- Código documentado a partir de las descripciones insertadas en los objetos del diagrama

Esta funcionalidad es accesible desde dos tipos de diagramas:

- Diccionario de Datos: Se analizan todos los tipos de datos definidos y se procede a la creación de un archivo "Diccionario.h" que contiene todas las definiciones en lenguaje C.
- Diagrama de Estructura: Se permite la generación de código sólo de cabeceras (ficheros .h) o de la plantilla para el desarrollo de los módulos (ficheros .c) con las cabeceras de todos los módulos y las llamadas respectivas a otros módulos (incluyendo sus parámetros de entrada y salida).

D. Informes

MTPCASE contiene una serie de informes para obtener información sobre los diagramas introducidos por los usuarios. Los informes los podemos dividir en dos tipos: informes de validación e informes de detalle.

Los informes de validación permiten verificar la consistencia de los diagramas introducidos por los usuarios, mientras que los informes de detalle permiten conocer toda o parte de la información que se representa en los diagramas. Aunque algunos de los informes son propios de la herramienta MetaEdit+, se han creado informes adicionales que recogen las características propias de los diagramas utilizados (por ejemplo, en el Diagrama de Estructura, para comprobar que todos los parámetros tienen asociados los tipos de datos o que hay consistencia de parámetros en llamadas múltiples a módulos)

Además, los informes de validación permiten descubrir situaciones no fácilmente detectables a simple vista como: objetos que no están relacionados con otros, propiedades relevantes que se han dejado vacías, coherencia en las relaciones, consistencia en la llamada a módulos (mismo número y tipo de parámetros), etc. Estos informes ayudan a los usuarios en la creación de diagramas correctamente definidos.

Por otra parte, los informes de detalle nos sirven para conocer de manera concisa detalles sobre el proyecto en desarrollo: objetos creados, diagramas introducidos, tipos de datos, etc.

E. Ventajas del Uso de MTPCASE

La implantación en la asignatura de la herramienta MTPCASE ha constituido una mejora importante en la docencia de la asignatura. Entre las ventajas que ha supuesto la implementación de esta herramienta, destacamos las siguientes:

- Se muestra claramente la trazabilidad directa entre el diseño y la implementación (módulos de diseño y funciones del lenguaje de programación)
- Se "obliga" al alumno a mantener actualizado el diseño debido a que los cambios estructurales no se realizan en el código sino en el diseño
- Se acelera el proceso de desarrollo debido a que las tareas repetitivas son automatizadas por la herramienta
- Se obtiene un código más ordenado y documentado
- Se mejora el trabajo en equipo al partir de una estructura definida.

Además de estas mejoras docentes, el alumno se ve beneficiado por ser una herramienta de libre distribución (puede ser descargado de la página de la asignatura y usado fuera de la universidad), es multiplataforma (la herramienta está definida como un metamodelo que puede ser ejecutado en MetaEdit+ en Windows, Linux o Mac OS).

IV. EJEMPLO DE USO

En este punto ilustramos algunos ejemplos de uso de la herramienta MTPCASE, para así poder detallar todas sus posibilidades.

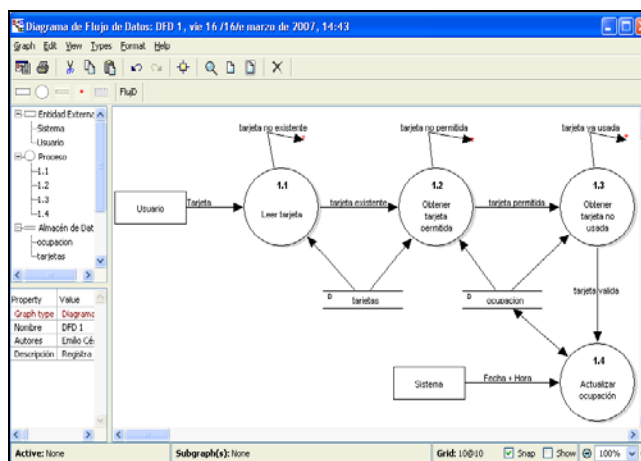


Fig. 1. Diagrama de flujo de datos de ejemplo.

El primer paso en el desarrollo estructurado de un producto software corresponde a la fase de análisis. Siguiendo la metodología de nuestra asignatura, esta etapa consiste en definir un diccionario de datos, así como los diagramas de flujo de datos que recojan la funcionalidad del sistema.

MTPCASE permite crear diccionario de datos que contengan las definiciones de los tipos de datos necesarias para la implementación del sistema. Además MTPCASE dispone de mecanismos de verificación de los tipos introducidos. Estos tipos, los podemos utilizar tanto para los

Diagramas de Flujos de Datos (DFD) como para los Diagramas de Estructura (DE) de la fase de diseño. En la Figura 1 podemos ver un simple ejemplo de un DFD desarrollado con nuestra herramienta para el análisis de una transacción de registro de tarjetas para comprobar el acceso a un parking de coches. Como hemos visto en la sección anterior, la herramienta dispone de una serie de comprobaciones que permiten verificar la validez del DFD introducido desde el punto de vista sintáctico.

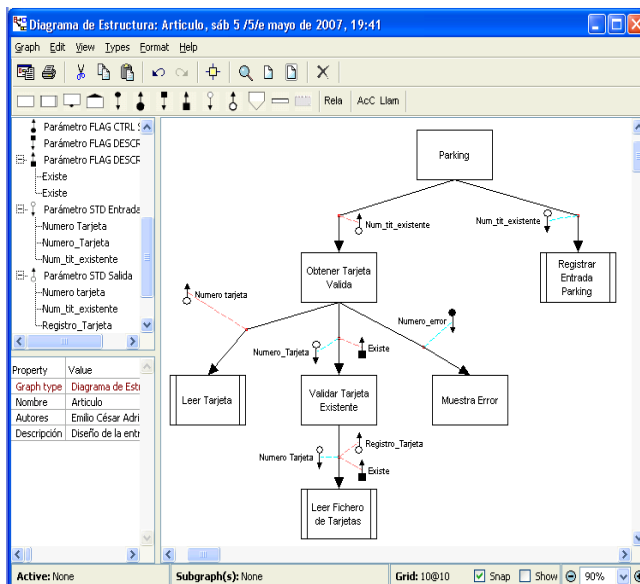


Fig. 2. Diagrama de estructura de ejemplo.

El siguiente paso del desarrollo estructurado es la fase de diseño. En esta fase los alumnos deben abordar el diseño del sistema basado en los diagramas de análisis de la fase anterior. Para realizar el diseño modular correspondiente al diseño estructurado, se utiliza el Diagrama de Estructura. Este tipo de diagrama permite conocer cómo se divide un sistema en módulos (o funciones), así como las relaciones entre los módulos (invocaciones). La Figura 2 muestra un diagrama de estructura simple para el diseño de la transacción del registro de tarjetas del parking introducido en el análisis. MTPCASE permite dibujar diagramas de estructura completamente definidos, es decir, diagramas cuyos módulos contengan una especificación en pseudocódigo (u otros tipos de especificación), así como la definición de los tipos de los parámetros de las llamadas, utilizando para ello los tipos definidos en el diccionario de datos.

La propia herramienta nos permite verificar que el diagrama de estructura esté correctamente especificado, ya que incluye una serie de informes para la validación de diagramas de estructura.

Finalmente, una vez completada la fase de diseño con la comprobación de que el diseño que contemplan los diagramas de estructura es correcto con respecto a los requisitos del análisis, podemos continuar con la siguiente etapa del ciclo de vida, la implementación. Para ello MTPCASE permite generar código que refleja directamente el diseño de los Diagramas de

Estructura. El código generado contiene todo lo que se puede conocer desde un diagrama de estructura: la definición de las funciones, las cabeceras de las funciones, así como las llamadas entre funciones. De esta forma, el código generado constituye una plantilla para que el programador inicie su tarea de implementación con la estructura del código ya definida de manera que sólo se debe de preocupar de implementar el cuerpo de las funciones.

```

/*****
* Archivo generado automáticamente por MTPCASE
* Nombre: SINTICE.c
* Tipo: Código Fuente (.c)
* Fecha: 03/05/2007
* Hora: 01:58
* Autores:
  - Emilio <einsfran@dsic.upv.es>
  - César <cferri@dsic.upv.es>
  - Adrian <adfermar@fiv.upv.es>
*****/
#include "Diccionario.h"

/*****
* Función: Muestra_Error
* Descripción: Imprime por pantalla los errores
* Parámetros Entrada:
  - Numero_error (Flag de Control):
* Parámetros Salida: -----
*****/
void Muestra_Error (int Numero_error) {
}

/*****
* Función: Parking
* Descripción: Control acceso parking
*****/
void Parking ( ) {
    Registrar_entrada_parking ( );
    Obtener_Tarjeta_Valida (char *);
}

/*****
* Función: Obtener_Tarjeta_Valida
* Descripción: Permite obtención de tarjeta existente
* Parámetros Entrada: -----
* Parámetros Salida:
  - Num_tjt_existente (Estándar):
*****/
void Obtener_Tarjeta_Valida (char *
Num_tjt_existente) {
    Leer_Tarjeta (char *);
    Muestra_Error (int);
    Validar_Tarjeta_Existente (char *, int *);
}

/*****
* Función: Validar_Tarjeta_Existente
* Descripción: Comprueba existencia de una tarjeta
* Parámetros Entrada:
  - Numero_tarjeta (Estándar):
* Parámetros Salida:
  - Existe (Flag Descriptivo):
*****/
void Validar_Tarjeta_Existente (
char *Numero_tarjeta,
int *Existe)
{
    Leer_fichero_de_tarjetas (char *, reg_tarjeta
*, int *);
}

```

Fig. 3. Ejemplo de código generado.

Esto hace que la arquitectura de programación esté estrictamente definida por el diseño. Otra de las ventajas de la

utilización de estas plantillas es la facilidad para dividir la fase de implementación entre varias personas, ya que partir con la estructura del código generada minimiza los conflictos a la hora de integrar partes desarrolladas por diferentes programadores. En la Figura 3 podemos ver el código que crea la herramienta desde el Diagrama de Estructura de la Figura 2. Como podemos observar, la herramienta incluye como comentarios la información que hayamos incluido en los Diagramas de Estructura: especificación, autores, etc. También se genera código para la definición de los tipos introducida en el Diccionario de Datos.

V. CONCLUSIONES

La poca aplicación de metodologías de ingeniería del software en la producción de programas provoca que gran parte de los sistemas desarrollados contengan una considerable cantidad de errores. Estos errores causan pérdidas de millones de euros cada año. La mejora en la formación de los futuros programadores en materias de ingeniería del software, y en especial en el uso de herramientas CASE, es una de las acciones que pueden ayudar a solventar esta situación.

En este artículo hemos presentado una herramienta CASE específica para el diseño estructurado de sistemas, definida e implantada para cubrir las necesidades docentes de la asignatura Metodología y Tecnología de la Programación.

La implantación de una herramienta específica de estas características permite dar soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje permitiendo a los alumnos dedicar mayor esfuerzo a las tareas creativas de diseño y razonamiento sobre el diseño y su posterior representación automática en elementos de programación. Esto permite de forma automática establecer mecanismos de trazabilidad entre las fases de diseño y programación liberando a los alumnos de esa tarea y permitiendo la dedicación de más tiempo a las actividades validación, verificación y pruebas.

Como trabajos futuros se pretende ampliar y mejorar la herramienta con funcionalidades y verificaciones de consistencia como generación de código en otros lenguajes, informes HTML, implementación de otros diagramas como Entidad Relación, UML, de Componentes, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Politécnica de Valencia mediante el proyecto PACE (Plan de Acción para la Convergencia Europea). Además agradecemos la colaboración del resto de profesores de la asignatura MTP para el desarrollo e implantación de la herramienta.

REFERENCIAS

- [1] L. Constantine and E. Yourdon. *Structured Design*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1979; Yourdon Press, 1975.
- [2] T. De Marco. *Structured Analysis and Systems Specification*, Prentice-Hall, 1979, ISBN 0-13-854380-1.
- [3] E. Dijkstra, "Go To Statement Considered Harmful", *Communications of the ACM*, March 1968.
- [4] *DSL Tools. Domain-Specific Languages*. Microsoft. Disponible: <http://msdn2.microsoft.com/en-us/vstudio/aa718368.aspx>
- [5] *EMF. Eclipse Modeling Framework*. Disponible: <http://www.eclipse.org/modeling/emf/>
- [6] *GMF. Graphical Modeling Framework*. Disponible: <http://www.eclipse.org/gmf/>
- [7] M.A. Jackson, *Principles of Program Design* ISBN 0-12-379050-6. 1974.
- [8] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh (1998). *The Unified Software Development Process*. Addison Wesley. ISBN 0-201-57169-2.
- [9] *MetaCase inc., Metaedit+ v4.5*, 2007. Disponible: <http://www.metacase.com/mep/>
- [10] National Institute of Standards and Technology (NIST), *The Economic Impacts of Inadequate Infrastructure for Software Testing*, 2002. Disponible: <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report02-3.pdf>
- [11] M. Pages Jones, *The Practical Guide to Structured Systems Design*. Ed. Prentice Hall, 1988.
- [12] I. Sommerville, *Software Engineering* (8ª edición), Ed. Addison Wesley, 2006.
- [13] E. Yourdon, *Modern Structured Analysis*, Yourdon Press, ISBN 0-13-598624-9. 1989.
- [14] N. Wirth, *Algorithms + Data Structures = Programs*. Prentice Hall, February 1976.



César Ferri. Nacido en Quartell (Valencia) el 19 de Febrero de 1974. Licenciado en informática por la Facultad de Informática de Valencia en 1998 y Doctor en informática en 2003 por el Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Profesor Titular de Escuela Universitaria del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Sus tareas de investigación se realizan dentro del grupo "Extensiones de la Programación Lógica" (ELP). Ha trabajado principalmente en temas relacionados con la minería de datos y el aprendizaje automático. En estas áreas es autor de varios artículos publicados en conferencias y revistas de prestigio internacional.



Emilio Insfran. Nacido en Asunción (Paraguay) el 17 de Diciembre de 1969. Licenciado en Informática por la Universidad Nacional de Asunción en 1993, Máster en Ciencias de la Computación por la Universidad de Cantabria (España) en 1995 y Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Valencia.

Profesor Contratado Doctor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Es miembro del grupo de investigación Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) y sus áreas de investigación son: ingeniería de requisitos, desarrollo de software dirigido por modelos y calidad del software.



Adrián Fernández. Nacido en Quart de Poblet. (Valencia) el 14 de Noviembre de 1984. Titulado en Ingeniería Informática Superior por la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia en 2007.

Estudiante del Programa de Máster en Ingeniería del Software, Métodos Formales y Sistemas de Información (ISMFSI) perteneciente al programa de estudios de Doctorado en el Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la UPV.

Sus tareas de investigación se realizan en el grupo de investigación Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) como becario de especialización de la UPV. Los principales objetivos de su trabajo se centran en el desarrollo y la validación empírica de un proceso de evaluación de usabilidad basado en Model-Driven Architecture (MDA) para el desarrollo de aplicaciones Web.

Capítulo 8

Técnicas de Experimentación en la Enseñanza de Métodos de Estimación de Software

Silvia Abrahão y Emilio Insfran

Title—Experimental Techniques in Teaching Methods for Estimating Software.

Abstract—Currently, a large number of controlled experiments are being conducted in academic environments to evaluate the effectiveness of methods or techniques proposed. Most of these experiments have the main objective to obtain data to provide empirical evidence of the utility of these methods for researchers often ignoring the educational objectives of this type of activity. This paper presents an experience in the application of experimental techniques in teaching methods for estimating software undertaken as part of a course of software development in the Computer Engineering degree at the Polytechnical University of Valencia. Unlike what has been the usual in experiments conducted in the field of Software Engineering, this paper describes how controlled experiments can be designed taking into account the objectives of researchers and teachers.

Keywords—software estimation, student experiments.

Resumen—Actualmente una gran cantidad de experimentos controlados están siendo realizados en entornos académicos para evaluar la efectividad de métodos o técnicas propuestos. La mayoría de estos experimentos tienen como único objetivo la obtención de datos que proporcionen evidencia empírica de la utilidad de estos métodos ignorando muchas veces los objetivos docentes de este tipo de actividad. Este artículo presenta una experiencia en la aplicación de técnicas de experimentación en la enseñanza de estimación de software realizada como parte de una asignatura de desarrollo de software impartida en la titulación de Ingeniería Informática en la Universidad Politécnica de Valencia. A diferencia de lo que viene siendo habitual en experimentos realizados en el ámbito de la Ingeniería del Software, este trabajo describe cómo experimentos controlados pueden ser diseñados teniendo en cuenta los objetivos del investigador y del docente.

Palabras clave—estimación de software, experimento.

Este trabajo fue presentado originalmente en el VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE'2007).

S. Abrahao es profesora del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia (teléfono (+34) 96 387 70 00 - fax. (+34) 96 387 73 59, e-mail: sabrahao@dsic.upv.es)

E. Insfran es profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Politécnica de Valencia (e-mail: einsfran@dsic.upv.es)

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un incremento en el uso de técnicas de experimentación en el área de las Ciencias de la Computación [6] [19] [20] y en particular en la Ingeniería del Software (IS) [7] [8] [9] [10] [14] [23]. Tales técnicas son útiles no sólo para que el investigador valide empíricamente sus teorías y/o métodos usados en el desarrollo de software sino también sirven de apoyo para el docente ya que ayuda en la definición sistemática del contenido de un curso y en la mejora continua del material docente. Además, el ACM/IEEE curricula'91 sugiere que experimentos pueden ser realizados en varios cursos en el área de las ciencias de la computación [21].

Un estudio reciente [9] revela que la mayoría de los experimentos realizados en Ingeniería del Software han sido ejecutados en un ambiente académico usando una asignatura de gestión o desarrollo de software como “laboratorio experimental”. Uno de los motivos es el bajo coste en el uso de estudiantes como sujetos frente a la contratación de profesionales de la industria. Además, el entorno académico puede ser considerado un lugar idóneo para la realización de experimentos prácticos ya que no sufre la presión de clientes, usuarios y la entrega de nuevas versiones de productos software en el mercado.

El trabajo de Shull *et al.* [18] indica que algunos estudios experimentales requieren desarrolladores de software profesionales como sujetos experimentales aunque la mayoría de los estudios realizados con estudiantes también producen resultados significativos. Runeson [16] ha realizado un estudio en el contexto del Proceso de Software Personal (PSP) para investigar la viabilidad de usar estudiantes como sujetos. Este estudio analizó el rendimiento de estudiantes principiantes y otros estudiantes de graduación y lo comparó con datos obtenidos en un ambiente industrial. Por otro lado, aunque determinados experimentos sean ejecutados en la industria es muy común realizar estudios pilotos con estudiantes.

A pesar del incremento de experimentos con estudiantes, pocos han sido los trabajos que analizan el rol de la experimentación en la docencia de Ingeniería del Software [9] [15]. Para que la experimentación sea realmente útil es

necesario que tenga un valor pedagógico y que se tengan en cuenta cuestiones éticas [17].

Este trabajo presenta una experiencia en la aplicación de técnicas de experimentación en la enseñanza de estimación de proyectos de software y se centra en analizar la utilidad de estas técnicas bajo la perspectiva docente. Dicho análisis se basa en una serie de experimentos controlados realizados en la asignatura Entornos de Desarrollo de Software (EDS) desde 2002 hasta 2005.

Este trabajo se estructura como sigue. La sección 2 presenta una breve descripción de los objetivos y contenido de la asignatura EDS. La sección 3 presenta el método experimental seguido y los resultados obtenidos. La sección 4 presenta las lecciones aprendidas. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

II. ENTORNOS DE DESARROLLO SOFTWARE

La asignatura Entornos de Desarrollo de Software (EDS) se ha impartido en el quinto curso de la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad Politécnica de Valencia, contando con tres créditos teóricos y tres prácticos. Se trataba de una asignatura optativa en la que los alumnos tenían la posibilidad de estudiar técnicas avanzadas de desarrollo de software. En particular, se pretendía que los alumnos conozcan de forma crítica y adquieran destreza, a través del estudio de las características comunes de los entornos de desarrollo de software.

EDS pertenecía al grupo de asignaturas de la unidad docente Desarrollo del Software y podía ser vista como una oportunidad para que los alumnos profundicen los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Ingeniería de Software (IS) y Laboratorio de Ingeniería de Software (LIS) impartidas en el tercer curso e Ingeniería de Requisitos (IR) impartida en el cuarto curso de la titulación.

La Tabla 1 presenta de manera general los principales contenidos de la asignatura. Dichos temas cubren

TABLA I
CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Núm.	Temas
1	Sistemas Reactivos - Marco conceptual para técnicas de análisis y diseño - Métodos formales y no formales en el desarrollo de software
2	Ingeniería de Requisitos - Modelo de proceso para la Ingeniería de Requisitos - Validación y evolución de Requisitos - Trazabilidad de Requisitos
3	Modelado y Diseño de Sistemas - Técnicas orientadas a objetos basadas en UML - Técnicas de modelado para aplicaciones Web
4	Estimación de Proyectos - Medición del tamaño funcional: FPA - Métodos de medición basado en modelos: OOmFP y OOmFPWeb - Indicadores de coste y de productividad.
5	Entornos de generación de código basado en modelos - Generación Estructural, de Comportamiento y Translativa.

principalmente las fases de análisis y diseño del proceso de desarrollo del software. Estos temas tratan de manera directa la importancia de los aspectos de gestión además de los meramente técnicos y el uso de herramientas para automatizar el proceso de desarrollo de software en sus distintas fases.

La asignatura finaliza con la presentación de un marco para la clasificación y estudio de las características de los entornos de generación automática de código: estructural (ej., Rational Rose), de comportamiento (ej., Rhapsody) y translativa (ej., BridgePoint).

Con el fin de que los alumnos aprendan técnicas que les permitan estimar el tamaño, la duración y el coste de un sistema software durante las primeras fases del ciclo de desarrollo, hemos introducido desde el año académico 2002/2003 el tema 4 (Estimación de Proyectos). En este tema, se estudiaba el método de medición de tamaño funcional Análisis de Puntos de Función (Function Point Analysis - FPA) que es el método estándar más empleado en la industria. En este contexto, en nuestro grupo de investigación hemos propuesto dos métodos de estimación de tamaño funcional basados en FPA y que se aplican a modelos conceptuales desarrollados en fase de análisis y diseño: OOmFP para medir modelos de sistemas orientados a objetos y OOmFPWeb para medir modelos de aplicaciones Web.

Para evaluar el rendimiento de los métodos OOmFP y OOmFPWeb (beneficio para el investigador) y la habilidad de los alumnos en su uso y aprendizaje (beneficio para el docente y los alumnos) hemos realizado una serie de *experimentos controlados* en la asignatura EDS. El planteamiento de los experimentos realizados en los sucesivos años así como los resultados obtenidos se presenta a continuación.

III. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

A lo largo de los años, desde la aparición del FPA propuesto por Albrecht [5], han sido muchos los métodos de medición del tamaño funcional del software que se han desarrollado. Aunque el método FPA es ampliamente aceptado en la industria, no se ha demostrado empíricamente su utilidad para la medición de sistemas orientados a objetos y aplicaciones Web.

El objetivo de los experimentos llevados a cabo en la asignatura EDS ha sido medir la eficacia de dos métodos de medición (OOmFP [2] [3] y OOmFPWeb [2] [4]) comparándolas con la eficacia en la aplicación del método estándar FPA. Estos experimentos han sido diseñados y llevados a cabo siguiendo el proceso experimental propuesto por Wohlin *et al.* [22] y las recomendaciones propuestas en [11] y [12].

A. Primer Experimento: OOmFP vs. FPA

El objetivo del primer experimento [1] [3] ha sido determinar cuál método (OOmFP o FPA) es el más eficaz y el más probable de ser usado para la medición del tamaño de sistemas orientados a objetos.

1) *Planificación*: Los sujetos seleccionados fueron veinte estudiantes de la Facultad de Informática de la Universidad

Politécnica de Valencia (UPV) matriculados en la asignatura EDS en el año académico 2002-2003. El experimento fue organizado como parte obligatoria de la asignatura. Las *variables independientes* fueron los métodos a ser evaluados (OOMFP y FPA). Las *variables dependientes* fueron definidas a partir del modelo de evaluación de métodos MEM [13] propuesto por Moody. Según este modelo, la *eficacia* de un método se mide teniendo en cuenta el esfuerzo empleado en aplicar el método (ej. *tiempo*) y la calidad de los resultados obtenidos. La calidad de los resultados de los métodos de medición puede ser medida considerando la *reproducibilidad* y la *precisión* de los resultados obtenidos. Además, hemos considerado tres variables subjetivas (*facilidad de uso percibida*, *utilidad percibida* e *intención de uso*) para evaluar la probable intención de uso de los métodos. Los objetos experimentales consistieron en una especificación de requisitos de usuario de un Sistema de Gestión de Proyectos (como entrada al método FPA) y su correspondiente modelo conceptual (como entrada al método OOMFP). Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a dos grupos y todos los alumnos han aplicado los dos métodos en distinto orden, como se puede observar en la Tabla 2. Finalmente, las hipótesis del experimento fueron las siguientes:

- H1: OOMFP lleva menos tiempo para aplicar que FPA.
- H2: OOMFP proporciona medidas de tamaño más reproducibles que FPA.
- H3: OOMFP proporciona medidas de tamaño más precisas que FPA.
- H4: OOMFP es más fácil de usar que FPA.
- H5: OOMFP es más útil que FPA.
- H6: OOMFP es más probable de ser usado en la práctica que FPA.

TABLA II
RESUMEN DE LAS TAREAS EXPERIMENTALES
Y DE ENTRENAMIENTO

Núm.	Grupo Experimental 1	Grupo Experimental 2
1	Entrenamiento con FPA	Entrenamiento con OOMFP
2	Medición del tamaño funcional con FPA	Medición del tamaño funcional con OOMFP
3	Cuestionario de evaluación FPA	Cuestionario de evaluación OOMFP
4	Entrenamiento con OOMFP	Entrenamiento con FPA
5	Medición del tamaño funcional con OOMFP	Medición del tamaño funcional con FPA
6	Cuestionario de evaluación OOMFP	Cuestionario de evaluación FPA

2) *Operación*: Antes de realizar el experimento se ha hecho sesiones de entrenamiento (véase Tabla 2) incluyendo un *pre-test* donde se explicó cómo los métodos deberían ser aplicados, cómo se debía contestar a las preguntas del cuestionario y qué material se estaba proporcionando para la realización del experimento. Las variables objetivas (tiempo, reproducibilidad y precisión) fueron medidas a partir de los objetos experimentales mientras que las subjetivas fueron

medidas con un cuestionario de 13 preguntas usando una escala Likert de 5 puntos.

3) *Análisis e Interpretación*: El primer paso en el análisis fue verificar si los datos tenían una distribución normal. Como la distribución de los datos era normal, se utilizó la técnica estadística t-student para comprobar las hipótesis. El resultado del test para H1 no ha permitido confirmar la hipótesis, indicando que los sujetos llevaron más tiempo para aplicar OOMFP (media = 3,00) que FPA (media = 2,41). Sin embargo, las hipótesis H2 y H3 han podido ser confirmadas ya que las medidas de tamaño obtenidas con OOMFP fueron más reproducibles (media=0.04) y precisas (media=4% de variabilidad con respecto al valor correcto) que las obtenidas con el método FPA (mediaRepr=0.09; mediaPrec=18% variabilidad). Finalmente, las hipótesis H4, H5 y H6 fueron confirmadas debido a que las respuestas del cuestionario para facilidad de uso percibida (mediaFPA=2,71; mediaOOMFP=2,90), utilidad percibida (mediaFPA=2,48; mediaOOMFP=3,52) e intención de uso (mediaFPA=2,63; mediaOOMFP=3,66) fueron superiores al ítem neutro (escala 3) del cuestionario. Más información sobre los resultados del experimento puede ser obtenida en [1] [3].

4) *Discusión*: Desde el punto de vista del investigador el experimento ha sido un éxito. Los datos proporcionaron evidencia empírica sobre la utilidad de OOMFP en la práctica para la medición de sistemas orientados a objetos. De todas las hipótesis planteadas sólo H1 no ha sido confirmada. Sin embargo, esto no tiene mayor relevancia debido a que OOMFP ha sido automatizado en una herramienta CASE. Sin embargo, desde el punto de vista docente hemos detectado que los alumnos no pudieron comprobar la efectividad de la medición realizada debido a que el experimento no contemplaba una tarea de retroalimentación con los alumnos para discutir sus resultados.

B. Segundo Experimento: OOMFPWeb

El objetivo del segundo experimento [4] ha sido evaluar la eficacia y la probable aceptación en la práctica de OOMFPWeb. Un objetivo adicional ha sido mejorar la utilidad del experimento desde el punto de vista docente para evitar el problema de retroalimentación observado en el primer experimento.

1) *Planificación*: Los sujetos fueron 27 estudiantes de la Facultad de Informática de la UPV matriculados en la asignatura EDS durante el año académico 2003-2004. La *variable independiente* fue OOMFPWeb. No se ha comparado con otro método debido a que no existe hasta la fecha ningún método estándar de medición de tamaño para aplicaciones Web. Las *variables dependientes* del experimento fueron la *productividad* de los sujetos (tamaño del sistema / tiempo de medición) usando OOMFPWeb, la *reproducibilidad* de las estimaciones de tamaño obtenidas, la *facilidad de uso percibida*, la *utilidad percibida* y la probable *intención de uso* de los sujetos. Estas variables fueron evaluadas de una manera

cualitativa comparando los datos del uso de OOmFPWeb con los datos publicados en la industria. Las hipótesis del experimento fueron las siguientes:

- H1: OOmFPWeb es eficiente comparado con las prácticas actuales de la industria.
- H2: OOmFPWeb es efectivo comparado con estudios similares publicados en la literatura.
- H3: OOmFPWeb es fácil de usar.
- H4: OOmFPWeb es útil.
- H5: Hay intención de uso de OOmFPWeb en el futuro.

2) *Operación*: Antes de ejecutar el experimento se realizó una sesión de entrenamiento en la que se les entregó a los sujetos la especificación de un modelo conceptual y la guía de medición de OOmFPWeb. Luego, los alumnos midieron el tamaño funcional de una aplicación Web de gestión hospitalaria y completaron un cuestionario de evaluación del método de medición. Por último, se realizó una *sesión de retroalimentación a los alumnos* en la que se discutió la solución del ejercicio propuesto y se les pasó una *encuesta para medir su satisfacción* en la realización de la actividad. El objetivo de la encuesta fue verificar la utilidad de las actividades realizadas en clase como simulación de una actividad de medición en un entorno profesional. Las tareas experimentales se describen en la Tabla 3. Las tareas 1, 2 y 3 son de carácter de investigación (el objetivo era evaluar OOmFPWeb) mientras que las tareas 4 y 5 son de carácter docente (el objetivo era comprobar la satisfacción de los alumnos).

TABLA III
RESUMEN DE LAS TAREAS EXPERIMENTALES
Y DE ENTRENAMIENTO

Núm.	Tarea
1	Entrenamiento con OOmFPWeb
2	Medición del tamaño funcional con OOmFPWeb
3	Cuestionario evaluación OOmFPWeb
4	Sesión de retroalimentación a los alumnos
5	Cuestionario de satisfacción
6	Entrenamiento con OOmFPWeb

3) *Análisis e Interpretación*: La hipótesis H1 fue evaluada comparando la productividad de los sujetos usando OOmFPWeb con datos publicados en la industria. Según algunos estudios, la productividad más baja de un estimador novel es la estimación de 200 a 300 Puntos de Función (FP) por día. Considerando un día laborable de 8 horas, la productividad esperada para un estimador novel es de aproximadamente 25 a 37 FP/hora. Los resultados del experimento indicaron que la productividad media de los sujetos usando OOmFPWeb fue de 129,32 FP/hora, que es más de tres veces superior al indicado en la industria por lo que H1 pudo ser confirmada. La hipótesis H2 también pudo ser confirmada ya que estudios similares indicaron una variación media del 30% de las estimaciones realizadas por distintos estimadores mientras que el experimento ha indicado

una variación del 15%. Finalmente, las hipótesis H3, H4 y H5 fueron confirmadas debido a que las respuestas del cuestionario para facilidad de uso percibida (media=3,97), utilidad percibida (media=3,69) e intención de uso (media=3,59) fueron superiores al ítem neutro (escala 3) del cuestionario. Estas hipótesis fueron comprobadas con la técnica estadística t-student. Más información sobre los resultados del experimento puede ser obtenida en [4].

4) *Discusión*: Desde el punto de vista del investigador el experimento ha sido un éxito. Los datos proporcionaron evidencia empírica sobre la utilidad de OOmFPWeb en la práctica para la medición del tamaño de aplicaciones Web. Todas las hipótesis planteadas en el experimento fueron confirmadas. Desde el punto de vista docente, la incorporación de la tarea de retroalimentación a los alumnos ha contribuido a la mejora docente ya que los resultados del experimento pudieron ser discutidos y analizados por los alumnos con el profesor (instructor). Finalmente, los resultados de la encuesta de satisfacción han mostrado que un 82% de los alumnos percibieron que las actividades realizadas en clase fueron de utilidad para su formación.

C. Tercer Experimento: OOmFPWeb

El objetivo del tercer experimento [2] fue evaluar la eficacia y la probable aceptación en la práctica de OOmFPWeb. Se trata de una réplica exacta del segundo experimento. Es importante realizar réplicas de experimentos para comprobar la genericidad y validez de los resultados [18].

1) *Planificación*: Los sujetos fueron 46 estudiantes de la Facultad de Informática de la UPV matriculados en la asignatura EDS durante el año académico 2004-2005. Por tratarse de una réplica, se ha utilizado el mismo diseño del segundo experimento. De esta manera, la variable independiente (OOmFPWeb), las variables dependientes y las hipótesis fueron las mismas del segundo experimento.

2) *Operación*: Todas las tareas experimentales descritas en la Tabla 3 fueron llevadas a cabo en este experimento.

3) *Análisis e Interpretación*: La hipótesis H1 fue evaluada comparando la productividad de los sujetos usando OOmFPWeb con datos publicados en la industria. Los resultados indicaron que la productividad media de los sujetos usando OOmFPWeb fue de 138,07 FP/hora, que es más de tres veces superior al indicado en la industria (37,5 FP) por lo que la hipótesis H1 fue confirmada. La hipótesis H2 también fue confirmada ya que las mediciones de tamaño realizadas por los estudiantes usando OOmFPWeb fue de 19% mientras que estudios similares indicaron una variación media del 30%. Finalmente, las hipótesis H3, H4 y H5 fueron confirmadas debido a que las respuestas del cuestionario para facilidad de uso percibida (media=3,73), utilidad percibida (media=3,59) e intención de uso (media=3,76) fueron superiores al ítem neutro (escala 3) del cuestionario. Estas

hipótesis fueron comprobadas con la técnica estadística *t*-student. Más información sobre los resultados del experimento puede ser obtenida en [2].

4) *Discusión*: Desde el punto de vista del investigador el experimento ha sido muy útil para confirmar los resultados del segundo experimento. Todas las hipótesis planteadas en el experimento fueron nuevamente confirmadas. Como en el segundo experimento, la tarea de retroalimentación a los alumnos ha contribuido a la mejora docente ya que los estudiantes han podido expresar sus inquietudes y aclarar las dudas sobre el ejercicio realizado. Finalmente, los resultados de la encuesta de satisfacción han mostrado que un 86% de los estudiantes percibieron que las actividades realizadas en clase fueron de utilidad para su formación.

IV. LECCIONES APRENDIDAS

El objetivo de esta sección es discutir las ventajas y desventajas de la experimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A continuación, enumeramos las principales ventajas que encontramos en la aplicación de técnicas de experimentación en el ámbito docente.

Según Carver *et al.* [9] las personas involucradas en un experimento pueden jugar los siguientes roles: investigador, instructor, estudiante e industria. Debido al contexto docente de este trabajo nos centraremos en los roles del investigador, instructor (o profesor) y de los estudiantes. Para que un experimento sea válido los objetivos de estos roles no pueden entrar en conflicto. Por ejemplo, el objetivo del investigador es obtener los datos que sean válidos para su estudio y el del profesor es que los alumnos aprendan durante el proceso de experimentación.

En el caso de que el investigador y el profesor sean la misma persona creemos que es una ventaja ya que se deben cumplir ambos objetivos. Por otro lado, la experimentación actúa favorablemente en el proceso de aprendizaje ya que el profesor se va a esforzar más para que los alumnos aprendan al máximo la materia ya que de esto depende la calidad de los datos que va a obtener.

Para que la experimentación sea válida los intereses del investigador con respecto al docente es necesario *balancear los objetivos del investigador y del docente*. El diseño del primer experimento ha favorecido más al investigador que al docente. Con las mejoras introducidas en el segundo y tercero experimento hemos observado un balance de estos objetivos.

Estas mejoras han tenido en cuenta el *control de los tiempos de aprendizaje, entrenamiento y realización del experimento*. Para que el profesor pueda controlar de manera efectiva estos tiempos es recomendable que el experimento sea realizado en línea, es decir, durante las sesiones de clase.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es la *retroalimentación a los alumnos*. Creemos que uno de los inconvenientes para los alumnos que participan en un experimento es no conocer su rendimiento. Por lo tanto, no pueden evaluar si la actividad ha sido o no válida para su

aprendizaje, como ha ocurrido en el primer experimento.

Con el objetivo de evitar este problema, hemos realizado una sesión adicional de retroalimentación con los alumnos en el segundo y tercer experimento para comentar los resultados obtenidos.

De manera general, los docentes han evaluado positivamente la realización de los experimentos. Los profesores destacaron el grado de implicación de los alumnos en clase y su eficiencia y efectividad en la realización de las distintas tareas propuestas. Además, los experimentos no han supuesto un cambio en la organización del curso y han contribuido para la preparación y validación sistemática de los materiales usados en clase.

Por último, para que el experimento contribuya a la mejora docente es imprescindible la *evaluación de las actividades realizadas en clase* por parte de los alumnos. Al final de las sesiones experimentales del segundo y tercer experimento hemos pasado una encuesta a los alumnos para que evalúen la utilidad de las actividades realizadas en clase. Los resultados demostraron que un 82% (segundo experimento) y 86% (tercer experimento) de los alumnos creen que las actividades realizadas fueron de utilidad para su formación.

V. CONCLUSIONES

La experimentación puede ser considerada un instrumento apropiado en la enseñanza de métodos o técnicas de Ingeniería del Software. Normalmente es una oportunidad para que el profesor simule una actividad próxima a lo que sería un entorno de trabajo profesional.

En este artículo, hemos presentado los resultados de tres experimentos llevados a cabo con estudiantes en una asignatura de desarrollo de software. Aunque inicialmente el experimento fue diseñado desde el punto de vista del investigador, nos hemos dado cuenta de su impacto en el proceso enseñanza-aprendizaje y en los beneficios existentes tanto para el docente como para los estudiantes. De esta forma, los experimentos siguientes incorporaron tareas específicas para tratar no sólo los objetivos del investigador sino también los objetivos del docente.

En general, la experimentación es un instrumento muy útil para el investigador de forma a validar empíricamente sus teorías y métodos. Para el docente permite la definición sistemática de contenidos, evaluación y la mejora continua del material docente, y para los estudiantes la posibilidad de aprender un tema en un entorno controlado, con material y entrenamiento específico y con la posibilidad de retroalimentación. De esta manera, un experimento llevado a cabo en un entorno académico debe ser diseñado teniendo en cuenta no solamente la obtención de datos válidos para el investigador y sino también el aprendizaje de los alumnos.

Como trabajo futuro planeamos la realización de nuevos experimentos en asignaturas del programa de Máster de Ingeniería del Software, Métodos Formales y Sistemas de Información de nuestro departamento así como replicar estos experimentos con profesionales de la industria.

REFERENCIAS

- [1] S. Abrahão, G. Poels. Experimental Evaluation of an Object-Oriented Function Point Measurement Procedure Information and Software Technology (IST) 49(4): 366-380, 2007, Elsevier.
- [2] S. Abrahão, On the Functional Size Measurement of Object-Oriented Conceptual Schemas: Design and Evaluation Issues, Tesis Doctoral, Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, Octubre 2004, 410 p.
- [3] S. Abrahão, G. Poels, O. Pastor. Assessing the Reproducibility and Accuracy of Functional Size Measurement Methods through Experimentation, 3rd ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE 2004), Redondo Beach-CA, USA, August 2004.
- [4] S. Abrahão, G. Poels, O. Pastor. Evaluating a Functional Size Measurement Method for Web Applications: An Empirical Analysis, 10th IEEE International Software Metrics Symposium (METRICS 2004), Chicago, Illinois, USA, September 2004, pp. 358-369.
- [5] A. J. Albrecht. Measuring application development productivity, IBM Application Development Symposium, 1979.
- [6] D. Baldwin, A. G. Johannes, M. Koomen. Using Scientific Experiments in Early Computer Science Laboratories, 23rd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, pp. 102-106, 1992.
- [7] V. R. Basili, R. W. Selby, D. H. Hutchens. Experimentation in Software Engineering, IEEE Transactions on Software Engineering, V. SE-12, N. 7, pages 733--743, July 1986.
- [8] V. R. Basili. The Role of Experimentation: Past, Present, Future, Proceedings of the International Conference on Software Engineering, IEEE CS Press, Los Alamitos, CA, 1996.
- [9] J. Carver, L. Jaccheri, S. Morasca y F. Shull. Issues in Using Students in Empirical Studies in Software Engineering Education. Proceedings of the 9th International Software Metrics Symposium (METRICS 2003), pp. 239-251, 2003.
- [10] F. García, M. Serrano, J. A. Cruz-Lemus, M. Genero, C. Calero, M. Piattini. La Experimentación en la docencia de Ingeniería del Software, X Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2004), Alicante, 2004, pp. 237-245.
- [11] N. Juristo, A. M. Moreno. Basics of Software Engineering Experimentation. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [12] B. Kitchenham, S. Pfleeger, L. Pickard, P. Jones, D. Hoaglin, K. El Emam, J. Rosenberg. Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering, IEEE Transactions on Software Engineering, 28(8) 721-734, 2002.
- [13] D. L. Moody. Dealing with Complexity: A Practical Method for Representing Large Entity Relationship Models, PhD Thesis, Department of Information Systems, University of Melbourne, Australia, 2001.
- [14] M. M. Müller, W. F. Tichy. Case Study: Extreme Programming in a University Environment. Proceedings of the 23rd Conference on Software Engineering (ICSE 2001), 2001, pp. 537- 544.
- [15] D. Port, D. Klappholz. Performing Empirical Software Engineering Research in the Classroom, Proceedings of the 17th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET'04), pp. 172-173.
- [16] P. Runeson. Using Students as Experiment Subjects – An Analysis on Graduate and Freshmen Student Data, Proc. of 7th International Conference on Empirical Assessment & Evaluation in Software Engineering (EASE'03), April 8-10, 2003.
- [17] J. Singer, N. G. Vinson. Ethical Issues in Empirical Studies of Software Engineering, IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 28, pp. 1171-1180, 2002.
- [18] F. Shull, V. Basilli, J. Carver, J. C. Maldonado, G. H. Travassos, M. Mendonça, S. Fabbri. Replicating Software Engineering Experiments: Addressing the Tacit Knowledge Problem, Proceedings of the First International Symposium on Empirical Software Engineering, 2002, pp. 7-16.
- [19] W. F. Tichy. Should Computer Scientists Experiment More?, Computer, IEEE CS Press, May 1998.
- [20] W. F. Tichy, P. Lukowicz, L. Prechelt, E. A. Heinz. Experimental Evaluation in Computer Science: A Quantitative Study. Journal of Systems and Software, vol. 28, No. 1, 9-18, 1995.
- [21] A. Tucker. (ed.) Computing Curricula '91: Report of the ACM/IEEE Joint Curriculum Task Force, ACM Press, 1991.
- [22] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, A. Wesslén. Experimentation in Software Engineering: An Introduction, Kluwer Academic Publishers, 2000..
- [23] M. V. Zelkowitz, D. R. Wallace. Experimental Models for Validating Technology, Computer, IEEE CS Press, May 1998, pp. 23-31.



Silvia Abrahão es Doctora en Informática por la Universidad Politécnica de Valencia. Master en Análisis de Sistemas por la Universidad de Lins e IBM-Brasil. Ha desarrollado actividades de docencia e investigación en la Universidad Federal de São Carlos en Brasil de 1996 a 1999. Desde 2000 desarrolla sus actividades docentes e investigadoras en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Actualmente es profesora Contratada Doctor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la UPV y miembro

del grupo de investigación Ingeniería de Software y Sistemas de Información (ISSI). Sus áreas de interés incluyen calidad del software, ingeniería del software empírica, integración de usabilidad en procesos de desarrollo dirigido por modelos e ingeniería web. Es miembro del comité de gestión de la acción COST 294 "Towards the Maturity of IT Usability Evaluation" y co-chair del Web Usability and Accessibility network mantenida por la International Society for Web Engineering (ISWE). Ha participado en varios proyectos de investigación subvencionados en convocatorias públicas y dirigido varios convenios con empresas. Es miembro del comité editorial del Journal of Software Measurement, del International Journal of Software Engineering and Its Application, de la revista Procesos y Métricas y autora de numerosos artículos en revistas y conferencias nacionales e internacionales.



Emilio Insfran. Profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y miembro del grupo de investigación Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) del DSIC.

Obtuvo su título de Máster en Ciencias de la Computación en la Universidad de Cantabria (Santander, España) en 1994 y de Doctor Ingeniero en Informática en la Universidad Politécnica de Valencia en 2003. Ha realizado estancias de investigación en la Universidad de Twente (Holanda), en la Brigham Young University (EEUU) y en la Universidad de Porto Alegre (Brasil) y sus áreas de interés son: ingeniería de requisitos, desarrollo de software dirigido por modelos, calidad del software y entornos de desarrollo de software. Ha sido investigador principal en diversos convenios con empresas locales y ha participado en numerosos proyectos de investigación nacionales e internacionales. Ha realizado más de 40 publicaciones de investigación en revistas y congresos nacionales e internacionales de reconocido prestigio.

Capítulo 9

Scalev: Herramienta Software para la Evaluación de Algoritmos de Scheduling

Luis de la Cruz, *Member, IEEE* y Emilio Sanvicente

Title—Scalev: A Software Tool for the Evaluation of Scheduling Algorithms.

Abstract— Network simulation tools have become indispensable in order to plan, learn or do research on communication networks. Most of them are focused on network, transport or service level simulations. In this article a new tool, which is intended for carrying out simulations at device level, is presented. Its main purpose is the evaluation of scheduling algorithms under different load conditions, queues sizes, number and capacity of servers, etc. Scalev is a free tool, very easy to use, with a simple and friendly graphic user interface, which allows students and researchers alike to profit from it very quickly.

Keywords—Scheduling algorithms, queuing theory, simulation.

Resumen—Las herramientas de simulación de redes son indispensables a la hora de planificar, investigar o aprender sobre redes de comunicaciones. La mayoría de ellas están enfocadas a los niveles de red, transporte o servicio. En este capítulo se presenta una nueva herramienta orientada a la realización de simulaciones a nivel de dispositivo. Su principal objetivo es la evaluación de distintos algoritmos de scheduling bajo diferentes condiciones de carga, tamaño de colas, número de servidores y su capacidad, etc. Scalev es una herramienta libre, muy sencilla de utilizar, con un interfaz gráfico de usuario fácil de comprender, que permite a estudiantes e investigadores comenzar a obtener resultados rápidamente.

Palabras clave— Algoritmos de scheduling, teoría de colas, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

Las herramientas de simulación de redes constituyen una ayuda fundamental en el ámbito de la Ingeniería Telemática. Su utilidad es manifiesta durante la planificación

y puesta en marcha de redes de comunicaciones, en centros de investigación y desarrollo y en entornos educativos. En todos estos ambientes, los trabajos de simulación realizados pueden clasificarse en primera instancia y de forma muy resumida en tres grupos o niveles:

--Nivel de dispositivo: Se buscan resultados sobre sistemas de transmisión o conmutación, con objeto de dimensionar capacidades de transmisión o tamaños de buffers.

--Nivel de red/transporte: Enfocado en problemas como el encaminamiento o el control de congestión.

--Nivel de servicio: Centrado en el estudio de la calidad de servicio final (extremo a extremo) que obtienen los usuarios (personas o máquinas) de la red de comunicaciones.

En la actualidad hay disponibles en el mercado gran número de herramientas de simulación, tanto de pago como gratuitas, que permiten trabajar sobre uno o varios de los niveles comentados [1,2,3]. Sin embargo, la mayoría de ellas tienden a centrarse en los niveles de red y servicio, haciendo difícil el acceso a resultados detallados sobre el comportamiento de los dispositivos en concreto. La herramienta presentada en este trabajo no pretende sustituir a las comentadas, ni abarcar objetivos tan amplios como la planificación completa de una red de comunicaciones, sino permitir un estudio y un conocimiento profundo de lo que ocurre en un sistema de transmisión individual. Está orientada principalmente al entorno educativo, permitiendo a los estudiantes obtener, de una forma sencilla y mediante un interfaz gráfico de usuario "amigable", conocimientos profundos sobre lo que ocurre al tráfico telemático y a los sistemas de transmisión por los que pasa. Posteriormente, y sobre unas bases sólidas, el estudiante podrá afrontar otros problemas más globales (encaminamiento, control de congestión, calidad de servicio extremo a extremo...) con otras herramientas diseñadas específicamente para ello.

Por otra parte, la flexibilidad y facilidad a la hora de agregar tráficos, diferenciar el servicio ofrecido a cada uno de ellos, modificar el sistema añadiendo o quitando servidores, aumentando o disminuyendo el tamaño de las colas, etc., hacen que el simulador presentado sea útil también en entornos de investigación. Además, su diseño basado en objetos, hace muy simple la tarea de añadir nuevos módulos,

Este trabajo fue presentado originalmente en JITEL 2007.

L. de la Cruz es miembro del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España (tlf: +34 934016014; fax: +34 934011058; e-mail: luis.delacruz@entel.upc.es).

E. Sanvicente es miembro del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España (e-mail: e.sanvicente@entel.upc.es).

como por ejemplo un nuevo algoritmo de scheduling cuyas prestaciones se deseen comparar con otros algoritmos existentes.

La idea principal de este artículo es la de presentar algunas de las posibilidades ofrecidas por la herramienta de simulación a sus posibles usuarios, entre los que se encuentran en primer lugar los centros con docencia en Ingeniería Telemática. Por tanto, no se incluyen desarrollos teóricos ni resultados sobre teoría de colas que se suponen conocidos o que pueden consultarse aparte [4,5]. De este modo, el resto del artículo está estructurado como sigue. En el siguiente apartado se presenta la funcionalidad ofrecida por el simulador. Como se verá, permite la realización de dos tipos principales de simulaciones: simples y con barrido de algún parámetro de entrada. En el tercer apartado se muestran ejemplos del primer tipo, algunas de ellas con resultados analíticos conocidos, lo que permite por una parte la validación del simulador y por otra la presentación de los resultados que pueden obtenerse. El apartado 4 se centra en las simulaciones con barrido, mostrando como puede estudiarse un mismo sistema variando uno de sus parámetros de entrada. Para finalizar, en el último apartado del artículo se presentan las conclusiones que del mismo se derivan.

II. EL SIMULADOR SCALEV

A. Presentación y funcionalidad

Scalev (SCheduling ALgorithm EValuation) [6] es una herramienta diseñada originalmente para la evaluación de algoritmos de scheduling que ha derivado en un simulador genérico de sistemas de transmisión. Sus simulaciones se engloban dentro de lo que anteriormente hemos llamado simulaciones a nivel de dispositivo.

El modelo de simulación se muestra en la Fig. 1. Se permiten hasta cuatro fuentes de tráfico, que pueden clasificarse en hasta cuatro categorías distintas. Por su parte, un scheduler determinado se encarga de decidir qué categoría hay que servir en cada momento.

Se trata de una herramienta muy sencilla de aprender a utilizar, con un interfaz gráfico de usuario amigable que puede observarse en la Fig. 2, en el que una única ventana concentra todos los parámetros de la simulación. Las posibilidades ofrecidas se resumen a continuación:

- Definición de diversos tráficos de entrada, con distribuciones estadísticas seleccionables para el tiempo entre llegadas y la longitud de los paquetes (exponencial, determinista, erlang, tomar un fichero como entrada,...).

- Posibilidad de asignación de los tráficos de entrada a diferentes categorías, permitiéndose la diferenciación de servicios.

- Selección del máximo número de paquetes acumulables de cada categoría (tamaño de las colas) por separado.

- Diferentes tipos de schedulers (FCFS, Class Priority, WRR, DRR, ...).

- Diferentes tipos tomas de estadísticas.

- Simulaciones simples y simulaciones con barrido de valores en un parámetro seleccionable.

- Uno o múltiples servidores.

- Resultados ofrecidos en ficheros de texto fácilmente analizables y representables con aplicaciones matemáticas u hojas de cálculo (MATLAB, EXCEL, ...).

- Multiplataforma (Programado en Java).

Aunque en primera instancia este lenguaje puede parecer que no es el más apropiado para un simulador, debido a su menor rapidez de ejecución, en realidad el tipo de simulaciones a que está dirigido se llevan a cabo de manera satisfactoriamente rápida. Sirva como ejemplo que ninguna de las simulaciones llevadas a cabo para este trabajo ha necesitado más de 1 minuto, y el volumen de tráfico simulado ha llegado a órdenes de millones de paquetes en algunas de ellas. Por otra parte, presenta grandes ventajas, principalmente la posibilidad de ejecución sobre distintas plataformas, lo cual amplía el rango de usuarios sin necesidad de mantener distintas versiones o de obligar a los usuarios a compilar el simulador sobre sus plataformas. De esta manera se ofrece una ventaja clara principalmente a los estudiantes, los cuales no han de pasar tiempo instalando ni aprendiendo a trabajar sobre un entorno complicado. Así, en un intervalo de tiempo considerablemente reducido, pueden estar haciendo simulaciones y aprendiendo sobre diversos aspectos del comportamiento del teletráfico y de los sistemas de transmisión, lo cual es el objetivo principal de esta herramienta.

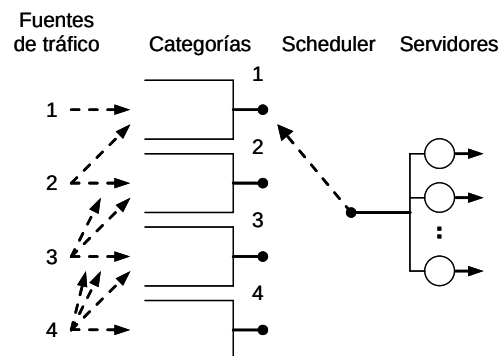


Fig. 1. Modelo de simulación.

B. Toma de estadísticas y ficheros de resultados

Scalev lleva a cabo la toma de estadísticas de diferentes modos. Es necesario distinguir entre las medidas tomadas para los tiempos de espera, transmisión y transferencia (espera más transmisión), cuyos valores se capturan para todos los paquetes transmitidos, y las medidas referentes a la ocupación de los diversos elementos (colas y servidores), las cuales se toman en determinados instantes de interés, a petición del usuario:

- Tras cada evento de llegada o salida de un paquete: Permite calcular resultados globales (valores medios, probabilidades de ocupación, percentiles, ...).

- En los instantes de llegada: Permite obtener resultados

sobre el estado en que los paquetes encuentran el sistema a su llegada. Aparte de la ocupación de los distintos elementos, se toma también el tiempo residual de servicio del paquete que está siendo transmitido.

--En los instantes marcados por un generador independiente de instantes de muestreo: permite estudiar el sistema de cálculo de resultados mediante muestreo.

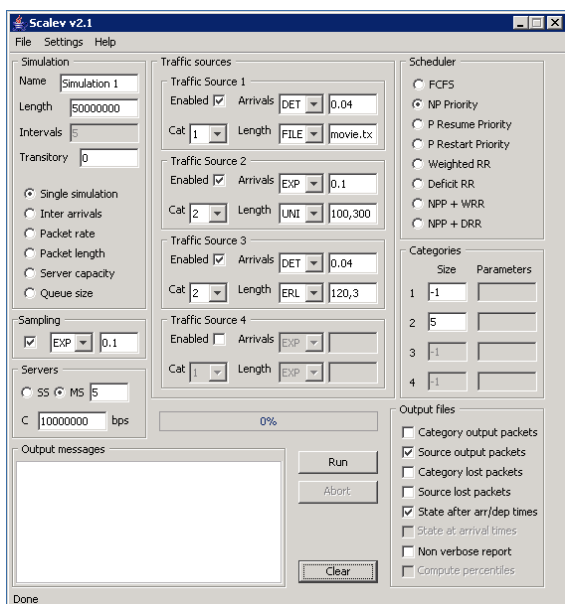


Figura 2: Ventana principal de Scalev.

Como se ha comentado, los resultados son ofrecidos a petición del usuario en diversos ficheros. Las posibilidades son distintas si se trata de simulaciones simples o de simulaciones con barrido. En las primeras, los ficheros de resultados son mucho más exhaustivos. Aparte del informe (report) general, en el que se resumen los valores medios de las variables estudiadas, el usuario puede solicitar ficheros separados por tráficos y/o categorías con:

--Todos los tiempos de transmisión, espera, etc., de los paquetes, junto con sus longitudes e instantes de llegada y salida, lo cual permite obtener cualquier momento, funciones de distribución, percentiles, etc. Además, los instantes de salida pueden utilizarse como fichero de entrada para una nueva simulación, permitiéndose de este modo la simulación de diversos sistemas de transmisión en cascada.

--Instantes de llegada y longitud de los paquetes perdidos, los cuales pueden utilizarse, por ejemplo, para simular desbordamiento a otro sistema de transmisión.

--Ocupación de los distintos elementos del sistema (colas y servidores) en cada uno de los tres grupos de instantes de interés comentados anteriormente. De este modo pueden obtenerse probabilidades de los estados de ocupación en cualquier instante, en los instantes de llegada o en instantes generados independientemente.

Por otra parte, en las simulaciones con barrido se ofrece un informe general, en el cual se incluyen los valores medios de todas las variables medidas para cada uno de los valores del

parámetro de entrada barrido. Para algunas de las variables se añaden intervalos de confianza. Además, se ofrece la posibilidad del cálculo de percentiles para el tiempo de transferencia.

III. SIMULACIONES SIMPLES

A continuación se incluyen varios ejemplos de simulaciones realizadas. Algunas de estas simulaciones se refieren a sistemas sencillos de los cuales se conocen sus expresiones analíticas. De este modo, a parte de presentar los tipos de resultados que pueden obtenerse, se valida el funcionamiento del simulador comparando los valores obtenidos con los teóricos. Otras simulaciones se centrarán en sistemas más complejos, mostrando distintas capacidades y funcionalidades de la herramienta presentada. Por evidentes cuestiones de espacio, no se presentarán todos los resultados que se pueden obtener, escogiéndose sólo una parte de ellos para cada ejemplo.

A. M/M/1

En este primer ejemplo se presentan los resultados obtenidos para una simulación simple de un sistema M/M/1. Este sistema es ampliamente conocido, disponiéndose de expresiones analíticas para su resolución [4]. Los parámetros de la simulación bajo estudio se resumen en la Tabla I.

TABLA I.
PARÁMETROS SIMULACIÓN M/M/1

Número de tráficos	1
Categorías	1
Régimen de llegadas	Exponencial, 0.2 s.
Distr. longitud paquetes	Exponencial, 120 bits
Núm. servidores y capacidad	1, 1200 bps.
Capacidad cola	Infinita
Paquetes transmitidos	41684
Duración de la simulación	8 s. (Pentium 4 3 Ghz.)

Como ya se ha comentado, el report principal de la simulación ofrece los valores medios de los resultados. Estos resultados se comparan con los valores teóricos esperados en la Tabla II. Como puede observarse, el ajuste es muy elevado para todos ellos con lo que los errores relativos son muy bajos.

TABLA II.
RESULTADOS SIMULACIÓN M/M/1 (VALORES MEDIOS)

Parámetro	Simulado	Teórico	Err. relativo
Utilización	0.5002	0.5	4E-04
T. Espera	0.0998	0.1	2E-03
T. Transmisión	0.0999	0.1	1E-03
T. Transferencia	0.1997	0.2	1.5E-03
T. Res. servicio	0.1005	0.1	5E-03
Paq. en espera	0.4995	0.5	1E-03
Paq. en servidor	0.5003	0.5	6E-040
Paq. en sistema	0.9998	1	2E-04

Al margen de los valores medios, al disponerse de ficheros con todos los valores obtenidos durante la simulación, pueden obtenerse las funciones de densidad de probabilidad de las variables que se deseen, así como las probabilidades de los estados (ocupación) del sistema. Para un sistema M/M/1, tanto el tiempo entre llegadas, como los tiempos de transmisión, transferencia (espera más transmisión) y residual de servicio, están distribuidos exponencialmente. El tiempo de transferencia se muestra en la Fig. 3, comparando la función obtenida por el simulador con la teórica. Como puede observarse, el ajuste es muy elevado. Por su parte, las Figs. 4 y 5 presentan la misma comparación para las distribuciones del tiempo de espera y del tiempo residual de servicio respectivamente.

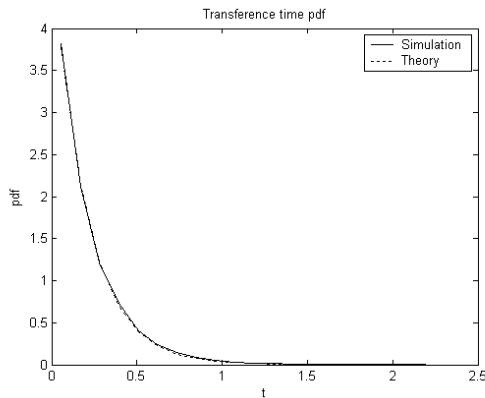


Figura 3: Distribución del tiempo de transferencia M/M/1.

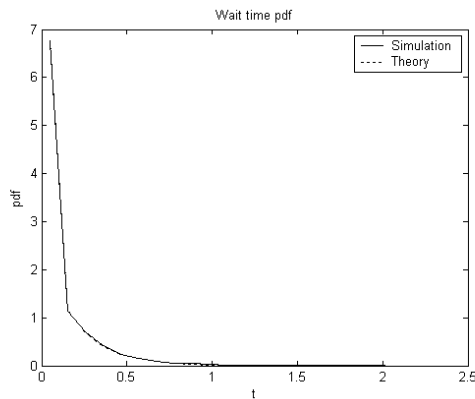


Figura 4: Distribución del tiempo de espera M/M/1.

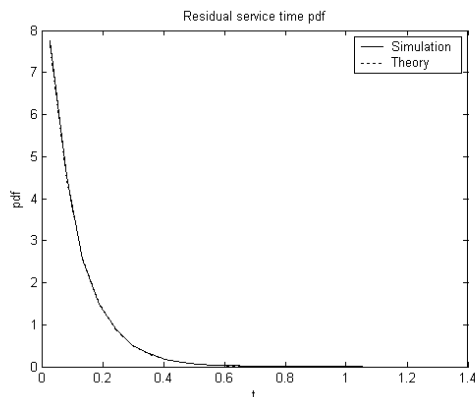


Figura 5: Distribución del tiempo residual M/M/1.

Respecto a la ocupación del sistema, como ya se ha comentado el simulador ofrece los valores tomados de tres formas distintas: tras cada evento, antes de las llegadas y con un generador independiente de instantes de muestreo. Para un sistema M/M/1 como el que nos ocupa, es bien conocido que la ocupación del sistema en los instantes de llegada de paquetes es igual a la ocupación medida durante todo el tiempo (Poisson Arrivals See Time Averages, PASTA [4]). La Fig. 6 muestra la bondad de los resultados que se obtienen en los dos casos comparándolos con los teóricos. Además, se incluyen los valores obtenidos por un generador de instantes de muestreo independientes ("Samples" en la figura) con distribución exponencial y media 0.1 s.

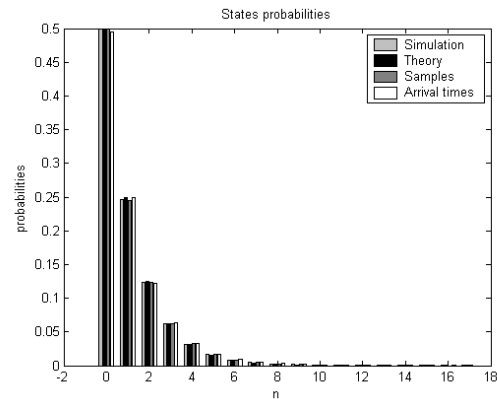


Figura 6: Probabilidad de ocupación del sistema M/M/1.

B. Sistemas exponenciales multiservidor

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para los sistemas exponenciales multiservidor más conocidos. Dado que para estos sistemas también se conocen sus expresiones analíticas, los resultados de la simulación se muestran junto con los resultados esperados. Para los tres ejemplos presentados, el valor medio del tiempo entre llegadas es 0.1 s, la longitud media de los paquetes 900 bits y la capacidad de los canales 1200 bps.

En primer lugar, la Fig. 7 muestra las probabilidades de ocupación obtenidas para un sistema M/M/m, con $m=10$ canales. A continuación, en la Fig. 8 aparece el resultado obtenido para un sistema M/M/m/m, con $m=10$ canales. Por último, se presentan los resultados (Fig. 9) para un sistema con un número finito de servidores y una capacidad de la cola de espera finita y mayor que cero (M/M/m/N). En concreto, los valores escogidos son $m=4$ y $N=9$ (capacidad de la cola igual a 5 paquetes). Como puede observarse en las tres figuras, los valores obtenidos se ajustan de forma muy precisa a los valores teóricos.

C. Múltiples fuentes de tráfico

En este ejemplo se tomarán 4 tráficos de entrada, agrupados en dos categorías y transmitidos por un conjunto de 6 canales. Las estadísticas de los tráficos, y las categorías a las que son asignados junto con su capacidad (en paquetes), se resumen en la Tabla III. El objetivo es mostrar la obtención por separado de resultados para tráficos, categorías, colas y servidores. Así, en la Fig. 10 se muestra la distribución del

tiempo de transferencia para cada uno de los tráficos por separado, mientras que en la Fig. 11 se presenta dicho tiempo para cada una de las categorías y para el conjunto completo de tráficos.

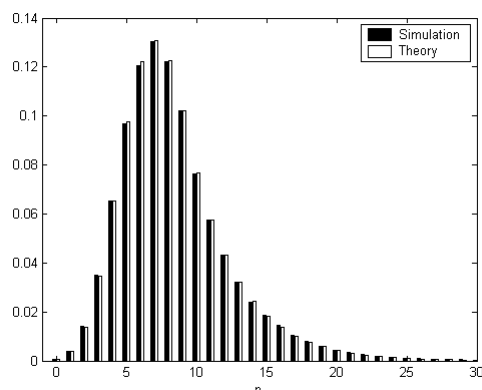


Figura 7: Probabilidades de ocupación sistema M/M/10.

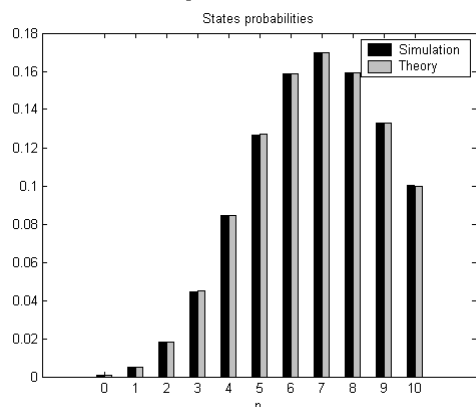


Figura 8: Probabilidades de ocupación sistema M/M/10/10.

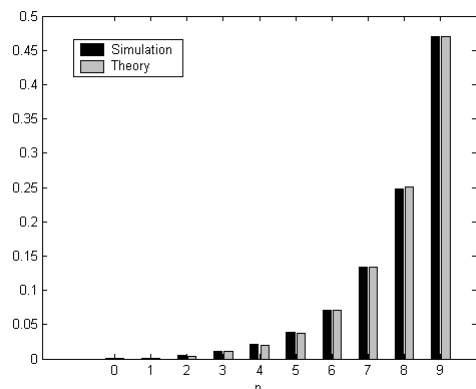


Figura 9: Probabilidades de ocupación sistema M/M/4/9.

En cuanto a la ocupación de las distintas partes del sistema, en la Fig. 12 se muestran las probabilidades de ocupación de cada una de las colas por separado. Recuerdese que la capacidad de la cola asociada a la categoría 1 es de 10 paquetes y la de la asociada a la categoría 2 es de 5 paquetes. Por otra parte, la Fig. 13 muestra la probabilidad de ocupación del conjunto de servidores por paquetes de cada una de las categorías.

TABLA III.
PARÁMETROS DE LOS TRÁFICOS DE ENTRADA

Tráfico	Llegadas (s)	Longitud (bits)	Cat – Capacidad cola (paquetes)
1	Det(0.004)	Erl(900,3)	1 - 10
2	Exp(0.003)	Uni(200,600)	1 - 10
3	Erl(0.002,3)	Exp(600)	2 - 5
4	Exp(0.001)	Uni(100,300)	2 - 5

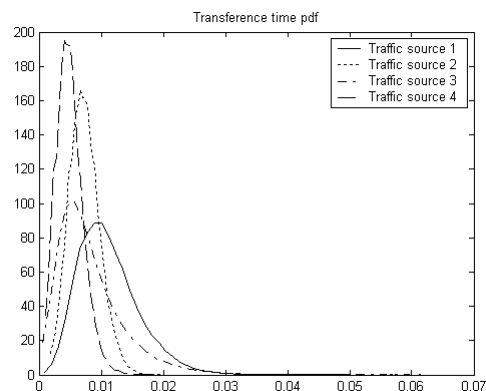


Figura 10: Distribución del tiempo de espera por fuentes de tráfico.

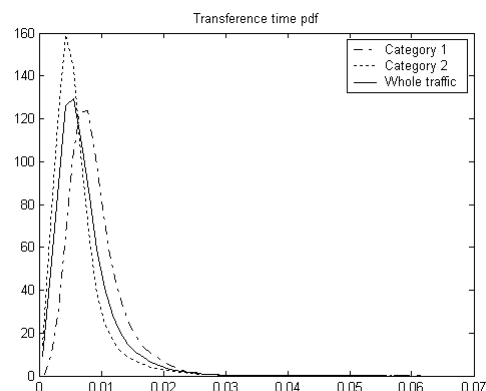


Figura 11: Distribución del tiempo de espera por categorías y global.

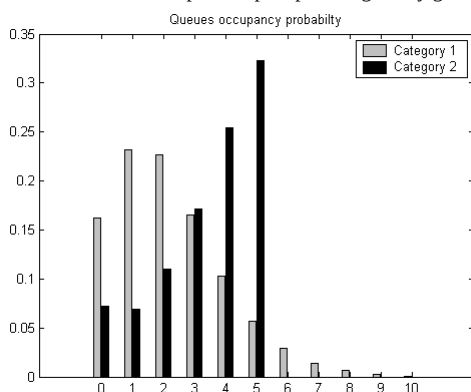


Figura 12: Probabilidad de ocupación de las colas.

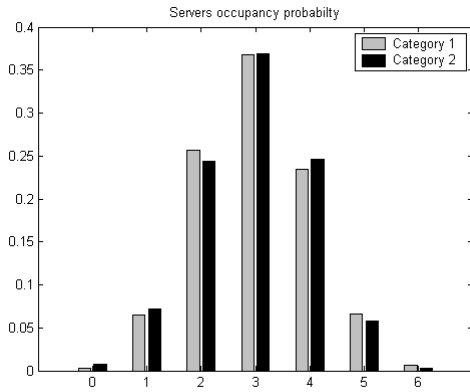


Figura 13: Probabilidad de ocupación de los canales.

D. Diferenciación de servicios

Para finalizar con la sección de simulaciones simples, a continuación se propone un ejemplo de trato diferenciado a los paquetes según pertenezcan a una categoría u otra. En concreto, el scheduler elegido será el de prioridad sin expulsión (Non Preemption Priority, NPP), aplicado sobre cuatro tráficos idénticos (máxima prioridad el tráfico 1) pero asignados cada uno de ellos a una categoría diferente. El tiempo entre llegadas de cada tráfico es $\text{Exp}(0.005)$ y la longitud $\text{Exp}(12000)$. La capacidad del único servidor es de 10 Mbps y la longitud de las cuatro colas es de 5 paquetes.

En primer lugar, se presentan los resultados para la distribución del tiempo de transferencia por categoría en la Fig. 14. Como era de esperar, los paquetes pertenecientes a la primera categoría son los mejor tratados por el scheduler, con lo que su tiempo de transferencia es el mejor de todos (su probabilidad se acumula en valores más próximos al cero). En el otro extremo, los paquetes pertenecientes a la categoría 4 son los que obtienen peor trato. Esta diferencia en el trato puede observarse también en la ocupación de las colas. La Fig. 15 muestra las probabilidades de ocupación de cada una de ellas, pudiendo constatarse la menor ocupación de la cola 1 y la mayor ocupación de la cola 4.

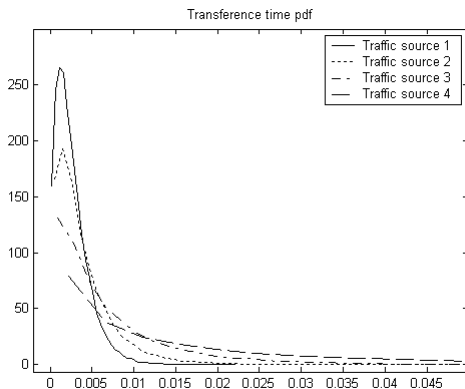


Figura 14: Distribución del tiempo de transferencia (NPP).

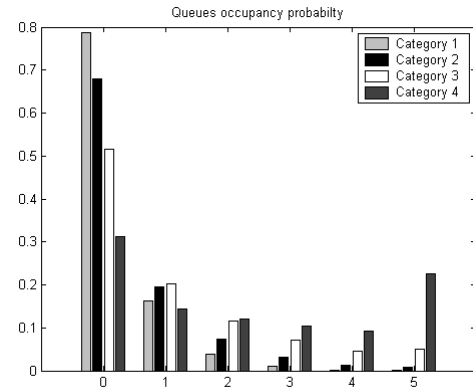


Figura 15: Probabilidad de ocupación de las colas (NPP).

IV. TANDAS DE SIMULACIONES

Las tandas de simulaciones son útiles para estudiar el comportamiento del sistema con la variación de uno de sus parámetros de entrada. A continuación se presentan diversos ejemplos.

A. Prioridad sin expulsión con variación de la tasa de entrada

En este ejemplo se estudia un sistema con dos tráficos de entrada (llegadas exponenciales y longitudes deterministas para ambos), dotando de prioridad sin expulsión al tráfico 1. La tasa de llegadas de este tráfico se varía desde 10 hasta 50 paq/seg, mientras que el tiempo entre llegadas del tráfico 2 es de 0.005 s. Las longitudes de los paquetes son de 12000 y 24000 bits respectivamente. La capacidad del canal es de 1.2 Mbps.

Con el barrido realizado sobre la tasa de entrada se obtiene una utilización total del canal (por los dos tráficos) que varía entre 0.5 y 0.9. Se presentan los resultados obtenidos para el tiempo de transferencia (Fig. 16) y para la ocupación de las colas (Fig. 17), comparados con los correspondientes valores teóricos.

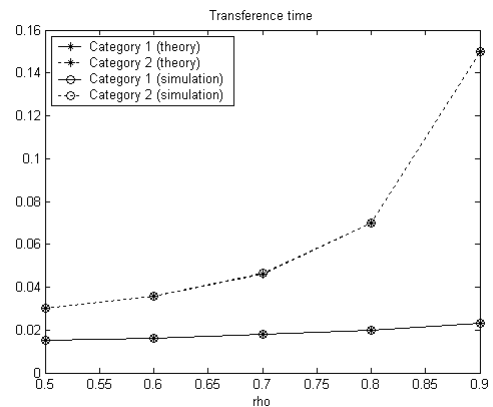


Figura 16: Tiempo de transferencia (NPP).

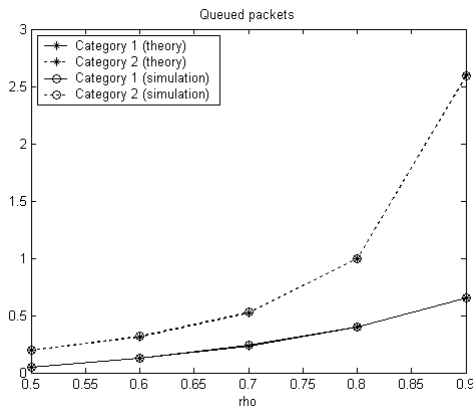


Figura 17: Ocupación de las colas de espera (NPP).

B. Variación de la capacidad de almacenamiento

En este apartado se muestra un ejemplo de simulación en el que se ha tomado como parámetro variable la capacidad de la cola asociada a la categoría 1 (de 0 a 7 paquetes), mientras que la asociada a la categoría 2 permanece constante (2 paquetes). Como tráficos de entrada se han tomado dos tráficos con idéntica distribución (tiempo entre llegadas $\text{Exp}(0.05)$ y longitud de paquetes $\text{Erl}(12000,5)$). La capacidad del canal es de 800 Kbps y el scheduler FCFS. La gráfica escogida para representar las prestaciones del sistema es la que muestra la probabilidad de pérdida en función de la capacidad de la cola de la categoría 1. Dicha probabilidad se muestra por separado para cada categoría y conjunta para ambas en la Fig. 18. Como puede observarse, aumentar el tamaño de dicha cola implica el descenso de la probabilidad de pérdida para su tráfico y el aumento de dicha probabilidad para el tráfico de categoría 2. Cuando el tamaño es igual a 2, ambas colas son iguales y el valor de la probabilidad de pérdida coincide.

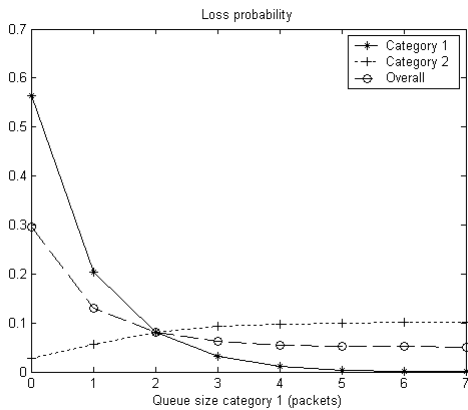


Figura 18: Probabilidad de pérdida.

C. Scheduler Deficit Round Robin con variación de la capacidad del canal

A continuación se incluye un ejemplo en el que se evalúa el comportamiento de un algoritmo de scheduling, concretamente el Deficit Round Robin (DRR), variando sus parámetros y la capacidad del canal. Para ello se han escogido tres tráficos de entrada idénticos, con distribución de tiempo

entre llegadas $\text{Exp}(0.05)$ y longitud de paquetes $\text{Exp}(12000)$. Estos tráficos se clasifican en tres categorías diferentes, con quantums 150, 200 y 250 bits respectivamente. La capacidad del canal variará entre 1 y 2 Mbps. Como gráfica representativa se ha tomado el tiempo de transferencia, el cual se muestra en la Fig. 19. Como puede observarse, dicho tiempo es menor para la categoría 3 y mayor para la categoría 1, como se desprende del valor de los quantums asignados. En el siguiente experimento, el valor de dichos quantums se modifica a 100, 200 y 400 bits respectivamente, con lo que las diferencias entre los distintos tráficos se incrementan, tal como puede observarse en la Fig. 20. Por último, se selecciona como scheduler la modalidad NPP+DRR, consistente en ofrecer prioridad sin expulsión al tráfico de categoría 1, y aplicar DRR (manteniendo los quantums del experimento anterior) a los otros dos tráficos. Como se muestra en la Fig. 21, el tiempo de transferencia de la categoría 1 se reduce considerablemente, mientras que el de las categorías 2 y 3 se ve incrementado. También es interesante observar en las tres figuras como, al aumentar la capacidad del canal, el tiempo de transferencia de las distintas categorías tiende a igualarse. Esto es debido a que al bajar el factor de utilización del canal con el aumento de la capacidad, la mayoría de los paquetes encuentran el sistema vacío a su llegada y son transmitidos, con lo que es indiferente el scheduler seleccionado.

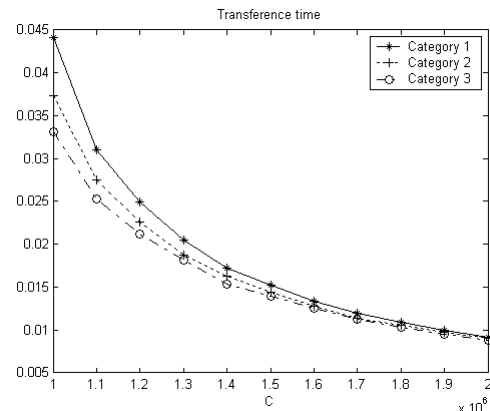


Figura 19: Tiempo de transferencia DRR (quantums 150,200,250).

D. Utilización de trazas de tráfico real como tráfico de entrada

En este último ejemplo se tomará como una de las fuentes de entrada las trazas obtenidas de la codificación MPEG4 VBR [7] de una serie de secuencias de vídeo. En la simulación, este tráfico, que es incrementado desde 1 hasta 20 secuencias, comparte canal con un tráfico de datos (llegadas $\text{Exp}(0.002)$ y longitud $\text{Exp}(12000)$). Se da prioridad sin expulsión al tráfico de vídeo sobre un canal de transmisión de 20 Mbps. La representación seleccionada en esta ocasión ha sido la del tiempo de espera en cola que, como puede observarse en la Fig. 22, crece mucho más rápidamente para el tráfico menos prioritario (datos) a medida que se incrementa la carga de secuencias de vídeo sobre el canal.

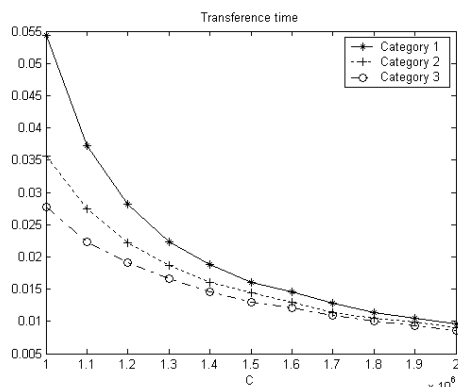


Figura 20: Tiempo de transferencia DRR (quantums 100,200,400).

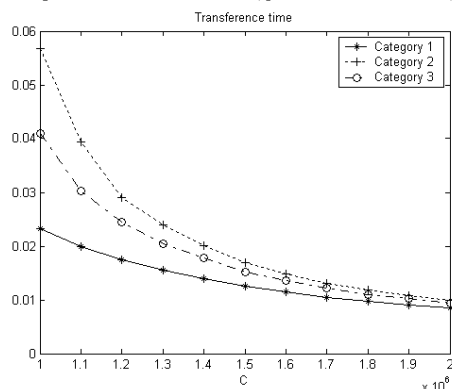


Figura 21: Tiempo de transferencia NPP+DRR.

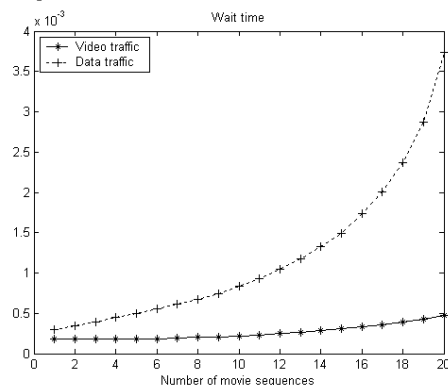


Figura 22: Tiempo de espera de los tráfico de vídeo y datos.

V. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha presentado un simulador de sistemas de transmisión útil para estudiantes y profesores en el área de Ingeniería Telemática. Se han presentado varias simulaciones realizadas con objeto de dar a conocer su funcionalidad y de validarlo mediante la comparación de sus resultados con los obtenidos analíticamente. Como se ha tratado de demostrar, la herramienta es de fácil e intuitiva utilización, permitiendo a sus usuarios comenzar a sacar partido de sus funcionalidades en un plazo de tiempo realmente reducido. Por otra parte, su codificación orientada a objeto permite la ampliación de su funcionalidad, añadiendo nuevos generadores de tráfico, schedulers, etc., de una forma bastante rápida y sencilla.

La herramienta presentada no puede ni pretende sustituir a otros simuladores de redes ampliamente conocidos (OPNET,

NS2,...) ya que no es adecuada para realizar simulaciones a nivel de red, transporte o servicio, que pretendan evaluar, por ejemplo, mecanismos de encaminamiento o de control de congestión. Sin embargo, si lo que se desea es evaluar a nivel de dispositivo sistemas formados por colas, scheduler y servidores, sus ventajas son aparentes: es más sencilla de instalar y utilizar, es muy flexible e intuitiva, y permite el acceso sencillo a multitud de resultados. También es utilizable cuando se desea estudiar el comportamiento de flujos de tráfico a través de redes completas, con caminos ya establecidos y protocolos no fiables.

Una versión reducida de Scalev (Scalev Lite) se ha utilizado ya durante varios cuatrimestres de manera satisfactoria en prácticas de laboratorio en la ETS de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Cataluña.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro de los proyectos CICYT SECONNET (TSI2005-07293-C02-01), y TSI2005-06413.

REFERENCIAS

- [1] OMNeT++ Comm. Site: <http://www.omnetpp.org>.
- [2] OPNET website: <http://www.opnet.com>.
- [3] ns-2 Network Simulator website: http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/User_Information.
- [4] L. Kleinrock, "Queueing Systems", (Vols I y II), John Wiley and Sons, 1976.
- [5] H. Akimaru, K. Kawashima, "Teletraffic: Theory and Applications", 2nd Edition, Springer, 1999.
- [6] Website proyecto SCALEV: <http://scalev.upc.es>.
- [7] Patrick Seeling, Martin Reisslein and Besan Kulapala, "Network Performance Evaluation Using Frame Size and Quality Traces of Single-Layer and Two-Layer Video: A Tutorial", IEEE Communication Surveys, Third Quarter 2004, vol. 6, no. 3. Trazas disponibles en <http://trace.eas.asu.edu>.



Luis de la Cruz (SM'94, M'04) nació en Granada, España, en octubre de 1967. Obtuvo el título de Ingeniero de Telecomunicación en 1994 y el de Doctor Ingeniero de Telecomunicación en 1999, ambos en la Universidad Politécnica de Cataluña.

Actualmente es profesor titular en el Departamento de Ingeniería Telemática de la UPC. Sus campos de interés incluyen la transmisión de servicios multimedia con calidad de servicio y la seguridad en redes de comunicaciones.



E. Sanvicente nació en Zaragoza, España, en Julio de 1941. Recibió el título de Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid en 1968, y los grados de M.Sc. y Ph.D. en 1971 y 1974 por las Universidades de New York y Brown, USA, respectivamente.

Desde 1974 ha desarrollado su labor en la Universidad Politécnica de Cataluña, donde actualmente es catedrático del Departamento de Ingeniería Telemática. Sus áreas de interés se centran

en la transmisión de datos, codificación, criptografía y redes de comunicaciones.

Capítulo 10

Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politécnica de Valencia

Susana Martínez Naharro, Pilar Bonet Espinosa, Pilar Cáceres González, Fernando Fargueta Cerdá, y Eloísa García Félix

Title—Learning objects as resources for teaching quality: object validation criteria at the Universidad Politécnica de Valencia.

Abstract—In recent years, there has been an increasing interest in integrating the Information & Communication Technologies and learning. In the field of higher education, numerous proposals and papers related to the use of the new technologies in education are constantly arising. This journal review presents, on the one hand, the ONLINE TEACHING PLAN, where the learning object repository is framed, and on the other, the aims, terms, features, and validation criteria from which the quality learning objects will be created in order for them to be available to teachers and professors at this university. The Universidad Politécnica de Valencia (UPV) firmly believes in the implementation of the new technologies in higher education. Therefore, in the present academic year several actions have been carried out, strengthened by the promotion of an extensive training program for teachers on these tools. One of the outcomes of these actions is the training line “Online Teaching Plan”, which aims at approaching teachers’ training in the field of the Information and Communication Technologies.

Keywords—learning objects, learning modules, digital repository, ICT, innovation, teaching staff, training.

Resumen—En los últimos años se ha producido un fuerte impulso hacia la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en la educación, y más concretamente en el ámbito de la educación superior, continuamente surgen propuestas y trabajos relacionados con el uso de las Nuevas Tecnologías como recurso para la docencia. El presente artículo muestra, por un lado el PLAN DE DOCENCIA EN RED donde se enmarca la creación del repositorio de objetos de aprendizaje y por otro lado los objetivos, términos, características y criterios de validación a partir de los cuales se crearán los objetos de aprendizaje de calidad susceptibles de ser compartidos por todos los docentes de esta universidad. Desde la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) se apuesta con decisión por esta implantación de las Tecnologías en el ámbito de la educación superior. Prueba de ello son las diversas acciones llevadas a cabo durante el presente curso académico, reforzadas con una extensa promoción y formación al profesorado en dichas herramientas. Fruto de ello es la línea formativa llamada “Plan de docencia en red” cuyo objetivo es abordar la formación del profesorado en materia de las TIC aplicadas a la docencia.

Palabras clave—objetos de aprendizaje, módulos de aprendizaje, repositorio digital, TIC, innovación, profesorado, formación.

Este trabajo fue presentado originalmente al IV SIMPOSIO PLURIDISCIPLINAR SOBRE DISEÑO, EVALUACIÓN Y DESARROLLO DE CONTENIDOS EDUCATIVOS REUTILIZABLES (SPDECE07), celebrado en Septiembre de 2007.

S. Martínez Naharro, desarrolla su actividad en el Área de sistemas de Información y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (teléfono: 96 387 70 07. Ext. 78404; fax 96 387 79 88; e-mail: smartinez@asic.upv.es).

P. Bonet Espinosa, P. Cáceres González, F. Fargueta Cerdá, y E. García Félix desarrollan su actividad en el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Valencia (teléfono 96 387 70 94. Ext. 78988; fax 96 387 79 94; e-mail: pbonet@ice.upv.es, pcaceres@ice.upv.es, ffarguet@mes.upv.es, algarcia@ice.upv.es).

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años hemos comprobado cómo desde el ámbito de la educación superior se está produciendo un cambio de enfoque formativo. Por un lado, la formación no es algo puntual que se da en una etapa de la vida, sino que se produce un proceso de continua formación en las personas (*life long learning*); por otro lado, los recursos a utilizar están cambiando, dando prioridad a las Tecnologías de la Información y Comunicación. Además se demanda un cambio en las metodologías y estrategias educativas a establecer por el

profesorado (estamos inmersos en un proceso de convergencia europea), el enfoque está en el alumno y éste tiene un papel activo en el proceso de aprendizaje. En este sentido, tal como señala Pagani, [1] “la aparición de nuevas expectativas en la formación a lo largo de la vida hará que las universidades deban responder a las necesidades de la sociedad del conocimiento, desarrollando una formación enfocada hacia enseñanzas específicas en todos los campos científicos, sin olvidar la importancia de las competencias transversales (i.e. idiomas, informática) y las posibilidades de aprendizaje permanente que requieren mayor permeabilidad entre los distintos niveles de los sistemas de formación, y en todos estos aspectos va a ser imprescindible la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como apoyo a la docencia”.

Pero esta integración de las TICs en la universidad requiere el establecimiento de una organización específica para las mismas y la dotación de recursos necesarios para una adecuada atención, tanto de usuarios como de las necesidades derivadas de su uso. En este sentido, Benito y colaboradores (2005) señalan, en su estudio acerca del impacto de las TIC y el proceso de convergencia europea en el profesorado, algunos aspectos a considerar en el uso de las TIC como recurso para la docencia [2]:

- Establecer una política adecuada de incentivos, de modo que se recompense a quienes son pioneros en la introducción de este tipo de experiencias.

- Considerar las competencias en el manejo de las TICs como un elemento del desarrollo profesional del profesorado, ofreciendo formación en TICs y en el campo pedagógico de las TICs.

- Desarrollar sistemas de evaluación y potenciación de la calidad del e-learning.

- La ausencia de una política clara en el uso de metadatos e incluso la ausencia de los mismos en buena parte de los materiales y recursos producidos impiden el normal uso de los mismos por parte de otras universidades. Por ello, sería recomendable la adopción de alguno de los estándares AICC, SCORM, LOM, IMS, etc.

La incorporación de las TIC supone un cambio en sí mismo y, como todo proceso de cambio, genera reacciones ante el mismo de muy diversa índole y que cabe manejar con sumo cuidado. En este sentido, señalan Fullan y Stiegelbauer (1991) como la incorporación de nuevos materiales, nuevos comportamientos y prácticas de enseñanza y nuevas creencias y concepciones, etc., son cambios que están relacionados con los procesos de innovación en cuanto a mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Para estos autores, el uso de nuevos materiales y la introducción de planteamientos curriculares innovadores, o de las últimas tecnologías, sólo es la punta del iceberg, puesto que las dificultades están relacionadas con el desarrollo por parte de los profesores de nuevas destrezas, comportamientos y prácticas asociadas al cambio, así como con la adquisición de nuevas creencias y concepciones vinculadas al mismo.

En este sentido, desde la Universidad Politécnica de Valencia, se ha establecido un Plan de actuación que pretende

favorecer el uso de las TIC en la práctica docente, apoyando al profesor en todo los procesos relacionados con acciones innovadoras y proporcionando tanto recursos como servicios de apoyo que faciliten el uso de estas tecnologías en la práctica docente.

Dentro de este marco establecido se han realizado diversas acciones en el presente curso académico. Por un lado, se ha producido la incorporación de una plataforma de teleformación única (PoliformaT) como elemento integrador de las herramientas de gestión docente a utilizar en la universidad, simplificando accesos a distintas aplicaciones. Por otro lado, se han proporcionado recursos a utilizar por el docente, como son los objetos de aprendizaje. Todo ello además, ha sido acompañado de acciones formativas con el fin de capacitar al profesorado para el uso de estas tecnologías.

El presente trabajo se centrará en la presentación del trabajo realizado acerca de la incorporación de los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia.

La utilización de objetos de aprendizaje como recurso didáctico requiere nuevos enfoques en el diseño, en la metodología docente y en las estrategias de aprendizaje del alumno.

Con respecto al **diseño pedagógico**, cabe destacar su orientación a la reutilización del objeto, por lo que se deberían comenzar a utilizar contenidos con alto potencial de uso (se evitará el uso de contenidos únicamente válidos para una situación de aprendizaje específica). No obstante, en el diseño del objeto de aprendizaje debe quedar determinado alguno de los posibles contextos de uso, facilitando el proceso posterior de re-diseño e implementación.

En cuanto a la **metodología docente**, conviene replantearse los métodos docentes y de evaluación actuales, donde la tradicional “lección magistral” y la pasividad de los estudiantes han sido rasgos sustantivos, para adaptarse a una metodología más activa e interactiva entre profesor-estudiante-recursos. Este cambio obliga a potenciar nuevos roles en el papel del profesor y del alumno. Así, el profesor (tal y como señala Cotano, 2005) deja su faceta de experto en contenidos, presentador y transmisor de información y se convierte, fundamentalmente, en un diseñador de medios, un facilitador del aprendizaje y un orientador del estudiante.

Por último, el empleo de los objetos de aprendizaje en el aula permite que el estudiante adquiera nuevas **estrategias de aprendizaje** y desarrolle, por tanto, competencias genéricas: instrumentales, interpersonales y sistémicas.

II. LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA EN LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC COMO RECURSO PARA LA DOCENCIA

La UPV, como el resto de Universidades del estado español, está inmersa en un proceso de cambio y adaptación al EEES, que le ha llevado a diseñar un Proyecto General para la Promoción y Dinamización de la Convergencia Europea [3], estructurado en cuatro grandes capítulos: análisis, formación y difusión; adaptación al proceso; recursos e instrumentos para la adaptación y acciones interuniversitarias.

Dentro del capítulo “*recursos e instrumentos para la adaptación*”, una de las acciones de nuestra Universidad ha

sido el **desarrollo de una plataforma educativa** única como estrategia para la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación actualizadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Obviamente, el uso de esta plataforma supone, para el profesorado, una reformulación de sus funciones docentes requiriendo, en muchos casos, formación y preparación. Por ello, y para dar respuesta a este requerimiento, este curso académico se ha puesto en marcha, el **Plan Docencia en Red**.

Este plan pretende, por un lado, dotar al profesorado de conocimientos suficientes acerca del empleo de las Tecnologías como recurso para la docencia y, por otro, incentivar, en el profesorado, la elaboración de materiales educativos reutilizables en formato digital (los llamados objetos de aprendizaje). Para la consecución de ambos objetivos, se han realizado diversas acciones formativas (unas de tipo general, relacionadas con las herramientas de gestión docente a utilizar por el profesorado, y otras específicas sobre criterios para la elaboración de objetos de aprendizaje, estrategias didácticas y metodologías docentes a desarrollar utilizando las TIC) y, además, se ha elaborado una guía [4] cuyo objetivo es ayudar al profesorado que desee crear y/o utilizar objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria.

III. LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE

El término *Objeto de Aprendizaje* (OA) (RLO *Reusable Learning Object* en la bibliografía sajona) fue introducido por Wayne Hodgins en 1992. A partir de esa fecha, han sido muchos los autores que han definido el concepto; de hecho la falta de consenso en su definición ha llevado a la utilización de múltiples términos sinónimos: *learning object*, *objetos de aprendizaje reutilizables*, *objeto de conocimiento reutilizable*, *cápsula de conocimiento*,...

David Willey [5], en el año 2001, propone la siguiente definición de OA: “*cualquier recurso digital que puede ser usado como soporte para el aprendizaje*”.

Partiendo de la definición de Willey, en el contexto de la UPV, se define el *objeto de aprendizaje* como “la unidad mínima de aprendizaje, en formato digital, que puede ser reutilizada y secuenciada”. Se conciben, por tanto, estos *pequeños componentes* (OA) como elementos integrados e integradores del proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de mejorar su rendimiento y nivel de satisfacción. No obstante, el OA debe cumplir una serie de características para que realmente pueda ser considerado como tal.

A. Características

Una determinación clara y explícita de las características de los objetos de aprendizaje posibilitará el esclarecimiento de unos adecuados criterios de validación de los mismos.

Por ello, con el fin de asegurar la calidad en la creación de los objetos de aprendizaje, se han establecido las características que el objeto de aprendizaje deberá cumplir. Éstas son:

1) *Formato digital*: tiene capacidad de actualización y/o

modificación constante; es decir, es utilizable desde Internet y accesible a muchas personas simultáneamente y desde distintos lugares.

2) *Propósito pedagógico*: el objetivo es asegurar un proceso de aprendizaje satisfactorio. Por tanto, el OA incluye no sólo contenidos sino que también guía el propio proceso de aprendizaje del estudiante.

3) *Contenido interactivo*: implica la participación activa de cada individuo (profesor-alumno/s) en el intercambio de información. Para ello es necesario que el objeto incluya actividades (ejercicios, simulaciones, cuestionarios, diagramas, gráficos, diapositivas, tablas, exámenes, experimentos, etc.) que permitan facilitar el proceso de asimilación y el seguimiento del progreso de cada alumno. Para que se dé el aprendizaje el alumno debe estar activo cognitivamente, en este sentido, el objeto de aprendizaje debe favorecer esa activación cognitiva por parte del alumno, bien a través de su enfoque, bien a través de los elementos que componen el objeto, etc.

4) *Es indivisible e independiente de otros objetos de aprendizaje*, por lo que:

--Debe tener sentido en sí mismo y ser autocontenido.

--No puede descomponerse en partes más pequeñas.

5) *Es reutilizable en contextos educativos distintos a aquel para el que fue creado*. Esta característica es la que determina que un objeto tenga valor, siendo uno de los principios que fundamentan el concepto de objeto de aprendizaje.

Para que un OA pueda ser reutilizable es necesario que:

--Los contenidos no estén contextualizados (no hacer referencia a su ubicación ni en la asignatura, ni en la titulación, ni en el tiempo).

--Se determinen algunos de los posibles contextos de uso, facilitando el proceso posterior de rediseño e implementación.

--Se le otorguen previamente una serie de características identificativas (metadatos) que permita distinguirlos de otros objetos.

--Junto con otros objetos, se pueden alcanzar objetivos de aprendizaje más amplios, llevando a la construcción de los llamados: **módulos de aprendizaje**.

B. Ventajas

Las ventajas que representan los objetos de aprendizaje, tanto para los estudiantes como para los profesores, son:

1) *Personalización (adaptación del temario y la planificación temporal a cada estudiante)*: a los estudiantes les permite la individualización del aprendizaje en función de sus intereses, necesidades y estilos de aprendizaje. Los profesores pueden ofrecer caminos de aprendizaje alternativos y adaptar los programas formativos a las necesidades específicas de los estudiantes.

2) *Interoperabilidad*: los estudiantes pueden acceder a los objetos con independencia de la plataforma y el hardware que se utilice. Permite a los profesores utilizar materiales desarrollados en otros contextos y sistemas de aprendizaje.

3) *Inmediatez y accesibilidad*: los estudiantes tienen acceso, en cualquier momento, a los objetos de aprendizaje que

deseen. Los profesores obtienen, al momento, los objetos que necesitan para construir los módulos de aprendizaje.

4) *Reutilización*: los estudiantes acceden a materiales que ya han sido utilizados con criterios de calidad. Los profesores invierten menos tiempo en el desarrollo de material didáctico.

5) *Flexibilidad*: permiten a los estudiantes integrarse más fácilmente en el proceso de aprendizaje, a la vez que les facilita la adaptación a su propio ritmo de aprendizaje. Para los profesores representan una herramienta de fácil adaptación a los distintos contextos de aprendizaje, así como a las diferentes metodologías de enseñanza-aprendizaje.

6) *Durabilidad y actualización*: los estudiantes acceden a contenidos que se adaptan fácilmente a los cambios tecnológicos. Los profesores crean contenidos que pueden ser rediseñados y adaptados a las nuevas tecnologías.

En términos generales, los objetos de aprendizaje suponen, por un lado, un ahorro de tiempo para el profesor en la preparación de recursos de aprendizaje de calidad, y por otro lado, una disponibilidad constante de dichos recursos para el alumno.

C. Pasos para la construcción de objetos de aprendizaje

El desarrollo de los objetos de aprendizaje se basa en una estrategia orientada al aprendizaje del estudiante y, para ello, su diseño debe tener una *estructura interna* que incluya diferentes elementos: *introducción, teoría, actividad de aprendizaje y evaluación*. Los **pasos** a considerar en la construcción de los OA son:

1) *Tipo de objetivo*: determinar qué tipo de objetivo se pretende alcanzar con el OA, optando únicamente por uno de ellos: conceptual, procedimental o actitudinal.

2) *Contenidos*: seleccionar los contenidos, en función del objetivo fijado, es decir, si se ha optado por un objetivo conceptual, los contenidos a desarrollar serán también conceptuales.

3) *Tipo de formato digital*: elegir el formato digital en que se va a realizar el OA: imagen, texto, sonido, multimedia, etc.

4) *Realizar la introducción*: teniendo en cuenta los aspectos a contemplar, como son:

--Utilidad del contenido.

--Guía del proceso de aprendizaje.

--Motivar al alumno para su estudio, despertando su interés por el tema a tratar.

--Detalles que convengan para suscitar controversias, curiosidad, asombro, etc.

--Relación con otros conocimientos: previos y posteriores.

--Ayudas externas que se precisarán para el aprendizaje.

--Estructura del contenido.

5) *Desarrollar el contenido del OA*.

6) *Proceder al cierre del OA*.

7) *Realizar la ficha de metadatos*.

8) *Evaluar el OA*.

IV. CREACIÓN DE MÓDULOS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE LOS OBJETOS

En el contexto de la creación de OA en la UPV, se ha definido que un **MÓDULO DE APRENDIZAJE** es una sesión de formación compuesta por la **contextualización** del objeto (u objetos) de aprendizaje dentro del entorno didáctico concreto a través de **objetos de acoplamiento**.

Por lo tanto y partiendo de la definición anterior, a la hora de diseñar un módulo de aprendizaje es preciso **programar** la situación de aprendizaje concreta a desarrollar (teniendo en cuenta que la duración aproximada del módulo será de una a dos horas de trabajo del alumno) y, a partir de dicha programación, determinar los objetos de aprendizaje que se necesitan y los *objetos de acoplamiento* necesarios para contextualizar. Estos objetos de acoplamiento dan sentido a los objetos de aprendizaje dentro de la situación educativa concreta en la que van a ser utilizados.

A. Concepto de objeto de acoplamiento

Son objetos digitales que no cumplen todas las características de un objeto de aprendizaje, puesto que no tienen sentido por sí mismos y *dependen* totalmente del objeto de aprendizaje al que acompañan. Además son específicos de la situación de aprendizaje concreta para la que se han creado y no sirven en otra situación.

Su función principal es la *contextualización del objeto de aprendizaje* dentro de la situación formativa concreta en la que se va a utilizar dicho OA. Por tanto, ayudan a enlazar las distintas partes y elementos que componen un **módulo de aprendizaje**, otorgando sentido e integridad a la situación formativa.

Por tanto, un módulo de aprendizaje se compondrá de uno o varios objetos de aprendizaje y diversos objetos de acoplamiento.

B. Tipos de objetos de acoplamiento

Entre los objetos de acoplamiento se destacan:

1) *Guía introductoria o guía de aprendizaje*: Su función es orientar al alumno en los posibles itinerarios de aprendizaje (aportándole información relevante y ofreciéndole una visión general del módulo), para el logro de los objetivos marcados en la programación. Este hecho supone que el profesor asuma el aprendizaje desde la situación específica del alumno al que va dirigido el módulo.

2) *Actividad práctica*: Son tareas, estructuradas o semiestructuradas, tanto para el trabajo individual o en grupo, en las cuales el estudiante debe generar nuevos productos. Estas actividades no tienen porqué incluirse al final del módulo, sino que pueden estar intercaladas en la introducción, explicación, etc. Las **actividades** son el *eje central* de los contenidos y de un buen entorno de aprendizaje y el punto de partida de la evaluación del alumno.

3) *Evaluación*: Los objetivos que se pretenden alcanzar con la evaluación son:

--Ofrecer feedback al estudiante acerca de su propio aprendizaje.

-- Detectar posibles problemas y dificultades con las que se va encontrando el alumno.

Para ello, la evaluación puede realizarse a través de:

--Las actividades prácticas (anteriormente citadas) aunque, lógicamente, tendrán un objetivo y una función distinta a aquellas.

--Pruebas abiertas o tipo test.

Por otra parte, la evaluación no siempre será externa, sino que puede incluir la autoevaluación y la heteroevaluación.

4) *Resumen*: Los objetivos del resumen son:

--Sintetizar las ideas clave presentadas en el módulo.

--Facilitar la retención del aprendizaje.

-- Favorecer futuros aprendizajes, bien del mismo orden o de nivel superior.

C. Pasos para la construcción de módulos de aprendizaje

Una vez programada, a nivel global, la situación de aprendizaje concreta que se va a desarrollar a través del módulo de aprendizaje, se deben diseñar las diferentes partes que conforman dicho módulo, sin olvidar ir, de vez en cuando, a la visión general de conjunto con la intención de enriquecerlo y ampliarlo. Por tanto, los pasos a la hora de crear un módulo de aprendizaje serán:

1) *Analizar la situación inicial de partida*: Definida tanto por el perfil del alumno al que va dirigido:

--Nivel de estudios.

--Prerrequisitos: Conocimientos, habilidades y actitudes relevantes que posee el alumno para el estudio del módulo.

--Intereses y expectativas del alumno.

Como por los aspectos pedagógicos y didácticos:

--¿Qué modelo, o estrategias de enseñanza-aprendizaje, subyace al módulo?

2) *Seleccionar las competencias*: Que se quieren conseguir en el estudiante a través del módulo:

--¿Qué competencias genéricas queremos trabajar con el alumno?

--¿Qué competencias específicas se van a trabajar?

3) *Seleccionar los contenidos a trabajar*: Diferenciando entre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. A diferencia del OA donde solamente se puede trabajar un tipo de contenido, en los módulos no es necesario elegir un solo tipo de contenido (se pueden trabajar más de uno) ni tampoco es imprescindible trabajar los tres tipos.

4) *Realizar un esquema o mapa de la estructura del módulo*: secuenciando y ordenando los distintos objetos de aprendizaje y de acoplamiento que son necesarios para la configuración final del módulo.

En el esquema del módulo debe contemplarse:

--Introducción al módulo.

--Desarrollo del contenido (conceptual, procedimental y/o actitudinal).

--Actividad práctica.

--Resumen.

--Evaluación.

5) *Buscar si existe algún objeto de aprendizaje ya creado*:

Que se adapte al esquema anterior y que se pueda utilizar. En tal caso pasar a la fase 7).

6) *Crear los objetos no existentes*.

7) *Configurar finalmente el módulo*: Ensamblaje del módulo.

8) *Poner en práctica el módulo*.

9) *Evaluar y redefinir, en su caso, los aspectos no adecuados*.

V. POSIBILIDADES DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE: CREACIÓN DE UN REPOSITORIO DIGITAL

La aplicación práctica de esta programación de módulos a partir de objetos de aprendizaje llevará a hacer uso de los objetos de aprendizaje como recursos a utilizar en la docencia presencial, o bien como recursos integrados dentro de módulos de aprendizaje constituidos para un entorno no presencial o semipresencial. Por lo tanto, será el propio profesor el que determine, dentro del diseño de su proceso de E-A, el uso más adecuado para la consecución de los resultados de aprendizaje del alumno.

El profesor contará con un repositorio digital de objetos de aprendizaje, disponible desde la plataforma de teleformación de la Universidad Politécnica de Valencia, o bien, accesible también desde la Biblioteca de esta universidad. A través de los metadatos del objeto (establecidos según los criterios de LOM) accederá a una primera información del objeto que le permitirá, sin necesidad de visualizar cada uno de los objetos, intuir cual se ajusta mejor a sus circunstancias formativas particulares (teniendo en cuenta el perfil típico del alumno al que va dirigido el objeto, el formato, etc.). A partir de ahí podrá hacer uso de aquellos objetos de aprendizaje que realmente le sirvan para su programación formativa, con el ahorro de tiempo y recursos que ello supondrá.

REFERENCIAS

- [1] Pagani Raffaella. I Jornada Campus Virtual UCM. "Las Tecnologías del aprendizaje en el marco de la convergencia europea: una visión de conjunto". En apoyo del aprendizaje en la universidad : hacia el espacio europeo de educación superior / coord. por Ana Fernández-Pamipillón Cesteros, Alfredo Fernández-Valmayor Crespo, Jorge Merino Granizo, 2004, ISBN 84-7491-774-3, pags. 3-5 W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-135.
- [2] Benito Gómez, M.; Ovelar Beltrán, R. "Impacto de las TIC y del proceso de convergencia al EEES en el profesorado universitario". Octubre 2005. [Consultado en <http://pulsar.ehu.es> el 12/12/2006]
- [3] Proyecto General de la UPV para la promoción y dinamización de la Convergencia Europea en http://www.upv.es/vece/central_pace.htm
- [4] Plan de acciones para la convergencia europea (PACE): "Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración". Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en línea en http://www.upv.es/vece/central_pace.htm.
- [5] WILEY, D.A.: The Instructional Use of Learning Objects. Agency for Instructional Technology, 2002. Disponible en línea en <http://www.ltimagazine.com/ltimagazine/article/articleDetail.jsp?id=5043>.



Susana Martínez Naharro es Licenciada en Psicología (1998) por la Universidad de Valencia. Título de Especialista Universitario en Integración de las Tecnologías de la Información en las Organizaciones, por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Dentro del Área de Sistemas de Información y Comunicaciones de la UPV, desempeña funciones de formación, asesoramiento pedagógico y atención al usuario en el uso de las TIC para

la docencia, así como en el uso y aplicaciones de la plataforma docente de la UPV. Colabora dentro del PLAN DOCENCIA EN RED de la UPV, para la creación de un repositorio digital de objetos de aprendizaje en dicha universidad. Ha publicado diversos artículos relacionados con la calidad en la docencia a través de una plataforma de teleformación, formación *on line*, y tecnología educativa.



M. Pilar Bonet Espinosa es Licenciada en Pedagogía (2000) por la Universidad de Valencia (UV). Diploma de Estudios Avanzados por el Departamento de Teoría de la Educación de la UV. Es asesora pedagógica del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la UPV, centrándose su actividad en los programas de formación pedagógica inicial del profesorado, así como en la gestión y asesoramiento en los procesos de adaptación al EEES

dentro del Plan de Acciones para la Convergencia Europea de la UPV. Participa en los proyectos de innovación educativa desarrollados en el Área de Tecnología Educativa de dicho Instituto. Destaca su colaboración en el PLAN DOCENCIA EN RED de la UPV. Actualmente participa también en un proyecto financiado por HP sobre "Technology for Teaching Grant Program".



Pilar Cáceres González es Licenciada en Filosofía y Ciencias de la Educación (1988) por la Universidad de Valencia. Asesora pedagógica del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Responsable del Área de Tecnología Educativa de dicho Instituto, cuyo objetivo fundamental es impulsar y coordinar las diferentes iniciativas de integración de las tecnologías en los procesos formativos del alumno de cara

a su mejora. Participa en el PLAN DOCENCIA EN RED desarrollado por la UPV con una doble función: por un lado la elaboración de un manual sobre criterios para la elaboración de los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria, (manual publicado por la UPV en el año 2007 y distribuido a todo el profesorado de dicha universidad) y, por otro, la formación y asesoramiento a todo el profesorado que ha deseado elaborar objetos de aprendizaje. Participa también en un proyecto financiado por HP sobre "Technology for Teaching Grant Program".



Fernando Fargueta Cerdá es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1976) por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1993) por el Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil de la UPV. Es Catedrático de Escuela Universitaria del área de conocimiento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras e imparte docencia en la Escuela

Técnica Superior de Gestión en la Edificación de la UPV. Director del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPV, en dos etapas, entre diciembre de 1996 y mayo de 1999 y desde abril de 2005 hasta la actualidad. Ha publicado diversos trabajos relacionados con la Innovación Educativa.



Eloina García Fèlix es Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación (2006) por la Universidad de Valencia. Es asesora pedagógica del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Valencia y actualmente responsable del Área de Alumnado de dicho Instituto. Dentro de esta área se coordina el PROGRAMA INTEGRA de la Universidad Politécnica de Valencia, centrado en la integración del alumno de nuevo ingreso durante su primer

curso universitario, habiendo iniciado también en esta área una investigación sobre Buenas Prácticas de alumnos universitarios que permitirá identificar qué variables son las que inciden en el buen rendimiento.

Capítulo 11

Nativos digitales y modelos de aprendizaje

Felipe García, Javier Portillo, Jesús Romo, y Manuel Benito

Title—Digital natives and learning models.

Abstract— According to experts, the real potential of a new technology usually takes a generation to develop. In the case of the digital natives (who have grown up immersed in digital technology) we are still in this period of transition which will lead to a change in habits and ways of thinking caused by the thrust of this generation. According to some estimates, within 20 years, this group could constitute 70% of the world's population. In the field of education, the students of today no longer correspond to those for which they were created teaching traditional education systems. This Communication aims to explore what direction they should take educational innovation to adapt to the characteristics of this new group.

Keywords— digital native, web 2.0, e-learning

Resumen— Según los expertos, el verdadero potencial de una nueva tecnología suele tardar toda una generación en desarrollarse. En el asunto de los *nativos digitales* (aquellos individuos que han crecido inmersos en la tecnología digital) todavía estamos en ese periodo de transición/adaptación que nos lleva a un cambio de hábitos y de forma de pensar provocados por el empuje de esta generación. Según ciertos cálculos, dentro de 20 años, este grupo podría constituir el 70% de la población mundial. En el campo educativo, los alumnos de hoy en día no se corresponden ya con aquellos para cuya enseñanza fueron creados los sistemas educativos tradicionales. La presente comunicación pretende explorar qué dirección debería tomar la innovación educativa para adaptarse a las características de este nuevo colectivo.

Palabras clave— nativo digital, web 2.0, e-learning

Este trabajo fue presentado originalmente al IV Simposio Pluridisciplinar Sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables (SPDECE2007)

Felipe García es Técnico de Innovación de la Universidad del País Vasco (phone: +34946103180; e-mail: felipe.garcia@ehu.es).

Javier Portillo es doctor en ingeniería por la Universidad del País Vasco (e-mail: javier.portillo@ehu.es).

Jesús Romo es doctor en ingeniería por la Universidad del País Vasco (e-mail: jesus.romo@ehu.es).

Manuel Benito es doctor en pedagogía por la Universidad del País (e-mail: manuel.benito@ehu.es).

I. INTRODUCCIÓN

EL aprendizaje, el estudio y la educación juegan un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, siendo uno de los motores de su proceso evolutivo. Es por ello que la docencia y los procesos de aprendizaje deben adaptarse permanentemente a las características de los individuos que en cada momento la componen.

Por otro lado, se está viviendo en los últimos años una auténtica revolución tecnológica que cambia nuestros hábitos de vida y afecta a nuestro entorno, en ocasiones saturado o desbordado por toda esa tecnología.

En este escenario se cruzan los planos educativo y tecnológico, en un momento en el que la influencia de esa tecnología empieza a percibirse en nuestras generaciones más jóvenes, aquellas que han crecido y se han desarrollado en un medio plagado de tecnología. Esta generación está compuesta por los *nativos digitales*.

En este artículo se realizará una síntesis de las características (hábitos, habilidades, carencias) de los nativos digitales, especialmente las relacionadas con los procesos de aprendizaje. Posteriormente, se esbozará cómo podrían mejorarse los entornos educativos y sus interfaces para captar la atención de este colectivo y para adaptarlos a su idiosincrasia.

II. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCEPTO NATIVO DIGITAL

La expresión nativos digitales (“digital natives”) fue acuñada por Marc Prensky [1] en un ensayo titulado “La muerte del mando y del control”, donde los identificaba con aquellas personas que han crecido con la Red y los distinguía de los *inmigrantes digitales* (“digital immigrants”), llegados más tarde a las TIC.

Nacieron en la era digital y son usuarios permanentes de las tecnologías con una habilidad consumada. Su característica principal es sin duda su tecnofilia. Sienten atracción por todo lo relacionado con las nuevas tecnologías. Con las TICs satisfacen sus necesidades de entretenimiento, diversión, comunicación, información y, tal vez, también de formación.

Estos nuevos usuarios enfocan su trabajo, el aprendizaje y los juegos de nuevas formas: absorben rápidamente la información multimedia de imágenes y videos, igual o mejor que si fuera texto; consumen datos simultáneamente de múltiples fuentes; esperan respuestas instantáneas; permanecen comunicados permanentemente y crean también sus propios contenidos.

Forman parte de una generación que ha crecido inmersa en las Nuevas Tecnologías, desarrollándose entre equipos informáticos, videoconsolas y todo tipo de artilugios digitales, convirtiéndose los teléfonos móviles, los videojuegos, Internet, el email y la mensajería instantánea en parte integral de sus vidas y en su realidad tecnológica. Navegan con fluidez; tienen habilidad en el uso del ratón; utilizan reproductores de audio y video digitales a diario; toman fotos digitales que manipulan y envían; y usan, además, sus ordenadores para crear videos, presentaciones multimedia, música, blogs, etc.

A los nativos digitales les encanta hacer varias cosas al mismo tiempo: son multitarea. Afrontan distintos canales de comunicación simultáneos, prefiriendo los formatos gráficos a los textuales. Utilizan el acceso hipertextual en vez del lineal. Funcionan mejor trabajando en red. Y prefieren los juegos al trabajo serio.

Destacan la inmediatez en sus acciones y en la toma de decisiones. Acercándonos al área de la psicología, el nativo digital en su niñez ha construido sus conceptos de espacio, tiempo, número, causalidad, identidad, memoria y mente a partir, precisamente, de los objetos digitales que le rodean, pertenecientes a un entorno altamente tecnificado.

Hay quien sostiene que el crecimiento en este entorno tecnológico puede haber influido en la evolución del cerebro de aquellos individuos. En concreto, se investiga el efecto de los juegos electrónicos en algunas habilidades cognitivas y la generación incluso una nueva estructura neuronal en los individuos.

Sin duda, su actividad con la tecnología configura sus nociones sobre lo que es la comunicación, el conocimiento, el estudio/aprendizaje e, incluso, sus valores personales.

Y, en resumen, podría afirmarse que los nativos digitales, lejos de ser una moda temporal, parecen ser un fenómeno que abarca el conjunto de una generación y que crece firmemente.

A. Características

Algunas de las características principales de los nativos digitales, en un intento de síntesis recogidas de distintas fuentes, podrían ser las de la siguiente lista:

- Con orientación multimedia
- Basados en Web
- Interés por lo Nuevo
- Globales, sin distinciones culturales
- No lineales, menos estructurados
- Multitarea: hacer muchas cosas a la vez como forma de vida
- Menos textuales

- Más creativos
- Extremadamente sociales
- Prefieren entornos electrónicos
- Tienen amigos electrónicos
- Facilidad para el acceso a excesiva información
- Comparten un lenguaje tecnológico común
- Necesitan la tecnología
- Las computadoras no son sólo tecnología
- Internet es mejor que la televisión
- Hacer es más importante que saber
- El consumidor es creador a su vez
- La clase es más que un espacio físico
- Aprender es más parecido a los juegos que al orden lógico
- Teclear es mejor que escribir
- Estar conectado es primordial

B. Carencias y dificultades

En su capacidad multitarea, buscan pasar el menor tiempo posible en una labor determinada y abrir el mayor número de frentes posibles, provocando pérdidas de productividad, descensos en la capacidad de concentración y períodos de atención muy cortos con una tendencia a cambiar rápidamente de un tema a otro (en lugar de prestar atención de forma continua en un único objeto).

Aparece una forma de tratamiento de la información mucho más somera y superficial acompañada, en ocasiones, de una ansiedad relacionada con la obsesión de abrir el máximo número de comunicaciones o trabajos.

Respecto al ámbito exclusivamente educativo estos alumnos están mucho más predispuestos a utilizar las tecnologías en actividades de estudio y aprendizaje que lo que los centros y procesos educativos les pueden ofrecer. Esta situación puede llegar a generar un sentimiento de insatisfacción respecto a las prácticas escolares, creando una distancia cada vez mayor entre alumnos y profesores en relación a la experiencia educativa. Más adelante (apartado 4) intentaremos plantear modelos que se adapten mejor a esta situación y que eviten este tipo de tensiones.

III. NATIVOS DIGITALES VS. INMIGRANTES DIGITALES

“Nativos digitales” es el término que describe a los estudiantes, menores de 30 años, que han crecido con la tecnología y, por lo tanto, tienen una habilidad innata en el lenguaje y en el entorno digital. Las herramientas tecnológicas ocupan un lugar central en sus vidas y dependen de ellas para todo tipo de cuestiones cotidianas como estudiar, relacionarse, comprar, informarse o divertirse.

“Inmigrantes digitales” son aquellos que se han adaptado a la tecnología y hablan su idioma pero con “un cierto acento”. Estos inmigrantes son fruto de un proceso de migración digital que supone un acercamiento hacia un entorno altamente tecnificado, creado por las TIC. Se trata de personas entre 35

y 55 años que no son nativos digitales y han tenido que adaptarse a una sociedad cada vez más tecnificada.

Entre ambas generaciones las diferencias pueden ser importantes:

En contraste con los inmigrantes, con cierta tendencia a guardar en secreto la información (el conocimiento es poder), los nativos digitales comparten y distribuyen información con toda naturalidad, debido a su creencia de que la información es algo que debe ser compartido.

Los inmigrantes digitales tienen costumbre, por ejemplo, de imprimir los emails, es decir, pasar documentos digitales a papel ya que tienen ciertas dificultades en concentrarse en la pantalla. En general, se encuentran más cómodos en papel que en pantalla.

Para los inmigrantes digitales, la capacidad de abordar procesos paralelos de los nativos digitales no son más que comportamientos con apariencia caótica y aleatoria.

A su vez, los procesos de actuación de los inmigrantes suelen ser reflexivos y, por lo tanto, más lentos, mientras que los nativos digitales son capaces de tomar decisiones de una forma rápida, sin pensarlo mucho, y en ambientes complejos.

Y en relación a los juegos electrónicos, los utilizados por los inmigrantes digitales en décadas anteriores eran lineales, en funcionamiento y objetivos, mientras que los más recientes son más complejos, implicando la participación y coordinación de más jugadores. Además, los nativos digitales crean sus propios recursos: herramientas, armas, espacios, universos, etc., apropiándose de la tecnología, además de utilizarla.

IV. SERVICIOS, NECESIDADES, HERRAMIENTAS Y RECURSOS HABITUALES DE LOS NATIVOS DIGITALES (CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS)

Respecto a los nativos digitales podría decirse que crecen acostumbrados a ciertos hábitos o conductas:

- acceden a la información principalmente a partir de fuentes no impresas, sino digitales, apoyándose en las tecnologías relacionadas con la imagen. Se podría hablar, en su caso, de interpretación de “textos visuales”.
- dan prioridad a las imágenes en movimiento (y a la música) por encima del texto.
- se sienten cómodos realizando tareas múltiples simultáneamente.
- obtienen conocimientos procesando información discontinua y no lineal.
- no ven los ordenadores como un medio educativo sino como parte de sus hábitos y costumbres, y los utilizan para aprender de manera informal.
- su referencia principal (casi única) en Internet es Google, herramienta que manejan a la perfección, mientras que no se encuentran tan cómodos utilizando índices o catálogos tradicionales.
- utilizan, además, como fuentes de información los blogs, la Wikipedia, Menéame y otros medios similares del entorno de la Web 2.0.

Los nativos digitales recolectan la información a partir de fuentes variadas: imágenes multimedia, sms, expresiones en los chats, contenidos de sitios web, etc. Su aprendizaje, por tanto, puede incluir grandes dosis de “prueba y error”, experimentación, juego y colaboración con los demás. Además, interactúan con esos contenidos: los anotan, comentan, extienden, catalogan y editan.

También la participación en juegos implica un ejercicio mental donde con frecuencia se interpretan complejos entornos visuales de 3D, se leen numerosos textos en pantalla, se procesan todo tipo de datos auditivos, y se deben dar respuesta a entornos densos de información y con toma de decisiones simultáneas, practicando un proceso de aprendizaje directo e inmediato, en un contexto donde el aprendizaje es rápido, muy concreto y repetitivo.

V. ADAPTACIÓN Y MEJORA DEL ELEARNING PARA NATIVOS DIGITALES

En el ámbito educativo la incorporación de los nativos digitales ha supuesto la introducción de una serie de desafíos. Los nativos digitales, estudiantes de hoy en día y del mañana, no son los sujetos para los que los sistemas educativos y sus procesos de aprendizaje fueron diseñados. Sus profesores son, en el mejor de los casos, inmigrantes digitales que han hecho el esfuerzo de acercarse a las nuevas tecnologías e intentan enseñar en un lenguaje muchas veces incomprensible para estos nativos digitales, pudiendo producirse cierto rechazo, o pérdida de atención o de interés.

Es lógico pensar que existe el riesgo de brecha entre la cultura de los nativos digitales y aquella que enseñan sus profesores. Los docentes saben menos de la tecnología que sus estudiantes y, en consecuencia, los nativos digitales pueden estar siendo formados en un modo que no es relevante para ellos. La enseñanza “analógica” tradicional no los puede preparar de una forma óptima porque el uso de esas tecnologías es uno de los nexos que los unen y los definen como generación o colectivo.

Su nivel de decodificación visual es mayor que en generaciones anteriores, rechazando a veces los modos tradicionales de exposición, solución de problemas, toma de decisiones y otros utilizados en los procesos de educación.

Es difícil mantenerlos atentos en una clase tradicional de exposición de contenidos por parte del profesor, porque tienen la percepción de que ese contenido lo pueden consultar en Internet, lo pueden intercambiar entre ellos, localizar otras fuentes, elaborar mapas o visualizaciones. En definitiva, tienden a participar activamente en la construcción de su propio conocimiento.

Ante esta situación, o bien los inmigrantes digitales aprenden a enseñar de una manera diferente y más atractiva, o bien los nativos digitales “retroceden” adaptando sus capacidades intelectuales a su entorno de aprendizaje.

No se trata de cambiar solamente temas y contenidos, tendiendo a espacios multimedia, sino la forma de abordarlos, presentarlos y dinamizarlos. No debemos caer en el error de suponer que el único lenguaje del aprendizaje es el que monopolizamos los inmigrantes digitales y, por el contrario, teniendo cierta apertura de miras debemos considerar esos

nuevos lenguajes derivados del uso de los ordenadores, Internet y los videojuegos.

Respecto a los contenidos, las líneas básicas de adaptación deben tener en cuenta y ponerse en práctica con el objetivo de aprovechar el conocimiento colectivo. El desarrollo y explotación del conocimiento colectivo es uno de los logros más destacados de la denominada Web 2.0 y se logra gracias a las siguientes acciones:

- Crear contenidos por parte de los usuarios, acceder a la información existente, reflexionar y llegar a conclusiones para posteriormente plasmarlas en contenidos de producción propia (blogs y wikis). Los usuarios registran su conocimiento y crean nueva información.
- Compartir objetos digitales (vídeos, fotografías, documentos, enlaces favoritos,...).
- Recopilar información: clasificar, estandarizar, comentar, valorar/puntuar ("rating"), etiquetar ("tagging") y actualizar contenidos digitales existentes. Nuevos conceptos como el de folksonomía y tecnologías como la sindicación RSS ayudan en estas labores.
- Incorporar el video como formato de comunicación.
- Usar el trabajo colaborativo para la creación de nuevos recursos de conocimiento.
- Intercambio de documentos, referencias y enlaces.
- Otras acciones socio-colaborativas.

Pero en este proceso de evolución hacia un modelo más acorde con la idiosincrasia de los nativos digitales, no debemos olvidarnos, cegados tal vez por la tecnología, de los docentes y de su necesario papel. En este nuevo escenario el profesor debe modificar su rol en el proceso de aprendizaje, convirtiéndose en el organizador de la interacción entre los alumnos y los objetos de conocimiento, en el generador de interrogantes, estimulando permanentemente a los alumnos en la iniciativa y en el aprendizaje activo con creación, comunicación y participación. Debe guiar los procesos de búsqueda, análisis, selección, interpretación, síntesis y difusión de la información.

Toda esta evolución podría resumirse en los esquemas comparativos de entornos de aprendizaje descritos en las tablas I y II.

Además, a los entornos de aprendizaje conocidos hasta ahora (estables, homogéneos, con un mayor control sobre los alumnos) se les pueden añadir soluciones basadas en la Web 2.0 que aportan las siguientes ventajas:

- Catálogo extenso de aplicaciones en mejora continua
- Servicios personalizables
- Herramientas conocidas por los alumnos
- Elección de las herramientas por parte de los alumnos
- Entorno en evolución constante

No se trata únicamente de utilizar herramientas web 2.0, sino, sobre todo, de integrarlas en su práctica educativa. Además, esta integración nos lleva a cambiar las relaciones convencionales en los entornos educativos, entre estudiantes y

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE UN ENTORNO DE APRENDIZAJE DEL
MODELO CLÁSICO

Entorno	Modelo Clásico
Conocimiento y aprendizaje	Estructurado, controlado
Teoría de aprendizaje	Conductismo, cognitivismo
Comunicación	Uno a muchos
Pedagogía	Aprendizaje lineal
	Enseñanza memorística
	Centrado en el profesor/contenido
	Gestionado por el profesor
	Profesor transmisor
Tecnología (online)	Organizado en clases y asignaturas
	Competición e individualismo
	Blackboard, WebCT, Moodle, LAMS, etc.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DE UN ENTORNO DE APRENDIZAJE DEL
MODELO NUEVO

Entorno	Nuevo Modelo
Conocimiento y aprendizaje	Adaptable, dinámico
Teoría de aprendizaje	Constructivismo social, colectivismo
Comunicación	Muchos a muchos
Pedagogía	Nuevos ambientes
	Construcción social del conocimiento
	Centrado en el desarrollo del alumno
	Gestionado por el alumno
	Profesor mediador
	Basado en actividades y experiencias
Tecnología (online)	Participación y colaboración
	Flickr, elgg, del.icio.us, p2p, etc.

entre estudiantes y profesores, facilitando el aprendizaje colaborativo, descentralizado y plural.

Aún así, no debemos dejar de lado algunas desventajas que debemos superar. Los problemas pueden presentarse en la integración de esas herramientas 2.0 en la propia actividad del aula: qué aplicaciones usar, cuántas, cómo utilizarlas, de qué manera se accede a ellas, cómo nos registramos, qué debemos realizar, cuál es su dinámica y reglas de juego, etc. En algunos casos puede surgir una sobrecarga de tareas innecesarias o dificultades añadidas que desvían la atención del alumno de la propia finalidad del uso de estas herramientas y reduce su motivación e iniciativa. Y todo esto a pesar de ser nativos digitales, estar familiarizados con la tecnología y ser usuarios de tecnologías Web 2.0 en la vida cotidiana.

A continuación, se plantea un modelo o prototipo que nos acerque a dicho objetivo. Dicho modelo debe entenderse como una colección de aplicaciones interoperables, como un entorno, más que como un sistema, en un intento de acercarse a nuevos ambientes de aprendizaje.

A. Propuesta modelo completo e-learning adaptado para nativo digital

A continuación, vamos a presentar y describir un modelo de e-learning que contemple y ponga en práctica los principios más importantes del movimiento Web 2.0, por un lado, y la naturaleza y los hábitos de los nativos digitales, por el otro.

Para lograr nuestro objetivo contamos con todo tipo de herramientas y servicios Web 2.0 que por sus características pueden adaptarse perfectamente a la idiosincrasia de los nativos digitales y ajustarse a las demandas de este colectivo para entornos de aprendizaje.

La ventaja principal del uso de la Web 2.0 es la familiaridad que los nativos digitales tienen con ella.

La utilización colectiva de servicios web 2.0 proporciona un magnífico entorno para encontrar, describir, organizar y compartir información y conocimientos.

Se plantea un modelo típico de construcción cooperativa del conocimiento con los siguientes pasos que forman el proceso formativo:

1. Búsqueda de información en la web
2. Diálogo, análisis y reflexión compartida en clase
3. Trabajo individual
4. Selección y clasificación de material teórico
5. Producción de nuevos materiales
6. Simulación práctica
7. Exposición de los materiales para valoración grupal
8. Evaluación
9. Difusión de los resultados

De cada etapa se desarrollará, primero, una breve descripción sobre su desarrollo y características y, después, se propondrán una serie de servicios Web 2.0 para llevar a cabo sus tareas y lograr sus objetivos.

A.1.- Búsqueda de información en la web

Como primer paso se propone una búsqueda activa de información y una recopilación de toda aquella información relacionada, utilizando los buscadores específicos, académicos, condicionados o personalizados.

Herramientas

- Technorati (www.technorati.com)
- Google Scholar: (scholar.google.com)
- Google Co-op: (www.google.com/coop)
- Swicki: (www.swicki.com)
- Rollyo: (www.rollyo.com)
- Open Learn (www.openlearn.org)
- OER Commons (www.oercommons.org)
- Wikipedia (es.wikipedia.org)

- Clipmarks (clipmarks.com)
- ScienceHack (sciencehack.com)
- SearchCrystal (www.searchcrystal.com)

A.2.- Diálogo, análisis y reflexión compartida en clase

En esta fase se debe analizar toda la información recopilada, dentro de un proceso de reflexión compartida con el resto de alumnos. Se utilizarán plataformas colaborativas, otros servicios de tipo social o de alojamiento de ficheros y contenidos, así como herramientas de organización personal (calendarios y agendas) para ordenar y coordinar el desarrollo de las tareas, actividades y eventos del aprendizaje.

Herramientas

- Omnidrive (omnidrive.com)
- Zhube (www.zhube.com)
- Chinswing (www.chinswing.com)
- Netvibes (www.netvibes.com)
- Google Calendar (calendar.google.com)

A.3.- Investigación individual

Para continuar con el proceso interactivo de aprendizaje, el alumno realiza esa parte de trabajo personal y de desarrollo propio.

Para esta parte del estudio personal e individual, necesaria a pesar de la naturaleza colaborativa de nativos y herramientas 2.0, el alumno puede hacer uso de servicios de representación de conocimiento con intención de ordenar ideas y conceptos, de aplicaciones de ofimática a través de web para redactar los documentos relacionados con el estudio y complementarlo con otro tipo de herramientas multimedia.

Herramientas

- Google Docs & Spreadsheets (docs.google.com)
- MyOwnBD (www.myowndb.com)
- NovaMind (www.nova-mind.com)

A.4.- Selección y clasificación de material teórico

A partir de la información encontrada, se seleccionan aquellos contenidos de mayor interés o relación con el tema de estudio. Como en otras fases del proceso, el entorno colaborativo juega un papel importante. Con la utilización de herramientas tipo wiki los estudiantes interactúan y colaboran dinámicamente compartiendo ideas, proponiendo definiciones y líneas de trabajo. Fruto de su participación se crean glosarios, diccionarios, textos, manuales, repositorios, etc.

Herramientas

- Del.icio.us (del.icio.us)
- Stu.dicio.us (stu.dicio.us)

- OpenGroupware (www.opengroupware.org)
- Wiki (www.wikispaces.com)

A.5.- Producción de nuevos materiales

Con el objetivo de difundir el conocimiento, se producen una serie de materiales en formato multimedia (audio/video), formato con el que los nativos digitales se encuentran más cómodos.

- Grabación de secuencias de audio/video, y posterior distribución a través de la web.
- Información del profesor sobre un tema que los estudiantes podrían escuchar previamente a la clase presencial o como repaso. Además facilitan su memorización (estudiando mientras se pasea, por ejemplo).

Herramientas

- Flickr (flickr.com)
- Phixr (phixr.com)
- TeacherTube (www.teachertube.com)
- Edutube (denominación para los usos educativos de YouTube), Youtube Streams, Youtube Quick Capture
- podcast/videocast: mediante el pod/videocasting se crean archivos de sonido/video y se distribuyen mediante un archivo RSS de manera que permita suscribirse y usar un programa que lo descargue para que el usuario lo escuche en el momento que quiera.
- Odeo (odeo.com)

A.6.- Simulación práctica

Se recrean situaciones prácticas mediante elementos interactivos, simuladores y/o juegos. Es el laboratorio del aprendizaje.

Herramientas

- Juegos y simulaciones educativas, implicándose los estudiantes no sólo en el juego, sino también en el diseño de juegos.
- Vyew (www.vyew.com)
- Webquest: PHP Webquest (www.phpwebquest.org)

A.7.- Exposición de los materiales para valoración grupal

Una vez cerrados los trabajos la exposición de las conclusiones se podría hacer a través de una presentación de diapositivas, para su posterior valoración y debate grupal.

Herramientas

- Slideshare (www.slideshare.com)
- Weborama (es.weborama.com)

A.8.- Evaluación

La labor de evaluación, por parte del profesor, de los conocimientos del alumno deberá desarrollarse de forma continua y también al final del proceso de aprendizaje. Deberán basarse en sus contribuciones y creaciones en los servicios 2.0, tanto por su cantidad/calidad como por las valoraciones y puntuaciones de sus compañeros, que darán una idea clara del estado actual del conocimiento adquirido y de sus aptitudes.

Además, algunas de las características de estos servicios 2.0 facilitan esta labor de evaluación, como por ejemplo los wikis, que permiten revisar el historial de modificaciones, ayudando al profesor a evaluar y a calificar la evolución del alumno, los blogs que recopilan trabajos, reflexiones y esfuerzos, y los e-portafolios como herramientas eficaces de seguimiento.

Herramientas

Portafolio: registro o repositorio que recoge muestras del trabajo de los alumnos, dándonos una idea de sus esfuerzos, su progreso y sus logros. Es una herramienta eficaz de seguimiento.

- Portafolio electrónico (www.osportfolio.org)

A.9.- Difusión de los resultados

Como paso final se procede a una difusión de los resultados y del conocimiento, tanto para el entorno del aula, como para la comunidad educativa e Internet en general. Se crean espacios en los que mostrar, compartir y opinar sobre los resultados finales.

Herramientas

Una de las herramientas más útiles y versátiles para la difusión educativa son los blogs y su versión educativa, los edublogs, utilizados tanto por profesores como por alumnos. En realidad este tipo de herramienta está presente en todo el proceso, desde el principio, donde se abre un blog en el que el profesor inserta los materiales básicos y unos primeros contenidos de la materia, que supondrán un punto de partida, hasta el final, donde será utilizado para recoger conclusiones, principalmente las aportadas por los alumnos en su camino de exploración del conocimiento.

Los alumnos, a su vez, desarrollan sus blogs personales para llevar un diario del trabajo personal, con una selección de artículos propios, trabajos, investigaciones, contando sus esfuerzos y sus logros. Los alumnos también enviarán al blog del aula los comentarios, reflexiones y otras aportaciones que consideren oportunas (lugar de conversación). Aplicaciones de interés para este desarrollo podrían ser las siguientes:

- Wordpress (es.wordpress.com)
- Vox (www.vox.com)
- Inerit (www.inerit.com)

A.10.- Otras herramientas

Algunas de las herramientas nombradas anteriormente no tienen porque limitarse su uso a una única etapa. Aparecen detalladas en la fase donde su papel puede ser más importante, pero su actividad se puede prolongar durante parte o todo el proceso de aprendizaje. Otras herramientas de interés:

- Feeds, RSS/Atom: alumnos y profesores hacen uso de las posibilidades que brinda la sindicación de contenidos, recibiendo en todo momento, mediante su lector RSS personal, información de las novedades y las aportaciones relacionadas con el tema de estudio.
- Nuevas fórmulas de Moodle: Sloodle (Moodle+Second Life): proyecto para integrar Moodle con el mundo 3D virtual de Second Life. Moodle+Elgg: Conecta cursos de Moodle con Elgg.
- Comunicación: durante todo el proceso de aprendizaje profesor y alumnos deben contar con elementos que faciliten una comunicación fluida y continua: Skype (www.skype.com), Meebo (www.meebo.com), Campfire (www.campfirenow.com), mailemotion (www.mailemotion.tv), Gmail (www.gmail.com) Correo web.
- Mapas digitales y geolocalización: los mapas se integran con textos e imágenes siendo un espacio para organizar información, y desarrollándose interesantes posibilidades de visualización y de uso educativo: Google Maps (maps.google.com), Tagzania (www.tagzania.com), Panoramio (www.panoramio.com), Wayfaring (www.wayfaring.com).

VI. CONCLUSIONES

No hay necesidad de mantenerse ligados de una forma rígida a una plataforma educativa concreta, aislados de la evolución constante y permanente mejora de la web, aunque también es cierto que estas plataformas ofrecen una capacidad de estructuración y organización enorme.

Debe darse un proceso de adaptación de las plataformas de e-learning existentes para hacerlas más integradoras, adaptadas a esta nueva generación de alumnos formada por nativos digitales, con una forma de actuar y unas capacidades peculiares, aglutinando buena parte de los servicios Web 2.0 descritos anteriormente.

Por lo tanto, de la combinación de plataformas tipo LMS con módulos de servicios 2.0, gracias al uso de APIs públicas, se obtendría un resultado óptimo (en proceso de evolución y mejora constantes) como modelo de e-learning para nativos digitales.

Las líneas de actuación de futuro pasan por esta integración con herramientas seleccionadas de forma transparente y proporcionando recursos fáciles de encontrar, de entender y de utilizar. Además, es necesario que estas herramientas estén bien diseñadas y que se dispongan en un entorno lógico, intuitivo y accesible por el alumno. Así lograremos una mayor atención y rendimiento de los nativos digitales en lo referente a información, contenidos y tareas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Universidad del País Vasco y el Gobierno Vasco bajo los proyectos EHU06/86 y EJIE06/05, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6. Disponible en línea : <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>
- [2] Brown, J. S. (2000) Growing up Digital. How the Web Changes Work, Education and the Ways People Learn. *Change*, March/April. Disponible en línea: <http://www.aahe.org/change/digital.pdf>
- [3] Alejandro Piscitelli "Nativos e inmigrantes digitales: ¿brecha generacional, brecha cognitiva, o las dos juntas y más aún?" Revista mexicana de Investigación Educativa, enero-marzo, año/vol.11, n° 028
- [4] Bitácora de Aníbal de la Torre <http://www.adelat.org>
- [5] Oblinger, D. (eds.) (2005), *WEducating the Net generation*, Educase, e-Book.



Felipe García es Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad del País Vasco (1997). Trabaja como Técnico de Innovación de la Universidad del País Vasco habiendo sido anteriormente Técnico Analista de su Campus Virtual



Javier Portillo recibió su Licenciatura en Ingeniería de Telecomunicaciones en 1997 y su doctorado en Ingeniería en 2004, ambos de la Universidad del País Vasco. Trabaja como Profesor Asociado en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad del País Vasco. Aunque investigó acerca de Sistemas de Control Distribuidos en Tiempo Real para su doctorado, en la actualidad sus intereses de investigación incluyen PLEs y herramientas de autor para recursos para el aprendizaje.



Jesús Romo recibió su Licenciatura en Ingeniería Industrial en 1986 y su doctorado en Ingeniería en 1996. Trabaja como profesor asociado en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad del País Vasco. Es el director del Campus Virtual de la Universidad del País Vasco. Sus intereses de investigación incluyen la extensión de VLEs a través de la funcionalidad de mashups, y la mejora de la reutilización de objetos de aprendizaje.



Manuel Benito recibió su Licenciatura en Matemáticas en 1976 (Universidad del País Vasco) y en Psicología en 1984 (Universidad Nacional a Distancia de España), y su doctorado en 1993 (Universidad del País Vasco). Trabaja como profesor asociado en el Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación de la Universidad del País Vasco. Es el subdirector del Campus Virtual de la Universidad del País Vasco. Sus principales intereses de investigación se centran en la metodología de capacitación para maestros en las TIC, la metodología de investigación, evaluación educativa y la evaluación de aula.

Capítulo 12

Requerimientos de una Simulación en Entornos no Presenciales y Asíncronos: Implementación con Scilab y Matlab

J. Cuartero, A. Pérez-Navarro, E. Santamaría, J.A. Morán, R. Beneito, F. Giménez, L. Porta, M. Serra

Title—Simulation Requirements in Distance-Based Asynchronous environments: Implementation with Scilab and Matlab.

Abstract—Telecommunications studies at the Universitat Oberta de Catalunya (UOC) represent a new challenge because students must achieve all the competences within a 100% online, asynchronous environment. In this paper a constructivistic approach is discussed and it is proposed the use of computer simulations to manage achieving those competences. In order to do that, requirements of simulations in an UOC environment are shown in this paper. These requirements not only respond to technological and pedagogical points of view, but also to logistic needs due to the large number of students.

The second part of this paper focuses on the requirements that depend on technology and several experiments to implement them with Scilab and Matlab are shown. These experiments allow making clear the difficulties of achieving all those requirements at the same time and which are the key ones. This research makes us considering Matlab combined with Java the best solution. Finally, an implementation of the convolution simulation shows how to use this technology.

Keywords—Simulations, Virtual Labs, Distance-Based Education

Resumen—Los estudios de Telecomunicaciones en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) representan un nuevo reto ya que los estudiantes deben adquirir todas las competencias en un entorno asíncrono 100% en línea. En este artículo se presenta una aproximación constructivista y se propone el uso de simulaciones informáticas para conseguir alcanzar estas competencias. Por tanto, en el artículo se muestran los requerimientos de simulaciones en un entorno UOC. Estos requerimientos no responden únicamente a puntos de vista tecnológico y pedagógico, sino también a necesidades logísticas debido al gran número de estudiantes.

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO URSI 2007
 Todos los autores son Profesores de los estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC)
 e-mail: {jcuartero, aperezn, esantamaría, jmoranm, rbeneito, fgimenezp, lportasi, mserravi}@uoc.edu

La segunda parte del artículo se centra en los requerimientos que dependen de la tecnología y se muestran varios experimentos para implementarlos con Scilab y Matlab. Estos experimentos permiten clarificar las dificultades de conseguir todos los requerimientos al mismo tiempo y cuáles son los primordiales. Esta investigación nos lleva a considerar Matlab combinado con Java la mejor solución. Finalmente, una implementación de la simulación de la convolución muestra cómo usar esta tecnología.

Palabras clave— Simulaciones, Laboratorios Virtuales, Educación a Distancia

I. INTRODUCCIÓN

LA Universitat Oberta de Catalunya (UOC) es una universidad en la que se imparte enseñanza superior según un modelo totalmente no presencial y asíncrono. Para ello se utilizan las nuevas tecnologías como vehículo de comunicación: páginas web, correo electrónico, etc. todas ellas integradas en un campus virtual. Estas herramientas se complementan, habitualmente, con material escrito en soporte papel.

El curso 2005-2006 se puso en marcha en la UOC la titulación de Ingeniería Técnica en Telecomunicación, especialidad Telemática (ITTT). Esta titulación plantea un nuevo reto para la UOC que, desde un punto de vista tecnológico y pedagógico, se podría resumir en los siguientes puntos:

- Explicar matemáticas y física avanzadas en un entorno totalmente a distancia y asíncrono: a pesar de que en otras titulaciones de la UOC ya se explican matemáticas y física, en ITTT adquieren una especial relevancia y están presentes en el núcleo de buena parte de las asignaturas.
- Trasladar los laboratorios físicos al entorno virtual: se entiende aquí por laboratorios físicos aquéllos en los que se llevan a cabo experimentos con aparatos de los que un estudiante no puede disponer en casa.

En el presente artículo se mostrará cómo, desde este grupo de investigación, se está concretando la respuesta a estas nuevas necesidades. Para ello se mostrarán las diversas aproximaciones que se han llevado a cabo para satisfacer todos los requerimientos que impone un entorno no presencial y asíncrono como el de la UOC, que además tiene que dar servicio a un gran número de estudiantes. Se empezará estableciendo el sustrato pedagógico que lleva a la utilización de simulaciones. A continuación se verá qué requerimientos han de cumplir estas simulaciones y en el siguiente punto se mostrarán los diversos intentos de satisfacerlos mediante el uso de Scilab y Matlab. Finalmente, se muestra un ejemplo de la tecnología más satisfactoria mediante la implementación de una simulación de la convolución. Todo ello se analiza en las conclusiones.

II. ENTORNO PEDAGÓGICO

El presente trabajo se basa en la aproximación constructivista según la cual el aprendizaje es un proceso en el cual el estudiante construye activamente ideas basadas en conocimientos presentes y pasados. La UOC ha sido pionera en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje virtual en tanto que ha adoptado un modelo pedagógico en el que el estudiante asume una mayor responsabilidad en el proceso de aprendizaje. En este modelo, el estudiante adquiere los conocimientos a partir de poner en práctica los conceptos y el aprendizaje es fruto de un proceso de construcción conjunta entre profesores y estudiantes alrededor de un contenido concreto.

Para dar respuesta a los retos planteados hay que tener en cuenta que el estudiante dispone, principalmente, de las nuevas tecnologías con todos los recursos multimedia que eso implica hoy en día. Sin embargo, no hay que olvidar que estas herramientas pueden facilitar la adquisición de ciertas competencias [1].

Así, teniendo en cuenta el modelo de aprendizaje de la UOC y las herramientas de que dispone el estudiante, se llega a la conclusión que las simulaciones pueden ser la respuesta a los dos retos planteados. Con las simulaciones se pretende que el estudiante tenga un papel activo en su propio proceso de aprendizaje a través de la interacción [1]. Es importante plantear problemas reales a los estudiantes para que puedan adquirir un aprendizaje significativo [2], al mismo tiempo que aplican los conceptos teóricos aprendidos previamente. En estas simulaciones se observa cómo la funcionalidad está relacionada con el aprendizaje y el conocimiento que se adquiere puede ser utilizado en la praxis diaria.

III. REQUERIMIENTOS

Una vez establecido el marco pedagógico, es necesario definir los requerimientos que han de satisfacer las simulaciones que se desarrollen. A pesar de que el mercado dispone de multitud de entornos y desarrollos de simulaciones

científicas y tecnológicas, la mayoría están orientadas a estudiantes de bachillerato, ciclos formativos o a nivel empresarial y, en todos los casos, orientadas a una docencia híbrida presencial-no presencial [1], [3], [4], [5]. Como se verá a continuación, el entorno UOC impone unas restricciones propias.

Para definir los requerimientos es fundamental conocer el perfil de los estudiantes de la UOC. Los estudiantes de la UOC se caracterizan por: estar habituados al uso de las nuevas tecnologías; representan un amplio espectro, con necesidades y perfiles diferentes; un 70% está en la franja que va de los 25 a los 40 años; un 80% trabaja a tiempo completo o parcial; pueden vivir en cualquier parte del mundo.

Por todo ello, a la hora de diseñar un elemento de aprendizaje hay que tener en cuenta que:

1. Debe ser robusto, usable y con la última tecnología. Para ello se propone utilizar tecnologías estándar, ya que su uso ofrece robustez y permite incorporar las innovaciones de las propias tecnologías. En este sentido es especialmente importante que los cálculos los haga un software dedicado, como Scilab [6] o Matlab [7].
2. Debe permitir la interacción en tiempo real: es fundamental que el estudiante pueda interaccionar con la simulación dentro del enfoque constructivista en que se está trabajando. Para ello es necesario utilizar tecnologías que permitan interactuar al usuario.
3. Ha de ser fácil de distribuir: puede haber hasta 500 estudiantes en determinadas asignaturas y, además, éstos pueden estar en cualquier parte del mundo. Para ello se propone utilizar arquitectura cliente-servidor.
4. Debe ser multiplataforma: los estudiantes pueden utilizar el sistema operativo que prefieran. Si se utiliza arquitectura cliente-servidor, como se sugiere en el punto anterior, es importante que funcione con cualquier navegador, por lo que se propone que no se lleven a cabo desarrollos en el cliente.
5. Debe representar el menor coste posible de licencias: un coste excesivo convertiría el producto en inviable. Para ello se propone utilizar software libre o, al menos, gratuito.
6. Debe ser fácil para los profesores llevar a cabo desarrollos con él: los profesores de la UOC tienen que poder desarrollar fácilmente aquéllos recursos que consideren necesarios. Para ello se propone utilizar tecnologías a las cuales estén habituados los profesores.
7. Ha de ser asíncrono: los estudiantes están distribuidos por todo el mundo, por lo que no se puede pensar en una solución síncrona. Para ello es necesario que los desarrollos que se lleven a cabo sean autoexplicativos y no necesiten de la intervención del profesor.
8. Ha de ser muy eficiente: los estudiantes disponen de poco tiempo, por lo que necesitan aprovecharlo al máximo. Para ello es fundamental no sólo conocer a

fondo la materia, sino también las necesidades de los estudiantes y saber cuándo una simulación es un recurso de valor añadido.

9. Ha de ser multilingüe: la UOC imparte docencia tanto en castellano como en catalán, por lo que es fundamental que los desarrollos estén disponibles en ambas lenguas. Para ello se propone utilizar un sistema multilingüe que esté totalmente separado de los desarrollos y que permita llevar a cabo traducciones fácilmente. Esto permitiría, en un futuro, incorporar nuevos idiomas como el inglés.
10. Debe permitir monitorizar el uso que hacen los estudiantes de las aplicaciones: saber qué hacen los estudiantes con las aplicaciones permitirá mejorarlas pero, además, permitirá hacer estudios sobre el trabajo de los estudiantes que serán fundamentales en el nuevo entorno del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

El presente artículo se centra en los requerimientos 1 a 6, que son los que dependen directamente de la tecnología. Para satisfacerlos se han llevado a cabo diversas pruebas que han obligado a renunciar a unos u otros requerimientos. Estas pruebas han permitido, por un lado, conocer diversas tecnologías; y por el otro, saber qué requerimientos son más importantes y, por tanto, cuáles de ellos son irrenunciables. En el siguiente punto se mostrará este análisis.

IV. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

Para cumplir con estos ítems se han llevado a cabo diversas pruebas y desarrollos que se han ido descartando sucesivamente hasta llegar al punto actual. Estas pruebas giran en torno a dos elementos: Scilab y Matlab. A continuación se verá cada uno de ellos por separado.

A. Scilab

La primera opción planteada ha sido Scilab. Ésta es una herramienta de cálculo que incorpora multitud de elementos de matemáticas, ciencia e ingeniería. Las principales ventajas de esta herramienta son:

- Está orientado a cálculos matemáticos, científicos y tecnológicos, por lo que no es necesario desarrollar la parte matemática. Además, hay una importante comunidad detrás que hace que aumente, día a día, el número de desarrollos. (Requerimiento 1)
- La interfaz gráfica permite llevar a cabo simulaciones interactivas. (Requerimiento 2)
- Funciona con Linux, Windows y MacOS por lo que, aunque las versiones para los tres sistemas operativos no tienen por qué salir al mismo tiempo, se puede considerar multiplataforma. (Requerimiento 4)
- Es software libre y gratuito. Por tanto puede distribuirse sin ningún coste de licencias entre los estudiantes. (Requerimiento 5)

- Utiliza un lenguaje muy similar a Matlab e, incluso, dispone de una herramienta de exportación/importación de Matlab. Esto facilita el desarrollo de simulaciones por parte de docentes y profesionales ya que, en general, están habituados a su uso. (Requerimiento 6)

Por todo ello Scilab es una tecnología con la que es posible satisfacer todos los requerimientos salvo el 3. Sin embargo, la arquitectura cliente-servidor es irrenunciable por la propia estructura de funcionamiento de la UOC y las características de los estudiantes. Pero dado que Scilab satisface un buen número de los requerimientos buscados, se han probado dos soluciones cliente-servidor que funcionan sobre él:

- **Scilab+XMLLab:** XMLLab es una herramienta que permite integrar Scilab en la parte de cliente con la ayuda de un navegador cualquiera y sin la necesidad de tener instalado Scilab o XMLLab. El protocolo de intercambio entre el cliente y el servidor se basa en el intercambio de ficheros XML que posteriormente se transforman en ficheros ejecutables de Scilab. El problema de esta opción es que sólo permite obtener los resultados finales de las simulaciones y no permite interactuar con ellas, con lo que se viola el requerimiento de interactividad 2. Dado que este requerimiento juega un papel pedagógico fundamental, no es posible renunciar a él y por lo tanto se desestima esta opción.

- **Scilab+JavaApplet:** Mediante un Applet de Java es posible desarrollar elementos interactivos. A pesar de estar en el servidor, son desarrollos tipo que se descargan automáticamente sin intervención del usuario. Sin embargo, aunque la mayoría de navegadores disponen de *plug-in* que permiten visualizar Java, obliga a instalar algo en el cliente. Dado que esto puede ocasionar problemas, se considera que no satisface completamente el Requerimiento 4, aunque es una violación menor y asumible. Se propone por tanto una solución según la cual Scilab está en el servidor y lleva a cabo los cálculos y las simulaciones; y un *Applet* de Java aporta la interfaz de usuario. El problema de esta opción es que, en el momento de llevar a cabo el estudio, la integración entre el mundo Scilab y el mundo Java está aún en un proceso de cambio ya que se espera que en un futuro la parte GUI de Scilab se reprogramme en Java. Se estaría violando, por tanto, el Requerimiento 1 desde el punto de vista de utilizar soluciones estándar.

De este estudio se concluye que los requerimientos irrenunciables son: el de interactividad (2), el de arquitectura (3) y el requerimiento (1) desde el punto de vista de soluciones estándar. Por todo ello se opta por desestimar la opción de Scilab.

Hasta el momento la opción que satisfacía más requerimientos era la combinación Scilab+JavaApplet. Sin

embargo, dado que el Requerimiento 1 es irrenunciable por la calidad de los cálculos llevados a cabo por herramientas dedicadas, se decide renunciar al Requerimiento 5 y renunciar al software libre en beneficio del resto de requerimientos. Éste es el único requerimiento que no tiene un impacto directo en los estudiantes. Así, teniendo en cuenta todos estos elementos, se decide trabajar con Matlab cuyas últimas versiones ofrecen soluciones que permiten una arquitectura cliente-servidor.

B. Matlab

Matlab es una de las más prestigiosas herramientas de cálculo matemático y científico. Por este motivo se decide delegar la parte de cálculo en este software. El hecho de que esté extendido entre los profesores facilita la incorporación de nuevos desarrollos llevados a cabo por los mismos.

En su última versión, la r2007a, Matlab dispone de herramientas para convertir los programas desarrollados en su propio lenguaje a clases Java que proporcionan métodos de acceso a todas las funcionalidades que se han implementado. Con ello se consigue acceder desde un cliente con una máquina virtual de Java y un explorador de Internet a toda la potencia de cálculo disponible en un servidor Matlab. Así, la opción Matlab+Java ofrece las siguientes ventajas:

- Es un sistema capaz de llevar a cabo cálculos complejos. (Requerimiento 1)
- Ofrece herramientas interactivas a los usuarios. (Requerimiento 2)
- Trabaja con tecnología cliente-servidor. (Requerimiento 3)
- No necesita ejecutar nada en el cliente y por tanto es, indirectamente, multiplataforma. (Requerimiento 4)
- Está muy extendido (Matlab) entre los docentes y profesionales, lo que facilita el desarrollo de simulaciones. (Requerimiento 6)

Es decir, sólo violaría el requerimiento 5, en cuanto al software libre y gratuito.

Aún así, satisfacer todos los requerimientos no es inmediato y se desestimaron varias opciones:

- **Matlab+Java:** se implementa el cliente con una página HTML con una serie de botones y opciones para interactuar con el resultado de Matlab, que suministra un servidor Java. Este sistema, sin embargo, presenta los mismos problemas que Scilab+XMLLab, es decir, suministra sólo los resultados en forma de imagen, lo que hace inviable la interacción en tiempo real. (Requerimiento 2)
- **Matlab+Java+RMI:** para superar la situación, se implementa el cliente en Java con acceso al servidor mediante el método de invocación remota, *Remote Method Invocation* (RMI). Esta arquitectura permite, por un lado, disponer de una tecnología cliente-servidor sin

instalación en la parte del cliente; y por otro, da toda la fiabilidad de cálculo de Matlab gracias a que es el servidor Matlab quien lleva a cabo las operaciones. El problema de esta opción es la lentitud de interacción con los gráficos generados desde el servidor Matlab. Esta lentitud tampoco es aceptable y, por tanto, se viola también el requerimiento 2 de interactividad.

- **Matlab+Java+Java Applets-Servlets:** se desarrolla un *Applet* en el cliente para satisfacer la interactividad, de la misma forma en que ya se había decidido para Scilab. Ésta es la solución disponible actualmente y se explica en detalle en el apartado siguiente.

C. Matlab+Java+Java Applets-Servlets

Con esta implementación se dispone de un servidor Matlab robusto y fiable y un cliente sin instalación con acceso al servidor mediante Java. La parte de comunicación se implementa mediante *Applets* en la parte del cliente y *Servlets* en el servidor. Ésta es la opción a la que se había llegado con Scilab, pero esta vez Matlab se encargaría de la parte de cálculo.

La Fig. 1 muestra un esquema del funcionamiento de esta versión. Como servidor web se utiliza Apache Tomcat, que además actúa como contenedor de *Servlets*. Los *Applets* se comunican con el servidor mediante peticiones HTTP que reciben como respuesta objetos serializados de Java que contienen los cálculos efectuados por el servidor Matlab. Estos *Applets*, además, proporcionan un área donde mostrar gráficamente los resultados recibidos mediante programación en Java.

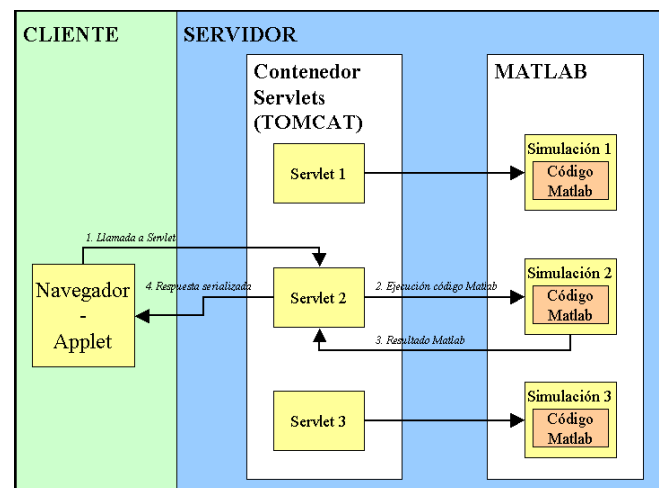


Fig. 1. Funcionamiento Applet-Servlet-Matlab

En la Fig. 2 se muestra un ejemplo de simulación, la convolución. Aunque en Internet se encuentran muchos ejemplos [8], éste se lleva a cabo con los requerimientos aquí expuestos. La simulación permite introducir los datos de

cualquier función e incluso definir una función a trozos. El enlace “Convolución” envía la petición al servidor, que devuelve todos los cálculos generados por Matlab. El *Applet* de Java interpreta y representa esos datos y, a partir de ese momento, ya no es necesario hacer más peticiones al servidor. La barra lateral permite interaccionar con la aplicación y desplazar una función sobre la otra. En la figura se muestra, en la parte de la izquierda, cada función por separado; y en la parte de la derecha, las funciones representadas sobre los mismos ejes, el producto de ambas funciones y el resultado de la convolución. En la parte superior derecha se permite cambiar el idioma de la simulación.



Fig. 2. Aspecto de la simulación de la convolución

D. Resumen

En la Tabla I se muestra un resumen de los requerimientos que cumplen las diversas tecnologías probadas. En las filas se indica la tecnología y en las columnas el requerimiento. El signo “+” indica que el requerimiento se cumple, el signo “-” que se cumple pero con restricciones, y una celda en blanco indica que aquella tecnología no lo cumple.

TABLA I
TABLA RESUMEN DE SATISFACCIÓN DE REQUERIMIENTOS

	1	2	3	4	5	6
SCILAB	+	+		-	+	+
SCILAB+XMLLAB	+		+	+	+	+
SCILAB+JAVA		+	+	-	+	-
JAVA+JAVA APPLET		+	+	-	+	
MATLAB+JAVA	+	-	+	-	+	-
MATLAB+JAVA+RMI	+	-	+	-	+	-
MATLAB+JAVA+APPLET-SERVLET	+	+	+	-	+	-

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha planteado el problema de enseñar materias relacionadas con matemáticas, ciencia y tecnología en un entorno no presencial y asíncrono como el de la UOC. Con un enfoque pedagógico constructivista se ha propuesto el desarrollo de simulaciones como una posible vía para satisfacer los retos que estas materias plantean. A continuación, se han expuesto los requerimientos que deberían cumplir esas simulaciones y se han llevado a cabo diversas aproximaciones para satisfacerlos basadas en Scilab y en Matlab. Aún así, no ha sido posible encontrar ninguna solución totalmente satisfactoria.

De todo ello se puede concluir que:

- No hay tecnologías actualmente que, de forma nativa, respondan a las necesidades de entornos no presenciales y asíncronos como el de la UOC, con un elevado número de estudiantes.
- Los requerimientos clave, desde un punto de vista tecnológico, para desarrollar simulaciones para estudiantes en entornos no presenciales y asíncronos son: que sea multiplataforma; que permita la interacción de los estudiantes; y que sea robusto, usable y de última tecnología.
- Matlab con un *Servlet* y un *Applet* de Java es la solución que, actualmente, satisface el mayor número de requerimientos.

En este momento la tecnología a utilizar ya está consolidada y definida y el paso siguiente es desarrollar los objetos de aprendizaje que aporten valor añadido a las simulaciones, es decir, entrar de lleno en los requerimientos que en el presente artículo se han dejado de lado: requerimientos 7 y 8. Estos desarrollos se llevarán a cabo con tecnologías *web* estándar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Ramón Martínez su inestimable ayuda en el desarrollo del presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] C. Aldrich, *Learning by doing*, Pfeiffer, San Francisco, USA, 2005.
- [2] D. P. Ausubel, J. D. Novak, H. Hanesian, *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*, Trillas, México, 1983
- [3] Educamedia Sciences, <http://www.edumedia-sciences.com> (Marzo 2007)
- [4] Thinking Worlds, <http://www.thinkingworlds.com> (Marzo 2007)
- [5] EasyProf, <http://www.easyprof.com> (Marzo 2007)
- [6] Scilab, <http://www.scilab.org> (Marzo 2007)
- [7] MathWorks, <http://www.mathworks.com> (Marzo 2007)
- [8] <http://www.jhu.edu/signals/convolve> (Marzo 2007)



Josep Cuartero Olivera. Mataró, 1973. Licenciado en Informática en 2006 por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Actualmente realiza el Doctorado en la Sociedad de la Información y el Conocimiento en la UOC.

Ha trabajado durante varios años como Analista Programador en el campo de la informática empresarial. Al mismo tiempo realizó trabajos como Ayudante de Investigación para la UOC, así como de Consultor de Estudios de informática teórica en la misma universidad. En la actualidad es Profesor de

los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la UOC, principalmente en el área de Comunicaciones Móviles, así como Responsable de Laboratorios Virtuales. Sus publicaciones se enfocan al e-Learning, campo en el que centra su actividad investigadora, concretamente en mejoras aplicadas a los sistemas de enseñanza a distancia.



Antoni Pérez-Navarro. Sabadell, 1972. Doctor en Física desde 2000 por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

Actualmente ejerce como Profesor Agregado en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) y como Profesor Ayudante en la Escuela Universitaria Salesiana de Sarriá. Anteriormente ha trabajado varios años como Jefe de Proyectos en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Geomovilidad. Compaginó esta tarea con la consultoría en la UOC y con la traducción y revisión

de textos científicos y tecnológicos para la editorial Planeta Actimedia. A esta experiencia se suman los años de Profesor e Investigador en los ámbitos del electromagnetismo, el estado sólido y la visión por computador en la UAB. Actualmente sus ámbitos de investigación se centran en los SIG y en las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza de las ciencias y las matemáticas.

Pertenece a la red internacional JEM, focalizada en la utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas, así como a la red de ámbito regional REMIC, centrada en la educación matemática y científica.



Eugenia Santamaría Pérez. Burgos, 1960. Doctora Ingeniero de Telecomunicación en 1987 por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Ha sido Profesora Titular de Universidad de la UPC y Catedrática de la Universitat Ramon Llull (URL). Actualmente es Profesora Agregada y Directora del Programa de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Sus áreas de docencia e investigación se han centrado durante varios años en las aplicaciones del procesamiento de señal en

comunicaciones y en procesamiento de imagen. En la actualidad su actividad investigadora se enfoca hacia el diseño de laboratorios en entornos de aprendizaje virtuales.



José Antonio Morán Moreno (SM'06). Santa Coloma de Gramanet, 1973. Diplomado en Ingeniería Técnica de Telecomunicación en 1994 y Licenciado en Ingeniería Superior en Electrónica en 1996 en Ingeniería La Salle (Universidad Ramon Llull). Doctor en Ingeniería Electrónica en el año 2002 en Ingeniería La Salle (Universidad Ramon Llull). Máster en Tratamiento de la Señal y la Información en 1998 y Máster en Project Management en 2001.

Becario FPI para formación de investigadores en 1997, siguió su carrera universitaria como Profesor Titular en Ingeniería y Arquitectura La Salle y se acreditó como Profesor Agregado por la AQU. Combinó esta actividad con tareas de Consultor en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Actualmente es Profesor Agregado en los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la UOC en el área de Tratamiento Digital de la Señal y la Información. Ha sido miembro de varios proyectos de investigación y desarrollo tecnológico y participado activamente en la organización de diversas actividades de R+D. Ha realizado investigación en tratamiento digital de la señal y procesamiento multimodal en comunicaciones e

interfaces interactivas. Actualmente investiga en el desarrollo de plataformas multimedia interactivas de aprendizaje.



Roser Beneito Montagut. Bocairent, 1972. Máster en Aplicaciones Multimedia en 2003 en la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Doctora en Bellas Artes en 2005 por la Universidad Miguel Hernández (UMH, Elche).

Ha trabajado como Profesora de Bellas Artes en la UMH. Actualmente es Profesora de Multimedia, grado y postgrado de la UOC, así como Directora Académica del área de Postgrado de Informática, Multimedia y Telecomunicación. Ha formado parte de diversos grupos de investigación. Actualmente su

investigación se centra en el diseño de plataformas interactivas de aprendizaje.



Ferran Giménez Prado. Barcelona, 1956. Licenciado en Filosofía y Ciencias de la Educación por la Universidad de Barcelona en 1988. Máster en *Multimedia and Instructional Design* en la San Francisco State University (USA).

Ha trabajado en enseñanza a varios niveles, desde educación para adultos hasta educación universitaria. Actualmente es Profesor de los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la Universitat Oberta de Catalunya y Director del Programa de Grado en Multimedia en la misma

universidad. También es director de la revista electrónica Mosaic (www.uoc.edu/mosaic). Ha participado y coordinado diversos proyectos europeos (Socrates, E-Ten). Ha sido investigador sobre aprendizaje cooperativo en entornos virtuales *on-line*. En la actualidad su investigación se centra en diseño de plataformas multimedia de aprendizaje.



Laura Porta Simó. Torà, 1977. Licenciada en Pedagogía en 1999 por la Universidad Ramon Llull (URL) y Máster Internacional en e-Learning en 2007 por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Actualmente realiza la tesis doctoral sobre el análisis didáctico de recursos multimedia para la enseñanza y aprendizaje del Multimedia en entornos virtuales dentro del programa de Doctorado en la Sociedad de la Información y el Conocimiento de la UOC.

Es Profesora de los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la UOC, concretamente del grado y postgrado en Multimedia. Su investigación académica abarca las disciplinas del e-Learning y la multimedia. Ha publicado varios artículos sobre el uso didáctico del Multimedia en plataformas virtuales de aprendizaje, área en la que centra su actividad investigadora en la actualidad.



Montse Serra Vizern. Barcelona, 1970. Ingeniera en Informática en 1995 por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Máster en Combinatoria y Comunicación Digital por la UAB. Máster en Seguridad Informática por la UPC. Actualmente realiza la tesis en Tecnología, Ciencia y Sociedad de la Información (colaboración UOC – UAB).

Ha trabajado durante varios años como Operador, Programador y Analista en diferentes entidades, así como Asesor Técnico en el campo de las telecomunicaciones. Paralelamente, ha compaginado su vida laboral con la docencia como Profesora dentro de la Ingeniería en Informática de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). También ha ejercido como Tutora en la UOC dentro de las titulaciones homologadas de ITIS e ITIG. Actualmente es Profesora de los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la UOC, principalmente en el área de Fundamentos y Arquitecturas de Computadores y en el Máster en Seguridad. Sus publicaciones y área de investigación se enfocan principalmente en el e-Learning, la repercusión social de las nuevas tecnologías y la ética social/profesional implícita en dicho ámbito.

Capítulo 13

Oscilador de microondas por generación de armónicos para facilitar el aprendizaje de circuitos de alta frecuencia

José Luis Gómez Tornero, *Member, IEEE*, Mónica Moragón Serrano, David Cañete Rebenaque, *Member, IEEE*, Fernando Quesada Pereira, *Member, IEEE*, Alejandro Álvarez Melcón, *Member, IEEE*

Title—Microwave Oscillator using Harmonic Generation to Assist in High-Frequency Circuit Education.

Abstract—A microwave oscillator operating at 1296MHz is designed, constructed and measured. This circuit presents high educational interest to assist in the learning/teaching of high-frequency electronics, subsystems and systems. This is due to the fact that this oscillator is based on several basic high-frequency subsystems which are cascaded. The student must understand many essential concepts about microwave circuits to design each circuit, making use of the appropriate CAD software. Each subsystem is fabricated and measured independently, and finally the whole oscillator is constructed to experimentally check the theory. This activity is part of a bigger project for the development of a microwave Radiotelescope at the Technical University of Cartagena (UPCT).

Keywords—Electrical engineering education, Electromagnetic engineering education, Systems engineering education, Microwave oscillators, Printed circuit layout.

Resumen—Se presenta el diseño, fabricación y medidas de un oscilador de microondas a 1296MHz, como una herramienta para facilitar el proceso de aprendizaje y enseñanza sobre circuitos y sistemas de alta frecuencia. El interés educativo se debe a que este oscilador se puede tratar como un sistema formado por varios subsistemas básicos de alta frecuencia, que son conectados en cascada. El alumno debe asimilar muchos y variados conceptos fundamentales sobre circuitos de microondas para diseñar cada subsistema, así como seleccionar el software de diseño más apropiado. Cada circuito es fabricado y medido independientemente, para finalizar con la construcción del oscilador total, comprobando los conceptos teóricos estudiados. Esta actividad forma parte de un proyecto mayor, consistente en el desarrollo de un Radiotelescopio en la UPCT.

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO URSI 2007

Los autores de este artículo pertenecen al Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena 30202, España, teléfono: +34 968326531; fax: +34 968325973; e-mails: josel.gomez@upct.es, monica.moragon@gmail.com, david.canete@upct.es, fernando.quesada@upct.es, alejandro.alvarez@upct.es.

Palabras clave— Enseñanza de Ingeniería Electrónica, Enseñanza de Electromagnetismo, Enseñanza de Ingeniería de Sistemas, Osciladores de microondas, Placas de circuitos impresos.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza superior universitaria se encuentra en un proceso de reforma que debe converger al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [1], en el que uno de los objetivos académicos es la calidad de la enseñanza universitaria basada en el *aprendizaje constructivo* y en el desarrollo de *competencias profesionales* (como se describe en el Proyecto Tuning [2]). En este artículo se muestra una iniciativa educativa dirigida en este sentido, y dentro del ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación, y en concreto en la docencia sobre Circuitos de Alta Frecuencia [3-6]. La iniciativa consiste en el diseño, fabricación y medida de un oscilador a 1296MHz basado en el diseño presentado en [7-8], y que formará parte de un Radiotelescopio para detectar señales a 1420MHz procedentes del hidrógeno atómico de nuestra Galaxia [8-10], y que previsiblemente se ubicará en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) [11].

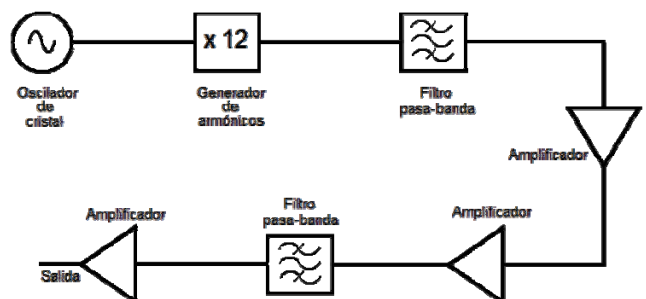


Fig. 1. Esquema de subsistemas que forman el oscilador de microondas.

La Fig.1 muestra el esquema básico del oscilador, que está formado por varios subsistemas conectados en cascada. El valor docente de este circuito de microondas reside en la sencillez de su funcionamiento, que puede describirse de forma muy ilustrativa y secuencial, permitiendo que el estudiante asimile muchos y variados conceptos generales sobre Ingeniería de Circuitos de Microondas. A continuación se describe la función y el diseño de cada subcircuito, haciendo hincapié en los conocimientos y habilidades que son desarrollados en cada ejemplo.

II. DISEÑO DEL OSCILADOR DE MICROONDAS

A. XTAL 108MHz

El primer subsistema es un oscilador de cristal de cuarzo (XTAL) de FM, sintonizado a 108MHz. El esquema eléctrico del oscilador XTAL se muestra en la Fig.2-a. Se basa en una configuración clásica de Buttlar con seguidor de emisor, en la que la red de realimentación utiliza un cristal de cuarzo para obtener mayor estabilidad [3-4,7].

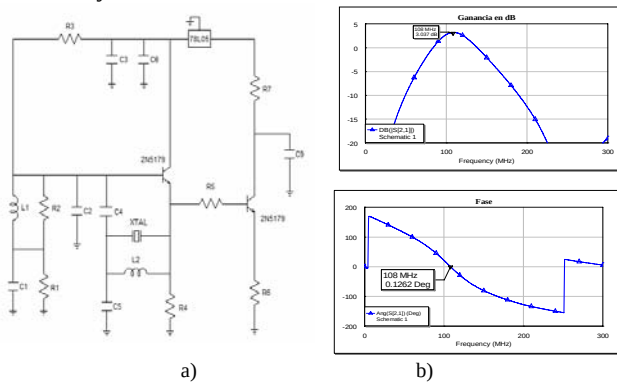


Fig. 2. a) Esquema del XTAL b) Comprobación de condición de arranque de la oscilación en dominio de la frecuencia (MWO).

Sin duda alguna, los osciladores representan uno de los subsistemas más ricos y complejos, llenos de conceptos básicos que asimilar por parte del estudiante. Así, la Fig.2-b muestra la simulación con *Microwave Office* (MWO [12]) de la *ganancia en bucle abierto* del XTAL (módulo y fase), la cual permite reconocer si se cumple o no la *condición de arranque de la oscilación* (criterio de Barkhausen [3]). En concreto, la Fig.2-b muestra que esta condición se cumple a la frecuencia deseada de 108MHz, presentando una fase de cero grados y un módulo mayor de 0dBs. El estudiante puede modificar los valores de los componentes del oscilador (R,L,C) para comprobar cómo se puede ajustar la frecuencia a la que arranca la oscilación, distinguiendo la funciones de la *red reactiva* y de la *red activa* del oscilador. Así, la Fig. 3-a muestra cómo la frecuencia a la que se da la condición de resonancia (fase nula de la ganancia en bucle abierto) se puede controlar variando la *red reactiva* del oscilador (en concreto se muestra el ajuste al variar una inductancia de la red reactiva), mientras que la Fig. 3-b muestra cómo se puede controlar el módulo de la ganancia cambiando una resistencia de polarización de la *red activa*.

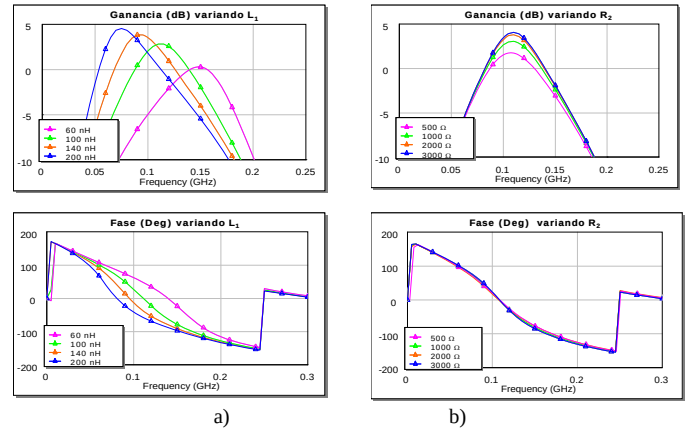


Fig. 3. Control de ganancia de bucle del oscilador a) Control de la fase con la red reactiva b) Control de la respuesta en módulo con la red activa.

Una vez comprobada con MWO y en el *dominio de la frecuencia* la condición del arranque de la oscilación, el siguiente paso se muestra en la Fig.4. Usando un simulador de circuitos basado en el *dominio del tiempo*, como PSPICE [13], se puede analizar la evolución temporal del *transitorio de arranque y de la estabilización de la oscilación generada*. Esta simulación ayuda a transmitir muchos conceptos fundamentales. Como se muestra en la parte alta de la Fig.4, una oscilación es generada a partir del ruido térmico, pudiendo distinguirse un proceso transitorio de arranque o generación de la señal (gráfica inferior izquierda de la Fig.4), y una posterior estabilización de dicha señal (que debe saturarse para dejar de crecer indefinidamente, como muestra la gráfica inferior dcha. de Fig.4).

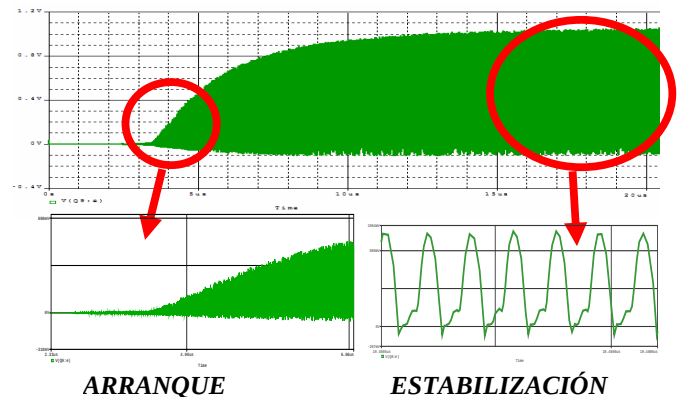


Fig. 4. Simulación en el dominio del tiempo (PSPICE): arranque y estabilización por saturación de la oscilación del XTAL a 108MHz.

El alumno puede con este ejemplo comprender que la generación de cualquier oscilación estable lleva implícito un *proceso de saturación no lineal*, por el cual la señal debe dejar de crecer, tal y como se ha mostrado en el análisis temporal de la Fig.4. Por ello la señal generada por cualquier oscilador no es un tono puro, sino que tiene componentes espectrales (armónicos), tal y como se muestra en la Fig.5, correspondiente al espectro de la señal del XTAL de 108MHz (una vez se ha estabilizado la oscilación).

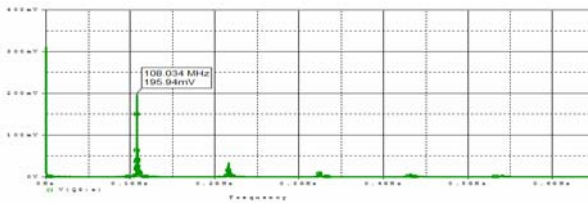


Fig. 5. Espectro simulado de la señal del XTAL a 108MHz (PSPICE).

Además de asimilar todos estos conocimientos genéricos sobre osciladores, el estudiante está desarrollando *habilidades prácticas* para utilizar los diferentes paquetes “software” de simulación de circuitos (MWO, PSPICE), escogiendo cada uno de manera adecuada según si lo que interesa es estudiar el arranque de la oscilación o la saturación, y siendo capaz de combinar y distinguir la información en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.

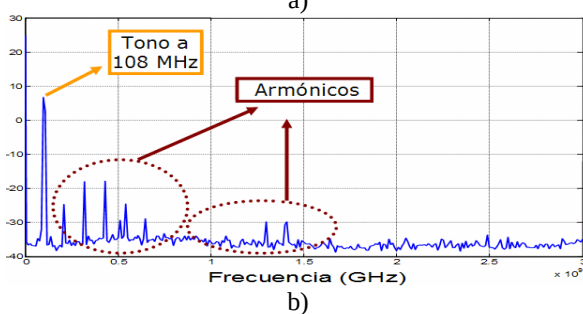
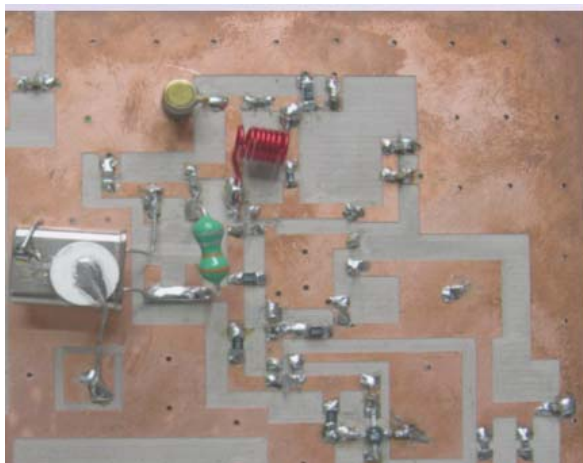


Fig. 6. a) Oscilador XTAL fabricado b) Medida del espectro a su salida.

Por último, el oscilador de cristal es fabricado en tecnología impresa, tal y como muestra la Fig. 6-a. El alumno puede modificar el valor de un par de componentes de la red reactiva (un condensador de tipo “trimmer” ajustable con un destornillador y una bobina de la cual se puede variar el número de vueltas de la espira), de forma que puede observar cómo varía señal a la salida de la placa, haciendo uso de un analizador de espectros Agilent N9302A. En la Fig. 6-b se muestra el espectro medido a la salida del oscilador, una vez ajustados los componentes para oscilar a 108MHz, pudiendo observar el tono deseado, así como la aparición de armónicos debido a la naturaleza no lineal del oscilador.

B. Generador de Armónicos

El siguiente bloque del oscilador de microondas es un subsistema generador de armónicos, cuyo esquema eléctrico se muestra en la Fig.7. Este subsistema recibe la señal generada por el XTAL, a la cual le aplica un filtrado paso banda centrado en 108MHz (para eliminar los armónicos mostrados en la Figs. 5 y 6, que provocan productos de intermodulación indeseados), y por último se encarga de generar armónicos de 108MHz mediante un circuito rectificador de media onda implementado con un diodo Schottky HSMS28000 [7].

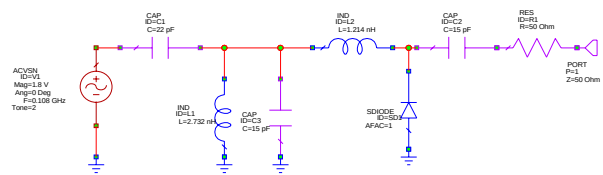


Fig. 7. Esquema del Generador de Armónicos (MWO).

El filtro paso banda centrado a 108MHz se realiza con componentes discretos (bobinas y condensadores). El alumno debe desarrollar la habilidad de *síntesis de filtros discretos*, y comprobar que obtiene la respuesta de parámetros S deseada, que se muestra en la Fig.8 (simulación con MWO). Asimismo deberá comprobar la capacidad de ajuste o sintonía variando los valores de dichos componentes.

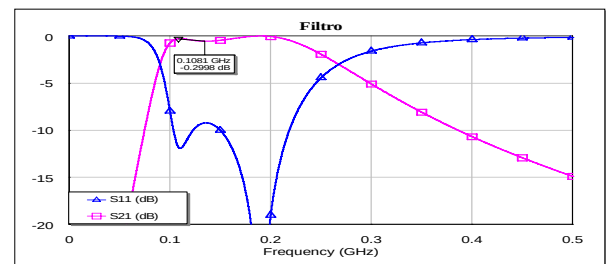


Fig. 8. Parámetros S simulados del filtro paso banda a 108MHz (MWO).

Por último, se muestra en la Fig.9-a el espectro que debe obtener el estudiante a la salida del diodo Schottky, comprobando la generación de armónicos. En concreto, el armónico de orden 12 se corresponde con la frecuencia que queremos obtener ($108\text{MHz} \times 12 = 1296\text{MHz}$). El resultado mostrado en la Fig.9-a se ha obtenido con MWO, mediante el método de *balance de armónicos en el dominio de la frecuencia*. El método de balance de armónicos es ampliamente utilizado en la industria de alta frecuencia [3] a la hora de realizar simulaciones de circuitos no lineales, como es el caso del rectificador de media onda basado en diodo Schottky propuesto en este oscilador. Asimismo, la Fig.9-b muestra la forma de onda simulada con PSPICE en el *dominio del tiempo*, tanto a la entrada (línea roja) como a la salida (línea verde) del generador de armónicos. El alumno puede observar cómo el tono de entrada es deformado, y debe ser capaz de relacionar esta rectificación en el dominio del tiempo con la generación de armónicos en el dominio de la frecuencia.

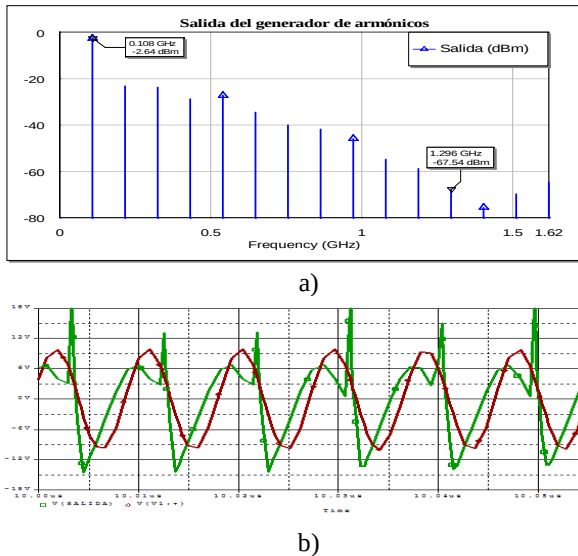


Fig. 9. Simulación de señal a la salida del generador de armónicos
a) Espectro (MWO) b) Forma de la onda en el tiempo (PSPICE)

C. Filtros “Hairpin” 1296MHz

El tercer subsistema básico del oscilador de microondas lo constituyen los filtros paso banda de microondas sintonizados a 1296MHz, que deben seleccionar el armónico 12 y rechazar el resto de armónicos generados por el subsistema anterior (generador de armónicos) con el fin de obtener un espectro “limpio” a la salida del oscilador. Las especificaciones del filtro escogido son las siguientes: frecuencia central 1.296GHz, ancho de banda a 3dB de 30MHz (1.281GHz-1.311GHz), rechazo de 20dB a 1.27GHz y 1.32GHz. Estas necesidades se traducen en un filtro de orden 3 para una respuesta de tipo Chebyshev [6].

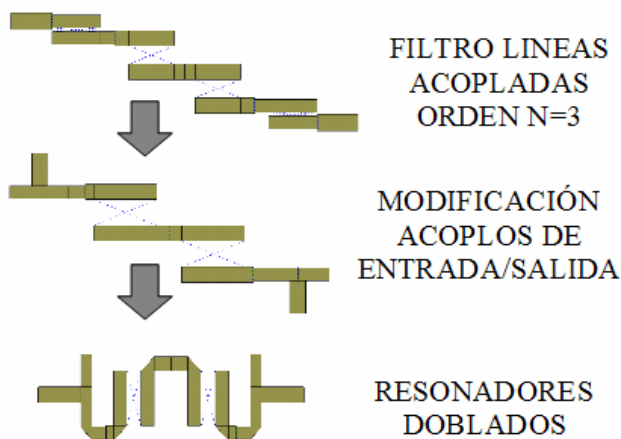


Fig. 10. Proceso para pasar de un filtro paso banda con líneas impresas acopladas a su equivalente en topología “hairpin”

Con este circuito, el alumno puede asimilar el *proceso de diseño de filtros de microondas con líneas de transmisión*, que son uno de los subsistemas más comunes en Telecomunicaciones a alta frecuencia. En concreto se ha elegido *tecnología impresa “microstrip”* [3-5] para la realización de todo el circuito oscilador, usando sustrato para

microondas de tipo *Duroid 6006T* ($\epsilon_r=6.15$, $H=1.27mm$, $\tan\delta=0.0027$). El filtro se sintetizará usando una topología de tipo “hairpin”, la cual permite reducir el tamaño del mismo respecto de la topología con líneas acopladas convencionales [6]. Para ello, el alumno debe entender el proceso para pasar de un filtro de orden 3 con líneas acopladas convencionales, a su equivalente en configuración “hairpin”. Este proceso se muestra en la Fig.10, donde se ilustran los pasos para doblar los resonadores y modificar los acoplos.

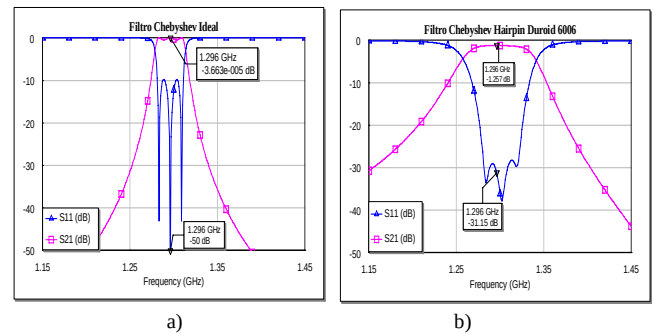


Fig. 11. Parámetros S simulados del filtro paso banda a 1.29GHz (MWO)
a) Diseño con líneas acopladas ideales b) Diseño “hairpin” real

Una vez diseñado el filtro con *líneas de transmisión acopladas ideales*, el alumno puede obtener la respuesta en MWO, tal y como se muestra en la Fig.11-a. Después se diseña con MWO el filtro en *topología “hairpin”* (teniendo en cuenta las líneas dobladas y los acoplos de entrada y salida de tipo “tapered”, [6]), y usando *líneas reales en sustrato Duroid 6006T*. El estudiante deberá corregir el efecto de las líneas reales (pérdidas y discontinuidades), optimizando las dimensiones de estas líneas reales para obtener una respuesta lo más cercana a la ideal. La Fig.11-b muestra el resultado obtenido tras la optimización. El estudiante debe observar que las líneas reales hacen que aumenten las pérdidas de inserción (S_{21} pasa de 0dB a -1.2dB), disminuye la adaptación (S_{11} pasa de -60dB a -25dB) y aumenta el ancho de banda a 3dB (de 30MHz a 90MHz) respecto del caso ideal, tal y como se puede ver en la Fig.11.

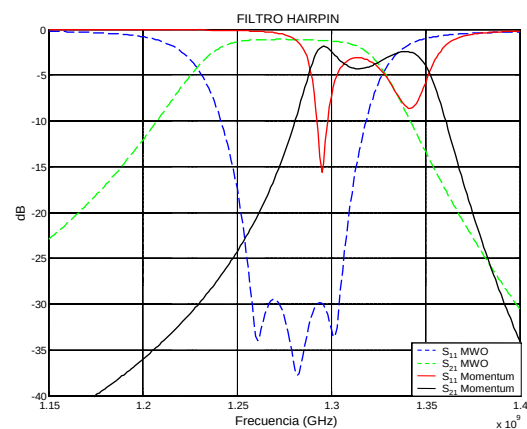


Fig. 12. Comparación de la respuesta del filtro “hairpin” mediante simulación circuital (MWO) y simulación electromagnética (ADS-Momentum)

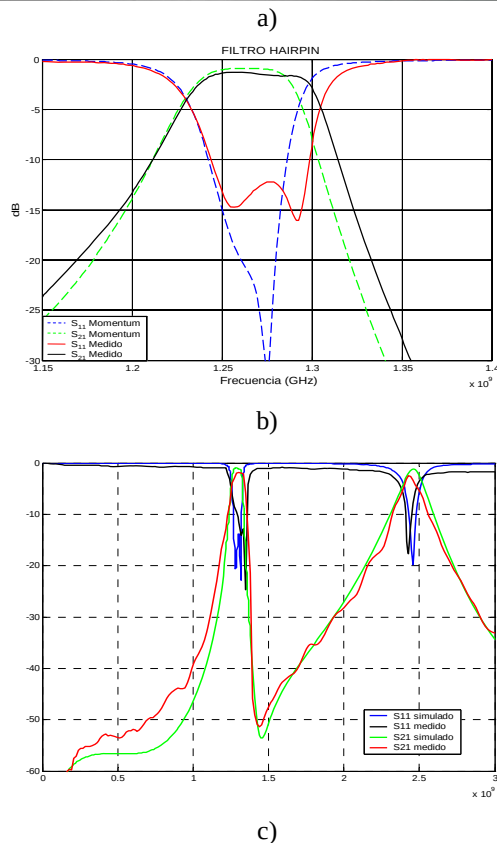
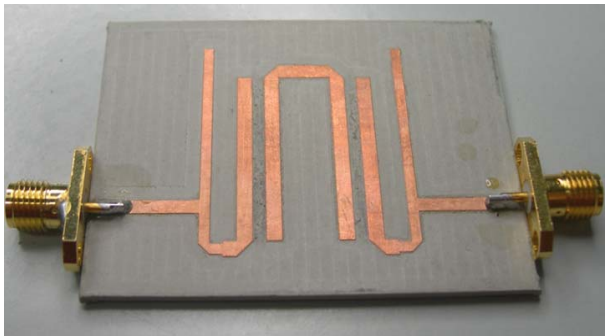


Fig. 13. a) Filtro "hairpin" fabricado b) Comparación entre los parámetros S simulados (Momentum) y medidos c) Respuesta en banda ancha

El tercer paso del diseño de filtros consiste en usar *software de simulación electromagnética* (en nuestro caso Momentum, de ADS [14]), el cual permite simular con más exactitud las líneas en tecnología microstrip, teniendo en cuenta *efectos electromagnéticos* que no puede predecir una *simulación circuital* como la de MWO. El alumno puede asimilar con este ejemplo la diferencia entre las aproximaciones del *análisis circuital* y la exactitud del *análisis electromagnético*, tal y como muestra la Fig.12, en la cual se compara la respuesta del filtro diseñado con MWO con la respuesta obtenida con Momentum. Tras realizar simulaciones con cada método, también entenderá el mayor *coste computacional* del riguroso método electromagnético. El último paso de diseño del filtro será la optimización de las dimensiones del mismo, mediante simulación electromagnética, hasta lograr conseguir la respuesta en frecuencia deseada.

Tras realizar la optimización con ADS, el alumno puede obtener el "layout" o *esquema físico del filtro de microondas con líneas de transmisión "microstrip"*, que será fabricado tal y como muestra la Fig.13-a. La Fig.13-b muestra la comparación entre los parámetros S medidos en el *filtro construido* (independientemente del oscilador total) y los resultados de la simulación electromagnética de Momentum. La medidas se realizan con un analizador de redes (en nuestro caso un Agilent E-5062A). El alumno puede comprobar así que la *respuesta real de los filtros diseñados* se corresponde fielmente con la *simulación electromagnética*. La Fig. 13-c muestra la comparación entre la simulación electromagnética y las medidas, esta vez para la respuesta del filtro en banda ancha (entre 0GHz y 3GHz). El alumno puede distinguir la *respuesta espuria* que presenta este filtro alrededor de 2.5GHz, y entender que los filtros de microondas realizados con líneas de transmisión suelen presentar bandas de paso a frecuencias espurias y armónicas de la fundamental, debido a la propia respuesta de las líneas de transmisión.

D. Amplificadores de Microondas

El cuarto subsistema es el amplificador de microondas, encargado de elevar el nivel del armónico de 1296MHz a la potencia deseada a la salida del oscilador. Se han utilizado amplificadores MMIC de tipo MAR-X (MAR-1, MAR-3 y MAR-6) de la marca Minicircuits. Estos amplificadores deben ser polarizados, para lo cual es necesario diseñar la *red de polarización*, cuyo esquema básico se muestra en la Fig. 14-a. El alumno debe entender la necesidad de desacoplar la red de polarización del circuito de microondas para evitar que se produzcan desadaptaciones indeseadas que empeoren la respuesta del amplificador. Para ello se propone una *red de desacoplo* entre la señal de microondas y la señal de alimentación continua basada en *condensadores de bloqueo de continua* y *líneas de alta impedancia* ($Z_0=100\Omega$) de longitud $\lambda_g/4$, cuyo esquema se muestra en la Fig. 14-b. El alumno debe diseñar el "layout" o esquema físico del amplificador en tecnología microstrip incluyendo las redes de polarización y desacoplo, tal y como se muestra en la Fig.14-c.

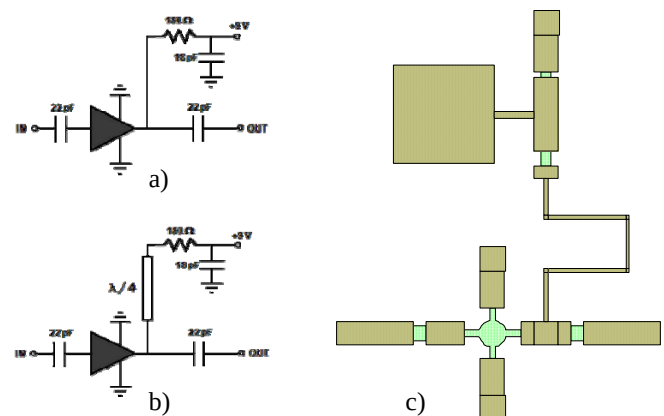


Fig. 14. a) Esquema de amplificador sin red de desacoplo b) Con red de desacoplo c) "Layout" del amplificador en tecnología microstrip

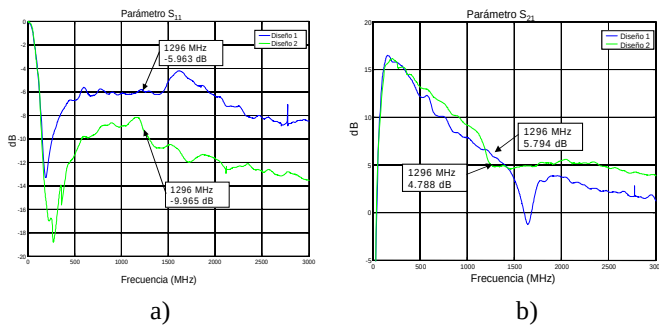


Fig. 15. Importancia de la red de desacoplo de alimentación en los amplificadores de microondas. a) Adaptación b) Ganancia.

Obteniendo la respuesta del amplificador de microondas con MWO, el alumno puede comprender la importancia de la red de desacoplo de alimentación. Tal y como se muestra en la Fig.15, se puede ver que la red de desacoplo evita que empeore la adaptación (Fig.15-a), consiguiendo por tanto más ganancia (Fig.15-b). A partir del “layout” del amplificador (ver Fig.14-c), se procede a la fabricación del mismo, tal y como se ilustra en la Fig. 16-a. La Fig.16-b muestra los parámetros S_{11} y S_{21} de este amplificador, de forma que el alumno puede observar el nivel de adaptación conseguido (por debajo de -10dB hasta 3GHz) así como la ganancia obtenida (12dB a 1.296GHz, aunque este valor depende del modelo de MAR-X usado). En la Fig.16-b también se muestra la comparativa entre las simulaciones con MWO y las medidas.

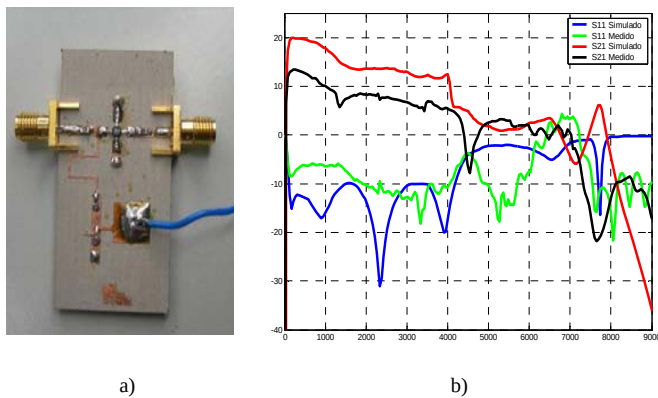


Fig. 16. a) Amplificador fabricado b) Comparación entre simulaciones (MWO) y medidas del amplificador diseñado.

III. MEDIDAS OSCILADOR TOTAL

Una vez estudiados los diferentes subsistemas que forman el circuito oscilador, se procede a unirlos en cascada tal y como se mostró en la Fig.1. El estudiante se encarga de generar el “layout” del circuito total, de forma que quepan en una placa de circuito impreso de forma rectangular. En la Fig.17 se muestra una fotografía de la tarjeta de circuito impreso fabricada en tecnología “microstrip” (cara superior), correspondiente al circuito oscilador total, de dimensiones 9.2cm x 11.4cm. En la Fig. 17 se han señalado las diferentes partes del oscilador, correspondientes a los distintos bloques funcionales explicados en los apartados anteriores (ver Fig.1).

Asimismo en la Fig.17 se señalan los puntos de “test” (TP) en los que se puede realizar una medida “*in situ*” de la señal obtenida, usando para ello una sonda activa de microondas de alta impedancia (Agilent 85024A). La Fig.18 muestra el espectro de las señales medidas en los puntos de prueba TP1 (salida del XTAL), TP2 (salida del generador de armónicos) y TP3 (salida del oscilador total). Junto al espectro de la señal en TP2 se ha superpuesto la respuesta de un filtro, para ilustrar la importancia de diseñar un filtro suficientemente selectivo que rechace los armónicos más cercanos, tal y como se explicó con anterioridad. Así se observa que la señal obtenida a la salida (TP3) tiene los armónicos más altos al menos a 20dB por debajo del nivel de la señal de 1296MHz. La potencia de salida de la señal deseada es de aproximadamente 7dBm, y el consumo total del circuito es de 2.7W (0.27A@9Volts). La eficiencia del oscilador es muy baja (0.2%), debido a la configuración de generación de armónicos utilizada en este circuito. De esta manera, se puede justificar al alumno la necesidad de diseñar un oscilador de microondas que generara directamente la señal de 1296MHz, ya que se evitaría la generación de armónicos de orden superior y la sucesiva supresión de los armónicos no deseados, aumentando considerablemente la eficiencia. Actualmente se está trabajando en el diseño de un oscilador de este tipo, basado en un esquema de oscilador por reflexión con un resonador coaxial. Este nuevo circuito permitirá transmitir a los estudiantes de Ingeniería de Microondas, de una forma práctica y didáctica, nuevos conocimientos y habilidades que no fueron desarrollados en la actividad presente.

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado el diseño, fabricación y medidas de un oscilador de microondas a 1296MHz, como una herramienta para facilitar el proceso de aprendizaje y enseñanza sobre circuitos de alta frecuencia. El interés educativo se debe a que este circuito se puede tratar como un sistema formado por varios subsistemas de radiofrecuencia, cada uno con una función didáctica bien definida: oscilador de cristal de cuarzo a 108MHz, generador de armónicos, filtros y amplificadores de microondas. De esta forma, para su concepción y diseño, así como para el entendimiento de su funcionamiento, el alumno necesita asimilar muchos y variados conceptos básicos sobre diversos circuitos de alta frecuencia (osciladores, amplificadores, filtros), tales como: ganancia de bucle abierto de un oscilador, condiciones de arranque y saturación de la oscilación, análisis de circuitos en régimen lineal y no lineal, generación de armónicos, filtrado mediante líneas de transmisión, análisis circuital y análisis electromagnético, diseño de redes de adaptación y polarización de amplificadores de microondas... El alumno desarrolla la habilidad de diseñar adecuadamente cada subsistema y de utilizar, según convenga y proceda, diferentes herramientas de análisis circuital (en el dominio del tiempo o de la frecuencia, circuitos pasivos, circuitos activos en régimen lineal y no lineal), así como software de análisis electromagnético.

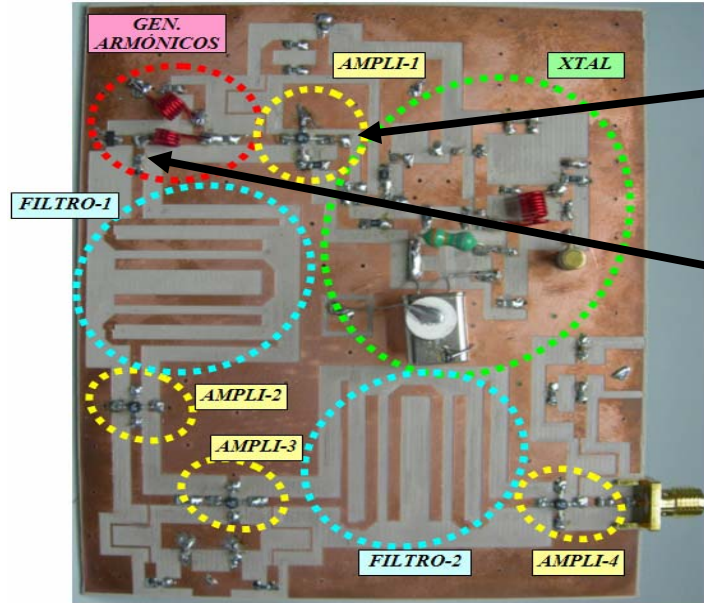


Fig. 17. Fotografía de tarjeta de circuito oscilador de microondas a 1.296Ghz en tecnología impresa, indicando los bloques funcionales que la constituyen y los puntos de prueba

Para realizar este circuito, el alumno también debe ser capaz de pasar de los esquemas circuitales iniciales a los esquemas físicos o “layout” finales, realizados todos ellos en tecnología impresa con líneas microstrip. Tras fabricar el circuito real, se comprueban experimentalmente los diseños fabricados individualmente, así como el funcionamiento del oscilador total. Usando una sonda de alta impedancia, el alumno puede observar el “procesado hardware” que se realiza a lo largo del sistema en cascada, asimilando la función de cada subsistema. Esta actividad práctica complementa el estudio teórico y el desarrollo de ejercicios más convencionales [15], permitiendo afianzar dichos conceptos teóricos, así como desarrollar nuevas e importantes competencias profesionales, imprescindibles para un futuro Ingeniero de Circuitos de Microondas.

Para la realización de este ejemplo didáctico se ha utilizado software de simulación circuital y electromagnético (PSPICE, MWO, ADS), instrumentación de medidas (Analizador de redes Agilent E-5062A, Analizador de Espectros Agilent N9302A, Sonda alta Impedancia Agilent 85024A), una maquina de fresado de circuitos impresos (LPKF Protomat C60), placas de sustrato para microondas de tipo *Duroid 6006T*, así como diferentes componentes de microondas (transistores, amplificadores, diodos, resistencias, bobinas, condensadores...). En la tabla I se presenta un resumen de los recursos necesarios para la realización de esta actividad, así como una estimación de su coste.

Recurso	Coste
Software PSPICE v9.1 (student version)	- €
Software Microwave Office AWR 2002	2.000 €
Software Advance Design System ADS 2002	20.000 €
PC Pentium 1GB RAM	1.000 €

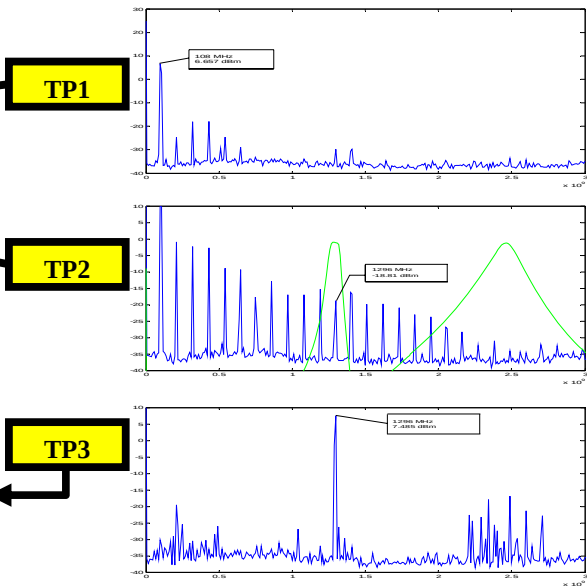


Fig. 18. Espectro de señales medidas en los diferentes puntos de test

Analizador de redes Agilent E-5062A	15.000 €
Analizador de Espectros Agilent N9302A	6.000 €
Sonda alta Impedancia Agilent 85024A	2.000 €
Maquina de fresado LPKF Protomat C60	15.000 €
Sustrato Duroid 6006T (placa 20cm x 20cm)	200 €
Componentes	100 €
TOTAL	61.300 €

Tabla I- Resumen de los recursos usados en la actividad, así como estimación del coste de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de la Fundación Regional Séneca (02972/PI/05), y en parte por los proyectos nacionales ESP2001-4546-PE y TEC2004-04313-C02-02-TCM. Los autores desean agradecer el apoyo transmitido por la Fundación Séneca de la Región de Murcia, así como por la Dirección de la ETSIT y el Vicerrectorado de Innovación e Investigación de la UPCT (y en particular la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, OTRI), a la hora de arrancar el ambicioso proyecto de diseño, fabricación y puesta en marcha de un Radiotelescopio de microondas. Los responsables de este proyecto creemos que supone un reto innovador y útil a muchos niveles (docencia, desarrollo, gestión, formación de competencias profesionales, trabajo multidisciplinar y en equipo...), ya que está siendo realizado íntegramente por los alumnos y profesores de la ETSIT de la UPCT.

REFERENCIAS

[1] <http://www.bologna-bergen2005.no/>
[2] <http://tuning.unideusto.org/tuningeu/>
[3] D.M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd Ed., John Wiley and Sons, 1998.

- [4] R.E. Collin, "Foundations for Microwave Engineering", 2nd Ed., IEEE Press, 2001.
- [5] I. Bahl, *Microwave Solid State Design*, 2nd Ed. John Wiley and Sons, 2003.
- [6] G.L. Matthaei, L. Young, E.M.T. Jones, *Microwave filters, impedance-matching networks, and coupling structures*, Dedham Artech House cop. 1980.
- [7] Richard L. Campbell, "A clean low-cost microwave local oscillator", QST July 1989.
- [8] SETI League Technical Manual - Hardware
<http://seti1.setileague.org/hardware/>
- [9] J.D. Kraus, *Radio Astronomy*, McGraw-Hill Education, 1966.
- [10] D. Fisher, *Basics of Radio Astronomy*, Jet Propulsion Laboratory, 1997, Document No. JPL D-13835
- [11] Proyecto financiado por la Fundación Séneca 02972/PI/05, "Desarrollo de un radiotelescopio para divulgación de Radioastronomía y exploración de nuestra Galaxia", Coordinador: José Luis Gómez Tornero, Universidad Politécnica de Cartagena (2006-2008).
- [12] Applied Wave Research, Microwave Office AWR 2002
http://web.appwave.com/Products/Microwave_Office/Overview.php
- [13] Orcad PSPICE v9.1 <http://www.cadence.com/products/orcad/index.aspx>
- [14] Agilent Advance Design System ADS 2002, Momentum
<http://eesof.tm.agilent.com/products/ads2002.html>
- [15] J.L. Gómez-Tornero, *Transmisión por Soporte Físico; Ejercicios resueltos de circuitos pasivos y activos de microondas*, Universidad Politécnica de Cartagena, Editorial MORPI, S.L., 2006 ISBN.: 84-95781-70-0.



José Luis Gómez Tornero (M'06) nació en Murcia, España, en 1977. Se licenció como Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, Valencia, España), en el año 2001, y recibió el grado de Doctor Ingeniero de Telecomunicación ("laurea cum laude") por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España), en el año 2005.

Durante 1999 fue alumno interno del Departamento de Radiocomunicaciones de la UPV, en el cual desarrolló herramientas de análisis numérico de filtros de microondas en tecnología de guía de onda para aplicaciones espaciales. En el año 2000 fue contratado por la empresa Alcatel Espacio (Madrid, España), donde trabajó en el Departamento de Radiofrecuencia Activa. A finales del año 2001 se unió como Profesor Ayudante contratado a la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España), para la cual lleva desarrollando desde entonces su actividad docente e investigadora. Su trabajo de investigación está centrado en el desarrollo de técnicas de análisis numérico y de diseño asistido por ordenador para estructuras radiantes de tipo "leaky-wave".

José Luis recibió en junio 2004 el segundo premio Rosina Ribalta, que concede la fundación EPSON-Ibérica a los mejores proyectos de tesis españoles y portugueses en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. En junio 2006 recibió el Premio Fundación Vodafone/COIT (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación) a la Mejor Tesis Doctoral Nacional Española en Comunicaciones Móviles Avanzadas, y en enero 2007 el Premio Extraordinario de Doctorado de la UPCT. Desde octubre del 2005, José Luis Gómez Tornero ocupa el cargo de Subdirector de Alumnos y Ordenación Académica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPCT, y desde diciembre de 2007 es Profesor Titular de Universidad en la UPCT.



Mónica Moragón Serrano nació en Sevilla, España, en 1982. Se licenció como Ingeniera Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España), en el año 2007. Su actividad investigadora está centrada en el análisis y diseño de circuitos de microondas, aplicados a la enseñanza de Electrónica de Alta Frecuencia para Ingeniería de Telecomunicación.



David Cañete Rebenaque (S'04) nació en Valencia, España, en 1976. Se licenció como Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, Valencia, España), en el año 2001, y actualmente está desarrollando su tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España).

Durante el año 2001 trabajó como ingeniero de radiofrecuencia en la industria de telefonía móvil. En el 2002 se unió al Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la UPCT, primero como investigador contratado y después como profesor contratado. Su actividad investigadora está centrada en el análisis y diseño de circuitos de microondas y antenas.



Fernando Daniel Quesada Pereira nació en Murcia, España, en 1974. Se licenció como Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, Valencia, España), en el año 2001, y recibió el grado de Doctor Ingeniero de Telecomunicación ("laurea cum laude") por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España), en el año 2007.

En 1999 se unió al Departamento de Radiocomunicaciones de la UPV, en el cual estuvo realizando tareas investigadoras sobre métodos numéricos para el diseño de cámaras anecoicas. En el 2002 se unió al Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la UPCT, primero como investigador contratado y después como profesor contratado. Su actividad investigadora está centrada en el desarrollo de métodos numéricos basados en la ecuación integral para el análisis electromagnético de circuitos de microondas y antenas.



Alejandro Alvarez Melcón nació en Madrid, España, en 1965. Se licenció como Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM, Madrid, España), en el año 1991, y recibió el grado de Doctor Ingeniero de Telecomunicación ("laurea cum laude") por la Swiss Federal Institute of Technology (Lausanne, Suiza), en 1998.

En 1988 se unió al Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la UPM, en el cual desarrolló tareas de investigación sobre análisis, diseño y medidas de antenas espirales de banda ancha. Desde 1991 a 1993 trabajó para la Radio Frequency Systems Division, European Space Agency (ESA/ESTEC, Noordwijk, Holanda), donde desarrolló métodos numéricos para el análisis electromagnético de discontinuidades en guía de onda, líneas impresas y filtros de microondas. Desde 1993 a 1995 trabajó en la empresa Alcatel Espacio (Madrid, España), colaborando en diferentes proyectos de ESA/ESTEC. Desde 1995 a 1999 trabajó para el Swiss Federal Institute of Technology, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Lausanne, Suiza), investigando sobre antenas y circuitos impresos para aplicaciones espaciales. En el año 2000 se unió como Profesor Titular a la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, España), para la cual lleva desarrollando desde entonces su actividad docente e investigadora.

Alejandro recibió en 1998 el premio a la mejor contribución al congreso JINA'98 (Journée Internationales de Nice sur les Antennes) International Symposium on Antenas, así como el Premio Nacional del COIT (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación) a la Mejor Tesis Doctoral en Fundamentos y Tecnologías Básicas de la Información y las Comunicaciones y sus Aplicaciones.

Capítulo 14

Caracterização semântica e pragmática de objectos educativos em repositórios

Isabel S. Azevedo, Eurico M. Carrapatoso, e Carlos M. Vaz de Carvalho

Title—Semantic and pragmatic characterization of learning objects in repositories.

Abstract— New trends have been proposed in the last years to overcome and improve the limited use of learning objects. At this moment it is consensual that there is no guarantee of knowledge transfer by simply delivering contents. Some practical information must also be related to learning objects enclosed in repositories. In this paper we propose an approach that brings two fields together: Semantic Web and Pragmatic Web. Both of them are considered in the initial model presented for the representation of the learning objects, providing practical use examples for each of them.

Keywords— learning object metadata, learning objects repositories

Resumo— Novas tendências têm surgido nos últimos anos com vista a ultrapassar-se a limitada utilização de objectos educativos. Actualmente, é consensual que não existe transferência de conhecimento pela simples disponibilização de conteúdos. É necessário que informação de carácter pragmático seja associada aos objectos educativos armazenados em repositórios. Neste capítulo apresentamos um projecto que reúne duas áreas: Web Semântica and Web Pragmática, e ambas são consideradas no modelo inicial proposto para a representação de objectos educativos, com a disponibilização de exemplos de utilização para cada objecto educativo.

Palavras-chave— metadados para objectos educativos, repositórios de objectos educativos

I. INTRODUÇÃO

A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação nas instituições de ensino é uma realidade incontornável nos países desenvolvidos. Por seu lado, a utilização de

Este trabalho foi apresentado originalmente na 9ª edição do Simpósio Internacional de Informática Educativa (9º SIIIE).

Isabel Azevedo é assistente no Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal (contactos para correspondência – nº de telefone: 351-834-0500, nº de fax: 351-22832-1159, e-mail: iazevedo@dei.isep.ipp.pt).

Carlos Vaz de Carvalho é professor-adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal (e-mail: cvc@ldei.isep.ipp.pt).

Eurico Carrapatoso é professor-auxiliar na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal (email: emc@fe.up.pt).

objectos educativos tem sido vista como uma forma de revolucionar processos de ensino e aprendizagem, nomeadamente facilitando a utilização e a reutilização de material didáctico. No entanto, esta visão ainda está longe de poder ser considerada próxima da realidade actual.

Segundo um estudo conduzido pela OECD [1] em 2005, apenas 6,6% das instituições de ensino superior que participaram nesse estudo, mencionaram a adopção e a utilização substancial de objectos educativos (OE) nas suas instituições. Neste estudo reconhece-se ainda que a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas instituições de ensino tem sido alargada no que diz respeito aos processos administrativos das instituições, mas não tanto para os processos de ensino e aprendizagem.

Várias razões podem ser apontadas para a reduzida adopção da utilização de objectos educativos nas instituições de ensino, mas cremos que quanto mais fácil for a reutilização de objectos educativos, maior será o impacto da sua adopção.

Um dos objectivos principais de um repositório de objectos educativos (ROE) é encorajar a reutilização dos objectos armazenados. Este é um dos objectivos do projecto que está a ser desenvolvido no Instituto Superior de Engenharia do Porto e que é apresentado na secção IV deste artigo. Antes disso, no ponto 2 mencionam-se algumas abordagens que vão além da preocupação tradicional com os conteúdos para elearning. Na 3ª secção faz-se uma revisão sobre repositórios de objectos educativos. Na última secção deste artigo apresentam-se algumas considerações finais.

II. ABORDAGENS NÃO CENTRADAS NOS CONTEÚDOS

No planeamento e estudo da aprendizagem não são apenas os conteúdos que interessam mas também os processos facilitadores dessa aprendizagem. Não se trata de uma simples transferência de informação, sob a forma de conteúdos. Esses processos facilitadores da aprendizagem podem ser actividades programadas, ou a interacção com formadores e/ou colegas de aprendizagem.

Mesmo a estruturação e organização desses conteúdos sob a forma de objectos educativos ou de aprendizagem não é suficiente. Wiley [2] afirma que, sem a consideração de

questões práticas e pedagógicas na investigação realizada actualmente, os repositórios poderão vir a ter vários objectos educativos guardados que ninguém saberá como os reutilizar.

Algumas soluções têm sido propostas para resolver ou minimizar a questão da ausência de plataformas que permitam a descrição e gestão de sequências de actividades. Outras iniciativas têm introduzido abordagens novas que não se centram nos conteúdos para elearning. Alguns dos exemplos mais citados são:

- 1) Learning Activity Management System (LAMS) - <http://www.lamsinternational.com>;
- 2) IMS Learning Design (IMS LD) - <http://www.imsglobal.org>;
- 3) Padrões pedagógicos (Pedagogical patterns) - <http://www.pedagogicalpatterns.org>.

Educational Modelling Language (EML) é a designação genérica de linguagens que tentam modelar todo o processo de aprendizagem, sendo também a designação de uma linguagem EML específica. Este tipo de linguagens faz uma distinção bem clara entre conteúdos de aprendizagem e processos de aprendizagem. Note-se que um determinado processo de aprendizagem pode não abarcar nenhum conteúdo de aprendizagem, pode consistir apenas numa mensagem de correio electrónico que um aluno deve enviar ao formador sobre o estado de determinada tarefa, por exemplo.

A especificação IMS LD data de 2003 e foi baseada numa linguagem EML desenvolvida na Universidade Aberta Holandesa, tendo sido adoptada como um standard de facto [3]. O próprio trabalho da plataforma LAMS tem sido encorajado pela iniciativa da especificação IMS Learning Design, mas trazendo novas perspectivas.

Este ano a empresa Blackboard Inc. e a organização LAMS declararam a disponibilização da aplicação LAMS Blackboard Building Block, descrita como “uma aplicação de software única para a estruturação, gestão e disponibilização de actividades colaborativas de aprendizagem”.

A especificação IMS LD pretende fornecer um método notacional formal (através de XML, p.ex.) para o design educativo, sem a prescrição de nenhum modelo em particular. A expressão “learning design” refere-se a diversas formas de desenho de experiências educativas, através de uma sequência de actividades e interacções.

A LD é uma linguagem que permite a descrição de processos de ensino e aprendizagem, considerando os papéis ou funções das pessoas envolvidas, actividades planeadas e recursos educativos disponíveis para a prossecução das actividades. O método define as relações entre os papéis e as actividades e a sequência de execução das mesmas. O documento XML resultante pode ser processado por uma aplicação player, que coordena as interacções entre as pessoas envolvidas e os materiais didácticos, através da Web. Existem também editores IMS-LD que facilitam o processo de desenvolvimento deste documento XML.

Comparativamente com o modelo de referência SCORM - Shareable Content Object Reference Model [4], utilizado como referência por quase todos os produtores de ferramentas

e plataformas de elearning, a IMS LD possibilita a consideração de vários intervenientes num cenário de aprendizagem. O SCORM descreve como o conteúdo pode ser modelado e posteriormente utilizado em ambientes de aprendizagem de forma a poder ser reutilizado, mas foca-se na interacção entre o aluno e o conteúdo. Neste momento está em desenvolvimento a integração do modelo de referência SCORM na ferramenta Coppercore, utilizada em muitas aplicações “player”.

Diversos projectos de investigação estão a trabalhar com a especificação IMS LD, o que é bastante encorajador para uma especificação que tem apenas 4 anos. Alguns exemplos desses projectos são os seguintes:

- 1) UNFOLD (http://www.cordis.lu/ist/telearn/fp6_unfold.htm), um projecto de dois anos (de 2004 a 2005) financiado pela Comissão Europeia dedicado à gestão e difusão de actividades relacionadas com a estruturação da aprendizagem (Learning Design);
- 2) LORNET (<http://www.lornet.org>), um projecto pan-canadiano dedicado à investigação avançada na área dos repositórios de objectos educativos que está a suportar o desenvolvimento de uma ontologia de learning design e ferramentas de autor, entre outras actividades;
- 3) IDLD (<http://www.idld.org/>), um projecto canadiano vocacionado para a difusão de “conceitos básicos de modelação educativa, como padrões de learning design e exemplos, de forma a obter-se um repositório de unidades de aprendizagem que estejam de acordo com a especificação IMS-LD”.

No entanto, nenhum dos projectos mencionados proporciona, para cada objecto educativo, de forma automática ou mesmo semi-automática, um exemplo de utilização baseado na especificação IMS-LD.

Note-se que esta especificação não desperta apenas interesse no sector académico (com claro destaque para a Universidade Aberta Holandesa), como também do sector empresarial: Elive Learning Design, uma empresa alemã, está a desenvolver o editor Elive LD Suite, por exemplo.

Por fim, a última iniciativa mencionada decorre da aplicação do conceito de padrões extrapolado do domínio da Engenharia de Software para a área do ensino e aprendizagem. Os padrões não podem ser reutilizados directamente, mas proporcionam regras úteis na construção de actividades ou recursos.

III. REPOSITÓRIOS DE OBJECTOS EDUCATIVOS

Um repositório de objectos educativos (ROE) é uma colecção centralizada de descrições de metadados sobre objectos educativos, complementada por um serviço de pesquisa que permite o acesso às descrições armazenadas, para uso de alunos, professores ou qualquer utilizador, em geral. O repositório MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) é um dos mais

antigos e mais utilizados. Foi disponibilizado em 1997 e é um serviço da California State University.

Os ROE podem seguir uma arquitectura central, como os repositórios MERLOT e CAREO, ou distribuída como os repositórios ARIADNE, Edna e Edutella, por exemplo. Nem todos disponibilizam livremente os objectos educativos que fazem parte do repositório: por exemplo, mais de 80% dos OE do repositório TeleCampus apenas estão disponíveis numa base comercial.

A maior parte dos repositórios não guardam os objectos propriamente ditos, mas sim o endereço (geralmente um URL) desses objectos. O repositório MERLOT apenas guarda os metadados de objectos educativos, já o CAREO guarda também os OE.

Todos os repositórios mencionados suportam várias funcionalidades básicas, que não são exactamente as mesmas que geralmente estão associadas às bibliotecas digitais. Um repositório de objectos educativos enfatiza a reutilização dos conteúdos, geralmente para a produção de material didáctico. Assim, enquanto os metadados para catálogos de bibliotecas estão relacionados principalmente com a autoria e os conteúdos, os repositórios de objectos educativos incorporam metadados associados à prática do ensino e aprendizagem, idealmente ajudando os autores de cursos a encontrar o conteúdo mais apropriado numa situação em particular.

No entanto, esta visão ideal não têm uma correspondência real, pois a maior parte dos metadados utilizados em repositórios de OE têm apenas uma identificação e uma descrição genéricas dos conteúdos associados [5].

A utilização de metadados de aprendizagem é essencial para a descoberta de objectos educativos úteis e a reutilização dos mesmos, possibilitando a interoperabilidade entre diferentes plataformas de aprendizagem. O reconhecimento deste facto fez surgir várias iniciativas relevantes de diversas instituições (por exemplo, IEEE Learning Technology Standards Committee, CEN/ISSS, IMS, US ADLnet, CETIS, ARIADNE) e alguns standards e especificações emergiram nos últimos anos, estabelecendo-se uma boa plataforma de entendimento para a descrição de objectos educativos.

O standard Learning Object Metadata (IEEE LOM) [6] da IEEE LTSC foi aprovado em Junho de 2002 e tornou-se um standard de referência para sistemas educativos que utilizam objectos educativos. Com o IEEE LOM os metadados são agrupados em 9 categorias: geral, ciclo de vida, meta-metadados, técnico, educacional, direitos, relação, anotação e classificação.

A categoria “Educativa” engloba as características pedagógicas do recurso. Todos os descritores estão organizados numa estrutura do tipo árvore, debaixo dessas categorias, o que permite organizar a informação de forma consistente, agrupando-a dentro da classe relacionada. Esta organização possibilita a organização da informação de forma consistente. Desde 2002, metadados e perfis de aplicações (application profiles) baseados no standard IEEE LOM têm sido largamente utilizados em repositórios [7].

IV. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

A reutilização de um objecto educativo não acontece sem um planeamento cuidadoso que vá além de uma aplicação imediata, com investimento numa estrutura mais genérica do que aquela que é necessária a esse uso rápido.

Cremos que a abordagem seguida no projecto que está a ser desenvolvido poderá aumentar os níveis de utilização de objectos educativos: fornecer uma estrutura pedagógica para cada objecto educativo que torne claro como o mesmo pode ser utilizado numa experiência de aprendizagem.

Este projecto tem a seguinte meta: caracterizar semanticamente os objectos educativos em repositórios, fornecendo um contexto prático para a reutilização dos mesmos. Os seguintes objectivos deverão ser concretizados para que a meta do projecto seja atingida:

- 1) Proporcionar uma representação semântica de objectos educativos;
- 2) Propor uma representação para objectos educativos que coloque informação contextual não directamente relacionada com os próprios objectos educativos mas com templates específicos relacionados com os objectos educativos;
- 3) Definir templates LD genéricos que possam ser instanciados para a geração de templates específicos para objectos educativos;
- 4) Definir como é que templates genéricos adicionais podem ser reconhecidos ou gerados automaticamente.

O conceito de pragmatismo está relacionado com contexto de utilização. A área da Web Semântica têm evoluído nos últimos anos, mas outra área, Web Pragmática, tem captado cada vez maior atenção da comunidade científica. Neste projecto, ambas as áreas são consideradas.

O objectivo principal deste projecto é, então, definir um modelo para um repositório contendo objectos educativos e padrões genéricos de aprendizagem utilizados como templates para os objectos educativos de menor granularidade. Este

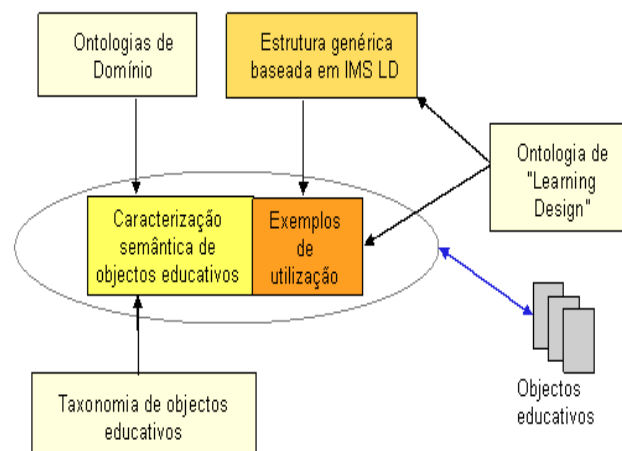


Figura 1 – Modelo inicial

modelo será flexível, potencialmente satisfazendo diferentes requisitos, independente da área de conhecimento e utilizando standards e especificações amplamente conhecidos. Um protótipo será o resultado principal deste projecto, baseado em ferramentas de Software Aberto e distribuídas sob licença de Software Aberto.

O modelo inicial tem seis componentes principais que podem ser visualizados na figura acima:

- 1) módulo “Taxonomia de Objectos Educativos”;
- 2) módulo “Ontologias de Domínio”;
- 3) módulo “Caracterização Semântica de Objectos Educativos”;
- 4) módulo “Ontologia de Learning Design”;
- 5) módulo “Estruturas genéricas (templates) baseados em IMS LD”;
- 6) módulo “Exemplos de Utilização” ou “Contexto”.

Ontologias têm sido desenvolvidas para estabelecer claramente os conceitos de determinado domínio e, na área do elearning, a composição de objectos educativos. Uma ontologia estabelece uma terminologia para a representação do conhecimento em determinado domínio.

De acordo com a categoria de um objecto educativo, definido no módulo “Taxonomia de Objectos Educativos”, cada objecto educativo é caracterizado, tendo por base o standard IEEE LOM, e devidamente descrito com termos relacionados com o módulo “Ontologias de Domínio”, especialmente os campos de metadados relacionados com pré-requisitos necessários e assuntos abordados. Note-se que vários investigadores estão a trabalhar na área da extracção automática de metadados ([8], [9], [10]), que é também a abordagem pretendida neste trabalho.

O módulo “Ontologias de Domínio” descreve conceitos e relações entre os mesmos, sem nenhuma estratégia pedagógica. Os conceitos são utilizados como índices para os objectos educativos.

Não são apenas as ontologias de domínio têm sido largamente adoptadas mas, nos últimos anos, diversos autores defendem também a necessidade de ontologias de learning design [11] [12], principalmente pelas seguintes razões:

- 1) Permitem uma definição formal dos constrangimentos de semântica dos conceitos relacionados com learning design;
- 2) Proporcionam uma base de conhecimento para qualquer sistema de autor/LMS que utilize a especificação IMS-LD, possibilitando a disponibilização de serviços para os autores de cenários LD;
- 3) Podem aumentar o nível de reusabilidade dos learning designs.

O módulo “Ontologia de Learning Design” tem por base uma ontologia baseada na especificação, tendo por objectivo principal a validação de ficheiros IMS-LD. Serão especificados mecanismos que permitirão verificar se os templates IMS LD e o(s) contexto(s) de utilização para cada objecto educativo estão de acordo com a ontologia.

O módulo “Contexto” tem um ou mais cenários de utilização para os objectos educativos, baseados nos templates

genéricos IMS LD. Quer os cenários de utilização, quer os templates baseados na especificação IMS LD estão de acordo com a ontologia de learning design considerada. Este modulo é muito importante neste projecto para a reutilização de objectos educativos, pois fornece uma visão prática de como os objectos educativos podem ser utilizados.

A utilização de templates baseados na especificação IMS LD permite que um learning design genérico seja instanciado com objectos de aprendizagem de áreas de conhecimento diferentes mas também que um objecto educativo possa ter associado vários learning designs, oferecendo um ambiente muito mais diversificado do que os que estão actualmente disponíveis.

Outra vantagem da utilização da especificação IMS LD é que pode ser interpretada por máquinas, sendo adequada para o reconhecimento de padrões de aprendizagem. Quando o repositório estiver preenchido será possível a captura de learning designs que possam ser utilizados como templates.

O resultado principal do projecto será um protótipo open source disponibilizado para a comunidade científica que poderá ser utilizado ou integrado noutros Repositórios de Objectos Educativos. No entanto, como todos os módulos serão construídos com base em standards de aprendizagem e tecnológicos, no final do projecto não apenas o protótipo final estará disponível mas também um conjunto de componentes que poderão ser integrados isoladamente em outras plataformas.

V. CONCLUSÕES

O objectivo primordial dos Repositórios de Objectos Educativos é promover a reutilização dos objectos educativos. No entanto, verifica-se que este objectivo ainda não foi totalmente atingido, uma vez que, no nosso entendimento, será necessário contextualizar e caracterizar semanticamente os objectos educativos para que possam ser utilizados em processos de ensino e aprendizagem, possibilitando uma reutilização efectiva dos mesmos.

O projecto apresentado neste artigo pretende colmatar alguns dos problemas apontados aos repositórios de objectos educativos actuais, disponibilizando além dos objectos educativos, informação de suporte relacionada com a forma como podem ser utilizados.

Neste projecto duas dimensões estão a ser consideradas: conteúdo – o(s) assunto(s) apresentados, e contexto – como o(s) assunto(s) são apresentados, reunindo dois campos diferentes: Web Semântica e Web Pragmática.

Uma dos contributos mais significativos da investigação em curso será a utilização de templates baseados na especificação IMS LD, o que permitirá oferecer um ambiente de trabalho mais rico e fácil de utilizar do que os existem actualmente.

A análise, a definição de um modelo e a implementação de um protótipo, a integração e a avaliação de diversas tecnologias e técnicas, contribuirão como uma mais valia para várias instituições de ensino e para todos interessados na sua formação, permitindo o uso flexível e a reutilização de

objectos educativos, factor que cada vez mais se apresenta como essencial para uma verdadeira sociedade do conhecimento.

A empresa líder do mercado do software de gestão de conteúdos para elearning, Blackboard Inc., anunciou em 2004 uma aliança com a Universidade Aberta Holandesa (Open Universiteit Nederland) que visa possibilitar aos seus clientes a utilização de conteúdos IMS-LD. Acreditamos que a especificação IMS-LD será largamente adoptada e a existência de repositórios que fornecem conteúdos baseados nessa especificação, facilitará e estimulará a reutilização desses conteúdos. O objectivo primordial dos Repositórios de Objectos Educativos é promover a reutilização dos objectos educativos. No entanto, verifica-se que este objectivo ainda não foi totalmente atingido, uma vez que, no nosso entendimento, será necessário contextualizar e caracterizar semanticamente os objectos educativos para que possam ser utilizados em processos de ensino e aprendizagem, possibilitando uma reutilização efectiva dos mesmos.

O projecto apresentado neste artigo pretende colmatar alguns dos problemas apontados aos repositórios de objectos educativos actuais, disponibilizando além dos objectos educativos, informação de suporte relacionada com a forma como podem ser utilizados.

Neste projecto duas dimensões estão a ser consideradas: conteúdo – o(s) assunto(s) apresentados, e contexto – como o(s) assunto(s) são apresentados, reunindo dois campos diferentes: Web Semântica e Web Pragmática.

Uma dos contributos mais significativos da investigação em curso será a utilização de *templates* baseados na especificação IMS LD, o que permitirá oferecer um ambiente de trabalho mais rico e fácil de utilizar do que os existem actualmente.

A análise, a definição de um modelo e a implementação de um protótipo, a integração e a avaliação de diversas tecnologias e técnicas, contribuirão como uma mais valia para várias instituições de ensino e para todos interessados na sua formação, permitindo o uso flexível e a reutilização de objectos educativos, factor que cada vez mais se apresenta como essencial para uma verdadeira sociedade do conhecimento.

A empresa líder do mercado do software de gestão de conteúdos para elearning, Blackboard Inc., anunciou em 2004 uma aliança com a Universidade Aberta Holandesa (Open Universiteit Nederland) que visa possibilitar aos seus clientes a utilização de conteúdos IMS-LD. Acreditamos que a especificação IMS-LD será largamente adoptada e a existência de repositórios que fornecem conteúdos baseados nessa especificação, facilitará e estimulará a reutilização desses conteúdos.

AGRADECIMENTOS

O trabalho descrito neste capítulo está a ser desenvolvido no âmbito do projecto CASPOE – Caracterização Semântica e Pragmática de Objectos Educativos (PTDC/EIA/65387/2006), com financiamento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal.

REFERÊNCIAS

- [1] OECD, "E-learning in tertiary education," ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). December 2005. <http://www.oecd.org/dataoecd/55/25/35961132.pdf>.
- [2] D. Wiley, "Learning objects," in *Educational Technology: An Encyclopedia*. Santa Barbara: ABC-CLIO: A. Kovelchick & K. Dawson (Eds.), 2002.
- [3] IMS, "IMS Learning Design Information Model. Version 1.0 Final Specification" IMS Global Learning Consortium 2003. http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_infv1p0.html.
- [4] ADL, "Sharable Content Object Reference Model (SCORM)" Advanced Distributed Learning (ADL) 2000. <http://www.adlnet.gov/scorm/>.
- [5] M. Lytras, A. Pouloudi, and A. Poulymenakou, "Dynamic e-learning setting through advanced semantics: The value justification of a knowledge management oriented metadata schema," *International Journal of e-Learning*, vol. 1, pp. 49–61, 2002.
- [6] IEEE, "IEEE Standard 1484.12.1-2002, Learning Object Metadata (LOM)," 2002. <http://ltsc.ieee.org/wg12>.
- [7] F. Neven and E. Duval, "Reusable learning objects: a survey of LOM-based repositories," in *Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia*: ACM Press 2002.
- [8] S. Downes, "Resource Profiles," *Journal of Interactive Media in Education, Special Issue on the Educational Semantic Web*, vol. 2004, 2004.
- [9] E. Duval and W. Hodgins, "Metadata matters," in *Proc. of International Conference on metadata and Dublin Core specifications*, Shanghai, China, 2004.
- [10] B. Simon, P. Dolog, Z. Miklos, D. Olmedilla, and S. Michael, "Conceptualizing Smart Spaces for Learning," *Journal of Interactive Media in Education, Special Issue on the Educational Semantic Web*, vol. 2004, 2004.
- [11] R. Amorim, M. Lama, E. Sánchez, A. Riera, and X. A. Vila, "A Learning Design Ontology based on the IMS Specification," *Educational Technology & Society*, vol. 9, pp. 38-57, 2006.
- [12] C. Knight, D. Gašević, and G. Richards, "Ontologies to integrate learning design and learning content," *Journal of Interactive Media in Education* vol. 2005, 2005.



Isabel S. Azevedo concluiu o Bacharelato em Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal em 1993, a Licenciatura em Informática Industrial no ISEP em 1998, e o Mestrado em Gestão de Informação na Faculdade de Engenharia do Porto (FEUP), Portugal, em 2003.

Ela trabalhou como técnica informática na Universidade de Aveiro (Portugal) de 1996 a 1999, como programadora na FEUP de 1999 a 2001. Desde 1999 trabalha como assistente no Departamento de Engenharia Informática do ISEP. Tem diversas publicações em actas de conferências internacionais relacionadas com a investigação desenvolvida na área do elearning. Outros interesses de investigação incluem a representação de conhecimento e a interoperabilidade de sistemas de informação.

Isabel Azevedo é membro eleito do conselho da Associação Europeia para o Ensino da Engenharia Eléctrica e Informática (European Association for Education in Electrical and Information Engineering).



Eurico M. Carrapatoso é licenciado in Electrical Engineering, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, 1977, tendo o doutoramento em Engenharia de Sistemas de Informação pela Universidade de Bradford, UK, 1987. Foi membro da IEEE entre 1977 e 2003.

Ele foi assistente na FEUP, 1988-2004, responsável por projectos de investigação no INESC Porto, 1987-; director do Mestrado de Tecnologia de Comunicação Multimédia da FEUP, 1996-2002 and 2004-; orientou 42 teses de Mestrado e 6 de Doutoramento. Participou na organização (program committee) de 20 conferências nacionais e internacionais e workshops; foi autor ou co-autor de 52 artigos publicados em actas de conferências internacionais ou nacionais com “referees”. Os seus interesses actuais de investigação são: Aplicações Multimédia Distribuídas, Metodologias de Criação de Serviços, Bibliotecas Digitais, E-Learning, Redes Integradas e Simulação.



Carlos M. Vaz de Carvalho é licenciado e mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e doutorado em Sistemas e Tecnologias de Informação pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. É membro da IEEE desde 2000.

Actualmente, é Director do Grupo de Investigação GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies). Foi Director (2001-2005) de eLearning do Instituto Superior de Engenharia do Porto e do Laboratório de eLearning desta instituição, tendo dirigido, entre 1997 e 2000, a unidade de Ensino a

Distância do Instituto Politécnico do Porto. Ao longo da sua carreira foi autor de mais de 50 publicações e comunicações sobre este tema, incluindo dois livros.

Capítulo 15

Sistema de Edición y Evaluación de Exámenes

David Estévez Villaverde, y Martín Llamas Nistal, *Senior Member, IEEE*

Title— System for Edition and Assesment of Exams.

Abstract—There are a lot of tools for editing examinations. These tools usually offer the capability of saving the exams according to a software manufacturer format.

This chapter presents a tool for designing and editing exams that is able to save the questions in the standard “IMS QTI 2.0” and that also has other series of outstanding characteristics like: (i) help assistant to manually correct questions; (ii) exam access control according to IP direction; (iii) calculation of marks in function of the time spent; (iv) multiteacher and multipupil environment and finally (v) importation/exportation of questions and groups of questions.

Keywords—assessment, e-learning, IMS QTI, Test on-line.

Resumen—Existen muchas herramientas para editar exámenes. Estas herramientas generalmente ofrecen la capacidad de guardar los exámenes respetando un formato del fabricante del software.

Este capítulo presenta una herramienta de diseño y evaluación de exámenes que permite almacenar las preguntas en el estándar “IMS QTI 2.0”, y que además cuenta con otra serie de características destacadas como: (i) asistente de ayuda a la corrección manual; (ii) control según dirección IP de acceso al examen; (iii) cálculo de la nota en función del tiempo utilizado; (iv) entorno multiprofesor y multialumno; y por último, (v) importación/exportación de preguntas sueltas y grupos de preguntas.

Palabras clave— assessment, e-learning, IMS QTI, Test on-line.

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años se ha asistido a un uso cada vez mayor de herramientas de e-learning o teleformación, no sólo aplicadas a la educación a distancia sino también como apoyo a la educación clásica, y en concreto a aquella enseñanza reglada que se imparte tanto en colegios como en

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO SIIE 2007, Porto, Portugal.

David Estévez Villaverde participó con el departamento de ingeniería telemática, Campus Universitario s/n, E-36310 Vigo (España) +34 986812100 davestevilla@gmail.com.

Martín Llamas Nistal participó con el departamento de ingeniería telemática, Campus Universitario s/n, E-36310 Vigo (España) +34 986812171 martin@uvigo.es.

universidades. Un aspecto de suma importancia en cualquier proceso educativo es la evaluación de los conocimientos adquiridos, evaluación que en la enseñanza convencional suele realizarse a través de los tradicionales exámenes.

En este capítulo describiremos un Sistema de Edición y Evaluación de Exámenes, pensado no sólo para evaluación en línea en sitios remotos, sino también como apoyo a la evaluación presencial que se realiza por ejemplo en las universidades. Por ello, además de la corrección automática de preguntas de estructura sencilla (verdad/falso, valores numéricos, tipo test, etc.), incorpora facilidades para corrección manual de las preguntas tipo texto, incluyendo creación de listas de errores comunes para cada pregunta y la asociación de esos errores al texto de las respuestas, para que del lado del alumno se puedan resaltar más fácilmente los errores y del lado del examinador se pueda tener una idea más clara tanto cualitativa como cuantitativamente de los conceptos que suponen una mayor dificultad para los alumnos.

Además se tiene la capacidad de controlar los ordenadores desde los que se tienen acceso al examen, no sólo para restringir los ordenadores desde los que se puede hacer el examen sino también para poder poner distintos exámenes dependiendo del ordenador desde el que se acceda. Esto hace que la aplicación se convierta en un entorno multiprofesor y multialumno.

El resto del capítulo está organizado de la siguiente manera. En la siguiente sección presentaremos un estudio del estado del arte resaltando las principales funcionalidades y características que presentan las herramientas de evaluación de exámenes. En la sección 3 se muestran las funcionalidades de nuestro sistema, para en la sección 4 mostrar la arquitectura del mismo. Finalmente en la sección 5 se presentan las líneas futuras del sistema.

II. ESTADO DEL ARTE

Antes de comenzar el desarrollo de la herramienta se revisaron las aplicaciones existentes en ese momento para comprender cuáles son las características exigibles a este tipo de software y también para analizar en qué puntos presentan carencias que poder solventar.

Existen bastantes herramientas para el tratamiento automático de exámenes, algunas están dedicadas exclusivamente a esta tarea y otras están incluidas dentro de

TABLA I
COMPARATIVA DE APLICACIONES

	ASSESST DESIGNER	QAED	RAPIDEXAM
ARQUITECTURA	Java y XML	Java y XSL	Active X
COMPATIBILIDAD	IMS QTI 1.2	IMS QTI-Lite	IMS QTI 1.2
FORMATOS	XML o ZIP	XML o ZIP	propietarios
CLASIFICACIÓN	en catálogos	en categorías	no
DISEÑO	sí	sí	sí
EJECUCIÓN	sí	no	sí
RESULTADOS	al terminar	no	al final y en progreso
ESTADÍSTICAS	no	no	sí
TIPOS DE PREGUNTAS	lógicas y rellenar huecos	sólo una	varias
COMERCIAL	sí	no	sí
USUARIOS POR COPIA	varios	uno	uno

plataformas de teleformación como una funcionalidad más. Atendiendo a la arquitectura interna de funcionamiento y a sus objetivos, se escogieron 3 aplicaciones para analizarlas en mayor profundidad, 2 procedentes del mundo empresarial, "Assesst Designer" [8] y "RapidExam" [9] y otra con cuna en la universidad "QAed" [7]. Además contamos con los resultados en cuanto a utilización de estándares del trabajo realizado en [4].

A. Conclusiones sobre las herramientas.

En el estudio realizado en [4], de las 4 plataformas de código abierto más populares (Moodle, Dokeos, Claroline y Atutor) sólo dos (Moodle y Dokeos) soportaban el estándar IMS QTI, y sólo para exportación. En el mismo estudio, sobre un total de 21 herramientas de evaluación listadas en [5]-[6], sólo 4 soportaban IMS QTI. Resalta que siendo este estándar muy conveniente para la reutilización de los exámenes y preguntas, esté tan poco extendida su utilización.

En cuanto al análisis en profundidad de las herramientas de exámenes mencionadas anteriormente (cuyo resumen se puede ver en la tabla I, y una descripción a más detalle en [3]), se llega a la conclusión de que hay ciertas características que una buena aplicación de este tipo debería cumplir: (i) existencia de varios tipos de preguntas que se puedan escoger en el momento de diseñar el examen, de otro modo se limitaría el uso de la herramienta a hacer exámenes muy específicos; (ii) inclusión de tipos de preguntas donde el alumno pueda explicarse libremente en texto, y que son distintos a los tipos sencillos de preguntas donde se busca la facilidad de automatización de corrección (verdad/falso, tipo test, etc.) a costa de mayor pobreza de expresividad; (iii) organización de los exámenes según algún criterio para facilitar la búsqueda y elección de cada uno para la ocasión adecuada; y (iv) un entorno gráfico atractivo, intuitivo y sobretodo fácil de aprender para los usuarios.

Así mismo se han echado en falta una serie de funcionalidades dentro de alguno de los sistemas descritos: (i)

que el sistema sea independiente de la plataforma de tal modo que los alumnos no tengan impedimentos para participar en el sistema debidos al procesador o el sistema operativo de la máquina a través de la cual tienen acceso. (ii) Generación de informes de resultados y estadísticas. Es una carencia muy notoria que presentan aplicaciones existentes en el mercado. Implementando esta característica se puede cubrir un ciclo completo que incluye desde el momento en que se plantean las preguntas, pasando por la corrección de las respuestas de los alumnos hasta llegar al análisis de los resultados de los alumnos a título individual o como miembros de un determinado grupo. (iii) Posibilidad de que el profesor decida la nota para las preguntas en las que el alumno responde con una serie de frases a una pregunta. El profesor debe estar apoyado por un sistema que facilite la corrección manual, que permita identificar errores en un texto y asociarlos a una merma de error fijada previamente. (iv) Funciones de gestión de fichas para un grupo de alumnos. (v) Capacidad de importar unidades de evaluación inferiores a exámenes, dotando así al sistema de mucha mayor potencia. (vi) Consideración del tiempo en responder a la pregunta como una de las variables para obtener la nota, variable que en determinados exámenes supone un mérito.

B. Introducción a IMS QTI

IMS QTI [1]-[2] es un estándar especialmente orientado al desarrollo de exámenes y preguntas a través de la red, que facilita su interoperabilidad y reutilización. Los sistemas de evaluación pueden continuar almacenando su información en formatos propietarios pero si además desean facilitar la importación y exportación con otros sistemas, debe usarse el formato IMS QTI.

IMS QTI se basa en XML [15] que se está convirtiendo en la estructura de datos favorita para almacenamiento e intercambio de datos entre aplicaciones en Internet.

La versión "2.0" [1] llegó a la categoría de estable el 24 de enero del 2005. Respecto a la versión "1.2" [2] del 11 de febrero del 2002, se han introducido una serie de cambios en

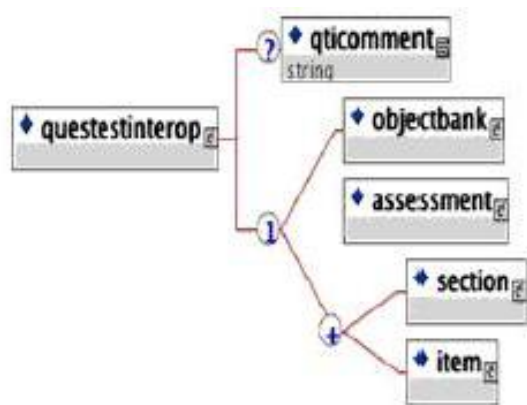


Fig. 1. questestinterop

el nivel del Item, mientras que la definición de Assessment y Section sigue vigente.

La especificación se define en dos grupos de documentos, independientes entre sí. El primero es ASI (Assessment, Section, Item), concerniente al contenido del examen. Ha sido actualizado en la versión "2.0" de IMS QTI con los documentos "Guía de implementación", "Modelo de información", "Metadatos y datos de uso", "Guía de integración", "Representación en XML de ASI", "Guía de conformidad", y "Guía de migración". No varían desde la anterior especificación "Selecciones y ordenamiento con ASI", y "Procesamiento de los resultados con ASI".

El segundo grupo de documentos de los que consta la especificación es el relativo a la presentación de informes de resultados ("Results Reporting"), que se mantienen invariables desde la versión "1.2" de la especificación.

1) Modelo básico de información de los exámenes

El elemento questestinterop es el de más alto nivel de la especificación, y engloba a los restantes elementos (ver figura 1).

La versión "2.0" de este documento es la guía de referencia del modelo de datos de los Items. Un Item es el objeto intercambiable más pequeño, contiene la pregunta, instrucciones para la presentación, reglas para procesar la respuesta, indicaciones sobre la realimentación a presentar y metadatos de descripción.

De la versión "1.2" siguen vigentes las definiciones de:

Assessment: colección de preguntas empleadas para calcular el nivel de conocimiento sobre una materia. Contiene instrucciones sobre la secuenciación de sus elementos y de cómo agregar las puntuaciones de sus componentes.

Section: agrupación de Items para satisfacer dos necesidades: clasificar preguntas según la materia y restringir la actuación de las reglas de secuenciación. Los elementos de esta clase pueden anidarse entre sí.

Object-bank: colección de Items y Sections con su propio identificador y metadatos para facilitar que sus contenidos sean buscados.

2) Modelo básico de información de los resultados

Diferentes elementos almacenan la información de las respuestas a los exámenes: *summary_result*, contiene información de alto nivel sin aportar datos sobre la estructura del examen. Además existen tres elementos que contienen la información de resultados correspondientes a los principales elementos de ASI: *assessment_result*, *section_result* e *item_result*.

III. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

Las funcionalidades del sistema las podemos dividir en cuatro grandes grupos: Diseño de exámenes, Evaluación, Tratamiento de datos y Registro de participantes.

Algunas características son comunes a estos cuatro grandes grupos, como es la elección del idioma. El sistema es multilingüe y admite en principio tres idiomas: gallego, castellano e inglés.

A. Diseño de exámenes

En este grupo encontramos las típicas funcionalidades de edición, borrado, carga y almacenamiento de exámenes. Es posible importar o exportar exámenes desde el sistema de ficheros, además la herramienta permite operar con grupos pequeños de preguntas y preguntas sueltas para después poder cargarlas en el examen en curso.

Indicando la dirección IP del ordenador donde se encuentra

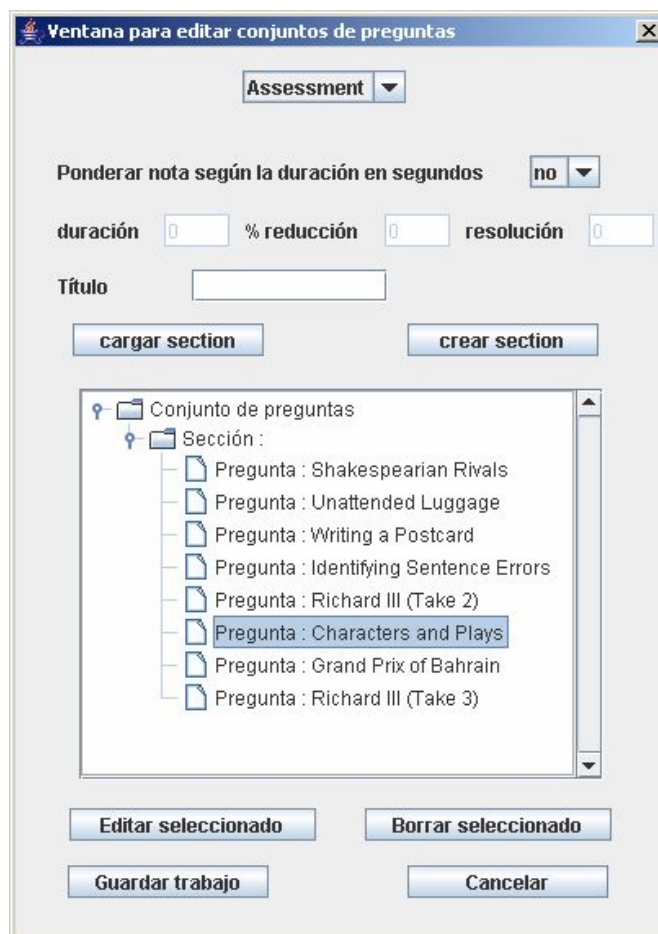


Fig. 2. Edición de preguntas

la base de datos se puede trabajar con datos de exámenes guardados en equipos remotos.

Las preguntas se clasifican internamente en función del identificador del profesor que las genera.

Tipos de preguntas soportadas:

-- **Choice.** Es la habitual pregunta de elegir entre varias opciones. Permite especificar la puntuación para el caso de acierto y de fallo.

-- **InlineChoice.** Muy similar a la anterior pregunta, la diferencia es que en este caso es posible añadir texto que rodee a la selección de opciones.

-- **Order.** Antes de añadir una opción se indica la posición de la tabla en la que se va a ubicar. El orden en que se almacenan las opciones coincide con el orden de la secuencia que constituye la respuesta correcta.

-- **Associate.** Se especifican las parejas y la puntuación que se obtendría si se aciertan.

-- **Match.** Se trata de otra pregunta de asociación de elementos por parejas, a diferencia del anterior caso en el que la elección de los elementos era libre. En esta ocasión existen dos grupos de opciones y dentro de cada grupo no es posible emparejar los elementos entre sí.

-- **Hottext.** Sirve para especificar un texto y dentro de él, una serie de palabras clave entre las que se puede seleccionar la que cumpla los criterios especificados en el enunciado.

-- **TextEntry.** Es similar a Choice o Inline con la diferencia de que aquí la respuesta se escribe y no se selecciona de entre un grupo.

-- **ExtendedText.** Se corresponde con las preguntas de razonamiento.

En la figura 2 se puede ver una ventana de ejemplo de edición de preguntas.

B. Evaluación

En este apartado se regula la interacción de alumnos y profesores con los exámenes diseñados.

Entre las funcionalidades que se sostienen en este módulo hay algunas destinadas a los profesores y otras a los alumnos.

Entre las de utilidad para los profesores destacan: (i) Especificación de hasta cuatro grupos de direcciones IP a cada uno de los cuales se les puede asignar un examen diferente. Esto permite posibilidades interesantes como organizar los puestos de forma que un estudiante no tenga al lado otro compañero realizando el mismo examen, dividir a los alumnos según su nivel, etc. (ii) Elección de entre los exámenes diseñados por cada profesor del examen a ejecutar. Desde esta página se pueden repasar las direcciones IP con permisos para acceder al examen y los alumnos conectados durante el periodo del examen. (iii) Interruptor para iniciar o finalizar el examen. Y por último, (iv) el asistente a la corrección, la más novedosa de todas y del que se hablará más adelante.

Para los alumnos es de interés el enlace de acceso para comenzar el examen. Una vez pulsado se despliega el examen que corresponde según el punto de acceso o una advertencia si no hay ningún examen activo para el ordenador que accede. Se

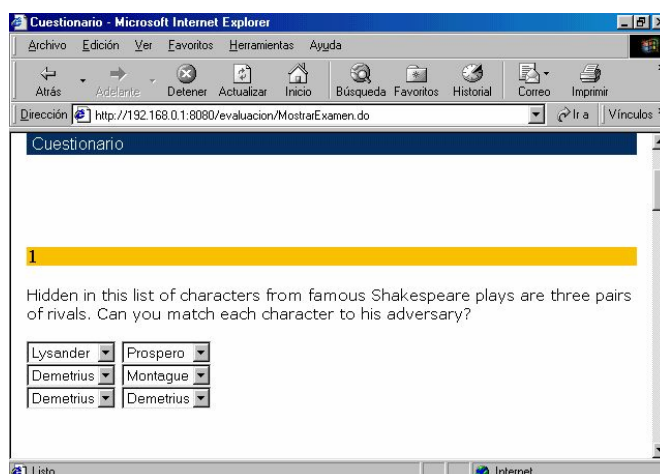


Fig. 3. Vista del examen para el alumno

indica el nombre y una foto del alumno además del profesor que lanza el examen, de este modo se facilita un control más fácil de los participantes en la prueba. También caso de que la puntuación dependa del tiempo se muestra un contador temporal para recordar al alumno que cuando llegue a cero sufrirá una merma en la nota.

Cuando los alumnos envían sus respuestas a un examen el sistema quita de forma automática los permisos de acceso a sus resultados a todos los alumnos. Con este comportamiento se garantiza que ningún estudiante pueda averiguar las respuestas correctas mientras otros alumnos todavía están realizando el examen. En la figura 3 podemos ver una vista de examen para el alumno.

1) Asistente a la corrección

De las 8 clases de preguntas que el sistema soporta, 2 de ellas solicitan al participante que responda escribiendo un texto. Son los casos de Text Entry y Extended Text. La primera se corresponde con una pregunta de respuesta corta, para este caso la corrección es automática inicialmente, ya que la nota se fija comparando con un patrón que se establece en el subsistema de diseño.

La segunda es una pregunta de razonamiento en la que el alumno tiene más espacio para responder y en donde no tendría ningún sentido la comparación con un patrón por lo que se decidió que en la evaluación automática no se aporte puntuación y que se espere a la corrección personal del profesor.

Desde la ventana de corrección para la pregunta existe la posibilidad de definir una lista de errores e ir seleccionando texto de las respuestas de los alumnos para asociar a esos errores, de este modo, cuando el alumno vea sus contestaciones distinguirá en un enlace de color rojo sus errores y en cuanto pulse sobre ellos una ventana informativa le dará una descripción. Cada error irá ligado a una merma en la nota que se restará sobre una nota base para la pregunta que se decide en la cabecera de la página. En la figura 4 podemos ver una ventana del sistema mostrando alguna de las características apuntadas.

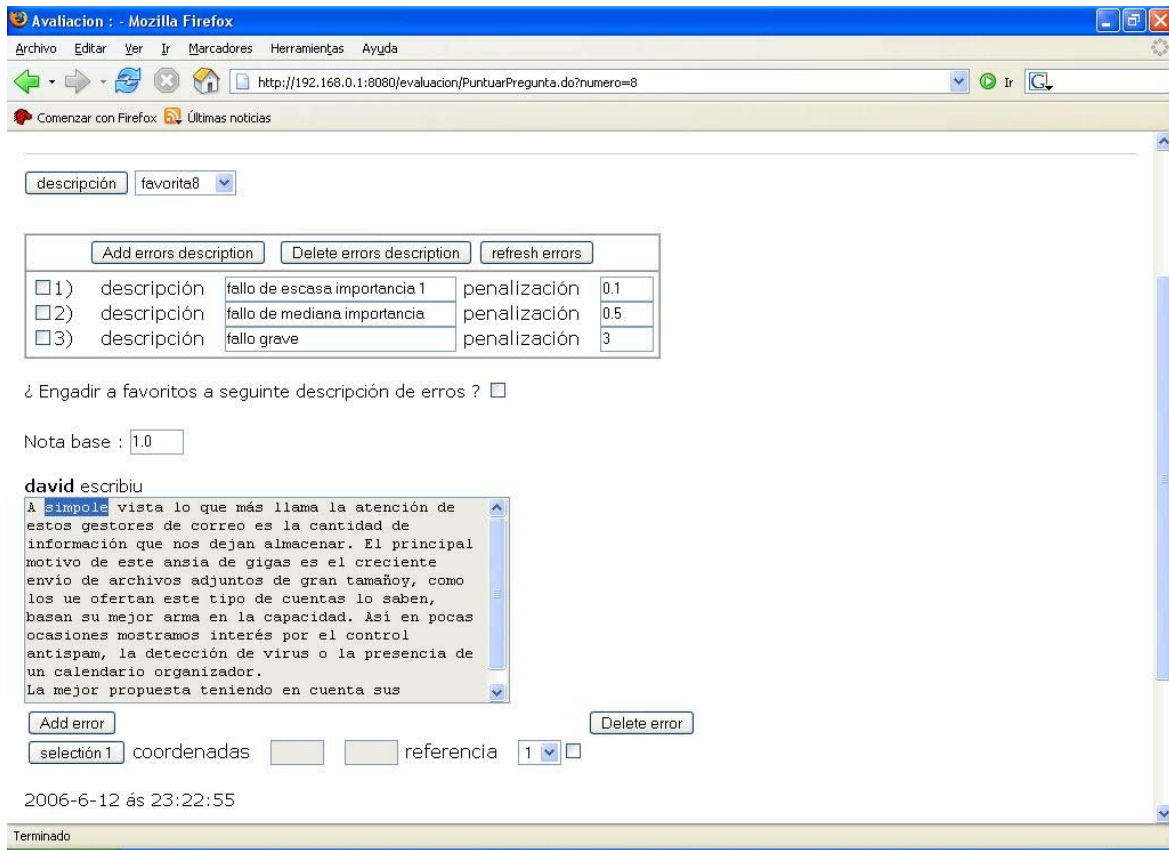


Fig. 4. Asistente a la corrección

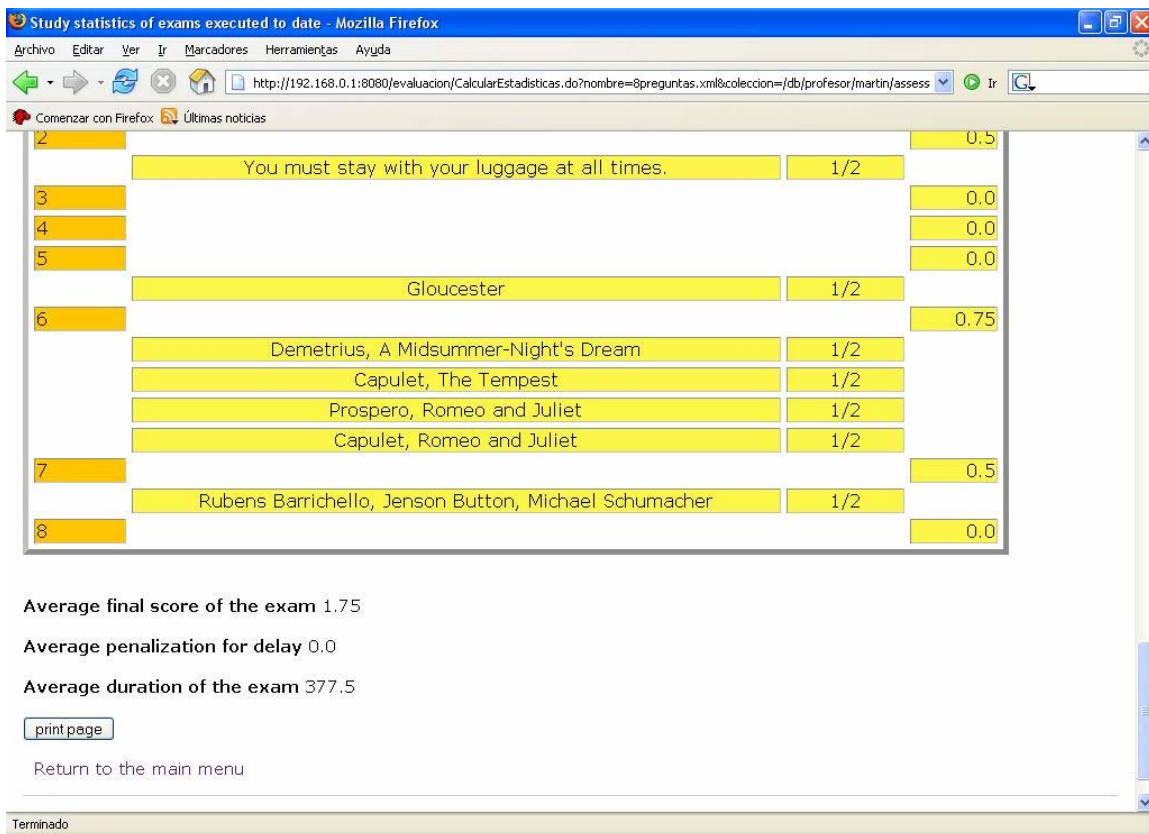


Fig. 5. Estadísticas

En los restantes tipos de preguntas la nota se obtiene sin intervención del profesor en la corrección, no obstante lo que sí puede hacer el profesor es añadir comentarios que todos los alumnos que realizaron el examen podrán leer desde la ventana en la que observan los resultados.

C. Tratamiento de datos

En este subsistema se cubren funcionalidades como eliminación de exámenes creados, muestra de enunciados, control de acceso de los alumnos a sus resultados, consulta de resultados por parte de los alumnos y profesores y generación de estadísticas de resultados de exámenes (por ejemplo, en la figura 5).

D. Registro de participantes

Por último éste es el grupo de funcionalidades que incluye la gestión de datos personales de los alumnos, edición, modificación, control de acceso, etc.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA

Se divide finalmente el sistema en cuatro bloques diferenciados (figura 6), uno por cada bloque de funcionalidades:

-- El **subsistema de diseño de exámenes** proporciona facilidades para que un profesor pueda crear exámenes mediante una sencilla interfaz gráfica y además internamente se encarga de que sean compatibles con la especificación IMS QTI 2.0 [1]. Implementa: (i) La importación y la exportación de exámenes desde el sistema de archivos. (ii) Carga desde la base de datos y representación de grupos de preguntas o preguntas sueltas. (iii) Una interfaz gráfica para poder definir preguntas de cada uno de los ocho tipos disponibles. (iv) Capacidad de edición, borrado y modificación.

-- El **subsistema de evaluación** implementa el proceso de configuración del examen, interacción de los alumnos con él y almacenamiento de las respuestas. Sus principales características son: (i) representación con elementos de formulario; (ii) evaluación automática de 6 tipos de preguntas; (iii) control de la duración del examen; (iv) discriminación según dirección IP en el acceso; y (v) mecanismo de ayuda a la corrección.

-- El **Subsistema de registro** de participantes trabaja con la información personal relativa a todos los alumnos que han decidido tomar parte en el sistema. Entre otros datos se encarga de gestionar los nombres de usuario y contraseñas de los alumnos. Este subsistema gestiona: (i) los datos personales de todos los alumnos del sistema; (ii) creación de nuevas cuentas para alumnos, incluyendo actualización y eliminación de los datos; (iii) gestión de privilegios de acceso y modificación de la información; y (iv) registro de los exámenes realizados por cada alumno.

-- El **Subsistema de tratamiento de datos** se encarga de: (i) generación y representación de resultados resaltando los

errores; (ii) organización según alumno o examen; (iii) generación de estadísticas; (iv) posibilidad para el profesor de añadir comentarios para las preguntas; (v) control del periodo de consulta de resultados; y (vi) gestión de comentarios sobre preguntas.

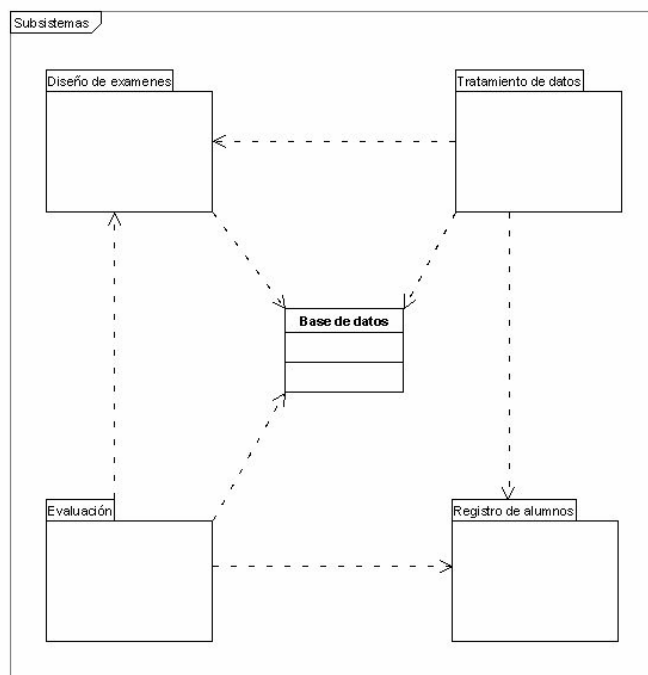


Fig. 6. Subsistemas de diseño

A. Modelo físico de datos

En el proyecto la información que se maneja, a excepción de una pequeña parte destinada a determinar las fichas de los alumnos, es la estipulada por el estándar IMS QTI.

La especificación define un amplísimo número de elementos y almacenarlos con un modelo entidad/relación provocaría un elevadísimo número de tablas y relaciones a no ser que se limitaran en gran medida las estructuras definidas en la especificación.

Por tal motivo en la aplicación se descarta el modelo entidad/relación y se opta por obtener una correspondencia de todos los elementos presentes en los documentos XML que respeten el estándar. Como resultado la aplicación trabaja con tantos objetos como elementos hay en la especificación. Por tanto en este caso el modelo físico de datos corresponde con las definiciones de los datos indicadas para los exámenes en los documentos de definición de datos (DTD) de la especificación.

Esta situación es la principal causa de uno de los aspectos más innovadores del sistema: el tipo de base de datos empleada para almacenar los documentos, una base de datos nativa XML. Además con esta tecnología la velocidad de obtención de datos es mayor que en un sistema relacional.

B. Implementación del sistema

Los subsistemas se desarrollan respetando una arquitectura de 3 niveles. Para el desarrollo de la aplicación se han combinado diferentes tecnologías:

-- **Páginas JSP:** Parte significativa del desarrollo de la aplicación Web se ha realizado usando tecnología JSP, Java Server Pages. [10]. Entre las principales ventajas de la tecnología JSP radica la seguridad que el programador tiene sobre su código, ya que éste se encuentra únicamente en los archivos del servidor y es ejecutado al ser solicitado por parte del usuario a través de la Web. El cliente sólo tiene acceso a la página Web resultante. Otra ventaja para el programador es que ayuda a una mayor estructuración del código, al permitir separar la presentación final de la lógica de negocio. Además permite también accesibilidad por parte de los usuarios, tanto alumnos como profesores a través de navegadores Web convencionales.

-- **Struts:** Se ha utilizado para organizar el desarrollo de la aplicación Web. Struts [11] es un marco de trabajo gratuito para construir aplicaciones Web Java, un proyecto nacido del seno de "The Apache Software Foundation". El núcleo de Struts es una capa de control flexible basada en tecnologías estándar como servlets, javabeans, XML [15], así como varios paquetes de desarrollo comunes del proyecto "Jakarta" [12]. En este modelo el flujo de la aplicación lo coordina un controlador central que delega las peticiones al manejador adecuado. Los manejadores están enlazados al modelo y cada uno actúa como un adaptador entre la petición y el modelo. El modelo encapsula la lógica de negocio. El control es generalmente devuelto del controlador a la vista apropiada. El direccionamiento suele decidirse consultando una serie de correspondencias generalmente cargadas, bien de una base de datos o de un archivo de configuración. Al diferenciarse la vista y el modelo, las aplicaciones se hacen más fáciles de crear y mantener.

-- **Javascript y DHTML:** Algunos efectos visuales del proyecto requieren procesado que se realiza en el ordenador del cliente. Dichos efectos van más allá de la especificación de HTML porque suponen cambios de forma dinámica en la página que se representa al cliente. Para conseguir los resultados deseados se ha recurrido a Javascript y DHTML.

-- **eXist:** es la base de datos escogida para almacenar la información sobre evaluación que tiene que gestionar el sistema. Entre sus características más notables se encuentra la indexación automática. Para evitar un uso intensivo de la memoria en movimientos de árboles de documentos, eXist [14] utiliza una estructura eficiente de índices que está basada en un esquema de indexación numérica para identificar nodos XML en el índice. Tiene una íntima integración con las herramientas de desarrollo XML existentes. También proporciona facilidades para acceso desde métodos Java. La base de datos en memoria ocupa poco, está completamente escrita en Java y puede ser desplegada en multitud de formas: funcionando como un proceso en solitario, dentro de un motor de servlets como "Tomcat" o embebida directamente dentro de una aplicación. Como una aplicación Web responderá a las

consultas tanto de la aplicación de diseño como de la aplicación Web integradas en el sistema.

-- **JAXB:** Java Architecture for XML Binding, JAXB [13] es la solución estándar de SUN para la extracción de objetos Java a partir de entidades XML y viceversa. JAXB incluye métodos para transformar instancias XML en árboles con contenido y para realizar el proceso inverso. Otra ventaja vital para haber escogido la utilización de JAXB es que la interfaz de programación de "eXist" [14] proporciona muchas facilidades para invocar la base de datos desde Java y que junto con JAXB permite disponer de los objetos de datos con los que fácilmente se puede trabajar.

V. TRABAJOS FUTUROS

El sistema está siendo empleado de manera experimental en algunas asignaturas de la E.T.S.I. de Telecomunicación de Vigo (España), lo que permite una razonable realimentación sobre los aspectos a mejorar o a incorporar en el futuro.

Entre estos futuros trabajos destaca la incorporación de exámenes escritos a la herramienta, de tal forma que no sea necesario realizar el examen en un ordenador sino de la manera habitual, escribiendo en folios las respuestas que posteriormente serán digitalizadas y tratadas por la herramienta, facilitando al profesor la corrección de los mismos.

Otro aspecto a tener en cuenta en el futuro es la actualización del estándar IMS QTI [1]. Actualmente la versión estable es la 2.0, la empleada en nuestro sistema, pero se está trabajando en la versión 2.1 que por ahora está en fase de borrador, pero que en un futuro pasará a estable, y por lo tanto nuestro sistema deberá actualizarse a esta nueva versión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través del proyecto "MetaLearn: metodologías, arquitecturas y lenguajes para sistemas E-learning adaptativos" (TIN2004-08367-C02-01).

REFERENCIAS

- [1] "IMS Question & Test Interoperability v 2.0". Febrero 2005. Disponible en <http://www.imsglobal.org/question> [último acceso Marzo 2007]
- [2] "IMS Question and Test Interoperability: Overview, Version 1.2, Final Specification". C. Smythe, E. Shepherd, L. Brewer y S. Lay editores. IMS. Febrero 2002. Disponible en http://www.imsglobal.org/question/v1p2/imsqti_oviewv1p2.html [último acceso Junio 2006]
- [3] Estévez Villaverde, David. "Sistema de Edición y Evaluación de Exámenes". Proyecto Fin de Carrera. Tutor: Llamas Nistal, Martín. E.T.S.E. Telecomunicación, Universidade de Vigo. Marzo de 2007.
- [4] González-Barbone, Víctor, y Llamas-Nistal, Martín. "eAssessment: Trends in Content Reuse and Standardization" IEEE/AASE Frontiers In Education Conference, Milwaukee, Wisconsin, USA, Octubre 2007.
- [5] Ferl BECTA. "On-Line Assessment software". <http://ferl.becta.org.uk/display.cfm?page=193> [último acceso Noviembre 2006]
- [6] Suleman, Shakeel. "E-assessment". Ferl First, BECTA, UK. 29 Apr 2003. <http://ferl.becta.org.uk/display.cfm?resid=5367&printable=1> [último acceso Noviembre 2006]
- [7] QAed 1.5. Grup de tecnologies interactives Universitat Pompeu Fabra. 2003. <http://gti.upf.edu/leteos/newnavs/qaed.html>.

- [8] xDLSoft IMS Assesst Designer 1.6.5. xDLSoft, 2003. <http://www.xdlsoft.com/products.html>
- [9] Rapid Exam 2.5. XStream Software. 2005. http://www.xstreamsoftware.com/rapidexam_description.htm.
- [10] "Página oficial de JSP". <http://java.sun.com/products/jsp/>.
- [11] "Apache Struts Web Application Framework". 2005. <http://struts.apache.org>.
- [12] "Proyecto Jakarta". <http://www.jakarta.apache.org/>
- [13] "JavaTM Architecture for XML Binding, Specification Version: 1.0, Reference Implementation, RI, Version: 1.0.4". Octubre 2004.
- [14] "eXist 1.0 beta 2". 2006. <http://exist.sourceforge.net/>.
- [15] "Extensible Markup Language, XML 1.0, Fourth Edition". Tim Bray, Jean Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, Eve Maler, François Yergeau, Editors. Agosto 2006. Disponible en web: <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816/> [último acceso Mayo 2007]



David Estévez Villaverde obtuvo el título de Ingeniero de Telecomunicación, especialidad telemática, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo en Marzo del 2007. Realizó su proyecto fin de carrera en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo. Trabaja en la empresa Bastet Ingeniería desde Marzo del 2006.



Martín Llamas Nistal es Ingeniero de Telecomunicación (1986) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (1994) por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde Marzo de 1987 es profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo. Ha participado y dirigido varios proyectos de investigación en el ámbito del e-learning. Sus áreas de interés son fundamentalmente e-learning e ingeniería web. Ha participado como autor o coautor en más de 180 publicaciones en revistas y congresos. Ha sido director del Área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Vigo desde Diciembre de 1998 hasta Octubre de 2003. Desde Marzo de 2004 es miembro de la Junta Directiva del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE y Coordinador de su Comité Técnico, de Acreditación y Evaluación.

Capítulo 16

Reorganização de um Curso Técnico em Edificações com base na Utilização de um Modelo de Agentes $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$

Glaucius Décio Duarte, Antônio Carlos da Rocha Costa, e Mara Lúcia Fernandes Carneiro

Title—Reorganization of a Technician Course in Civil Constructions With Base in Use of an $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$ Agents' Model.

Abstract—This paper presents and details the basic elements for $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$ agents' model, to be used in reorganization of a technician course in civil constructions. The adoption of the considered model justified as being a resource to easily, including the use of structural, functional and deontic specification diagrams in an education organization, with objective to facilitate its management in dynamic process of curricular modifications of curricular units or of the professors' group.

Keywords—Computer science education, management education, multiagent systems, management of the organizations, reorganization of courses.

Resumo—Este artigo apresenta e detalha os elementos básicos para o modelo de agentes $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$, a ser utilizado na reorganização de um curso técnico em edificações. A adoção do modelo proposto justifica-se como sendo um recurso facilitador, que inclui o uso de diagramas de especificações estruturais, funcionais e deonticas de uma organização educacional, com o objetivo de facilitar a sua gestão em processos dinâmicos de alterações curriculares, conteúdos de unidades curriculares ou do corpo docente.

Palavras-chave—Informática educativa, gestão educacional, sistemas multiagentes, gestão das organizações, reorganização de cursos.

Este trabalho foi apresentado originalmente no X CICLO DE PALESTRAS SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, CINTED, UFRGS, Brasil.

Glaucius Décio Duarte é professor/pesquisador no Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), RS, Brasil (fone: 55-53-2123-1029; fax: 55-53-2123-1006; e-mail: glaucius@cefetr.rs.br).

Antônio Carlos da Rocha Costa é professor/pesquisador na Universidade Católica de Pelotas (UCPel), RS, Brasil (e-mail: rocha@ucpel.rs.br).

Mara Lúcia Fernandes Carneiro é professora/pesquisadora no Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), RS, Brasil (e-mail: mara.carneiro@ufrgs.br).

I. INTRODUÇÃO

A reorganização de um curso técnico, a cada semestre letivo, exige do professor comprometido com o papel de coordenador de curso, a árdua tarefa de reformulação dos horários de unidades curriculares, envolvendo a inclusão, manutenção ou exclusão de compromettimentos de professores com as turmas.

A educação profissional de nível técnico no Brasil, regulamentada pelo Ministério da Educação (MEC), inclui a necessidade de atualização permanente dos cursos e currículos, estabelecida no item VI, artigo 3.º, da resolução nº 4/99 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e Câmara de Educação Básica (CEB). Este trabalho propõe uma metodologia para instrumentalização dessa necessidade, utilizando diagramas especialmente desenvolvidos para a modelagem de cursos nesta modalidade de ensino. Estes podem ser considerados como organizações educacionais, que estão constantemente passando por processos de reorganização.

Este trabalho considera a existência de um processo permanente de reconstrução curricular e docente, agravado pelo alto índice de professores substitutos, que de acordo com a legislação vigente, podem permanecer somente pelo prazo máximo de dois anos.

A. Curso Técnico em Edificações: CEFET-RS

O Curso Técnico em Edificações (EDI), ofertado pelo CEFET-RS, de acordo com Sastre et al. [9], tem sua existência justificada na medida em que visa fundamentalmente à formação de profissionais para atender a demanda da indústria da Construção Civil, setor responsável pelo suprimento do déficit habitacional no Brasil. A inexistência de um plano habitacional, de forma a eliminar as carências de unidades residenciais, estimadas em mais de vinte milhões, faz com que este déficit seja progressivo a cada ano.

O objetivo principal do curso consiste na formação de um profissional legalmente habilitado, que possua competências para atuar em: escritórios de projetos, orçamentos,

levantamentos de material para estimativa de custo, laboratórios de materiais de construção e solos, levantamentos topográficos, planejamento e execução de obras de construção civil, coordenação de equipes de trabalho, seleção e treinamento de pessoal, realização de interfaces entre áreas técnica e administrativa das construtoras.

B. Reformas Curriculares

Toda reforma pressupõe uma intenção explícita de mudar, de melhorar, corrigir, aperfeiçoar, acrescentar, suprimir e indicar, se necessário, uma provável ruptura com o modelo existente, desvinculando-o do mesmo para criar uma nova proposta de trabalho, com objetivos que atendam às reais necessidades do mercado e das novas formas de relações de capital e trabalho. O surgimento de novas tecnologias, que evoluem a cada ano, faz com que velhos conceitos e formas de atuar sejam repensados.

Adaptar EDI às novas exigências do mercado, aliado à legislação vigente, consiste no objetivo maior das últimas reformas implantadas no CEFET-RS. As reformas não ocorrem somente em nível curricular, mas são fundamentalmente estruturais, tendo como uma das referências o sistema educacional estabelecido pela legislação educativa, assim como pelos exemplos e experiências adquiridas desde a implantação do curso na instituição.

Considerou-se, ainda, que os docentes comprometidos com o curso devem ter sua atuação fundamentada no desenvolvimento e aprofundamento de conhecimentos e habilidades em conteúdos específicos em suas áreas de atuação.

II. DESENVOLVIMENTO

A. Organização do Curso

“Todo conhecer depende da estrutura daquele que conhece [...] o que é a organização de algo? É alguma coisa ao mesmo tempo muito simples e potencialmente complicada. Trata-se daquelas relações que têm de existir, ou têm de ocorrer, para que esse algo seja [...] essa situação é universal, no sentido de que é algo que fazemos constantemente como um ato cognitivo básico. Este consiste em nada mais nada menos que gerar classes de qualquer tipo [...] os seres vivos se caracterizam por, literalmente, produzirem de modo contínuo a si próprios.” [6](p.40;50;52)

A necessidade de produzir continuamente um curso de melhor qualidade nos leva a considerar a possibilidade de organização do curso (EDI), estabelecendo inicialmente uma modelagem estrutural em função das seguintes necessidades:

--Estruturação do curso em módulos semestrais.

--Distribuição das disciplinas nos módulos semestrais.

--Comprometimento de docentes com os módulos.

--Comprometimento de docentes com as áreas do curso.

--Comprometimento de docentes com as disciplinas.

--Comprometimento de docentes com os conteúdos a serem ministrados nas disciplinas.

--Estruturação do espaço físico das instalações do curso.

--Alocação de espaços para equipamentos existentes no curso.

--Especificações didáticas.

--Especificações pedagógicas.

--Comprometimento de docentes com tarefas destinadas à organização do curso.

--Comprometimento do curso e docentes com projetos de extensão ou pesquisa.

B. Modelo MOISE⁺

O modelo organizacional MOISE⁺ [5], estabelecido com base na tecnologia de sistemas multiagentes (SMA), permite estabelecer precisamente quais os componentes que formam uma organização e como estes podem contribuir para a finalidade do SMA [1] [10]. Os diagramas apresentados para este modelo, lembram de forma significativa, as convenções definidas pela UML [7].

Além desta função ontológica, o modelo MOISE⁺ foi desenvolvido para auxiliar, em uma etapa posterior, um processo de reorganização. Apresenta, portanto, características que suportam tanto a análise quanto o projeto de novas organizações.

C. Modelo MOISE⁺_{EDU} para Organização do Curso

O aspecto generalista proposto pelo modelo MOISE⁺ apresentado por Hübner [4], que permite que este modelo possa ser aplicado a modelagem de qualquer tipo de organização, no contexto da aplicação neste trabalho, nos leva a estabelecer uma versão adaptada ao caso educacional, que será definida a partir deste ponto como MOISE⁺_{EDU}.

Para uma melhor compreensão deste modelo, Duarte, Costa e Carneiro [3](Tabela 1, p. 4), apresentam as correspondências entre o modelo de curso e o SMA. Exemplos de diagramas de Especificação Estrutural (EE), Especificação Funcional (EF), Especificação Deontica (ED) e Entidades da Organização (EnO) de um curso, foram apresentados por Duarte, Costa e Carneiro [3], em um estudo de caso relativo à modelagem da organização de um curso a distância, ofertado pela Universidade Aberta do Brasil (UAB), na unidade instalada no CEFET-RS.

Por sua vez, este trabalho mostrará a seguir como a reorganização de EDI está sendo especificada utilizando-se o modelo proposto, em função das necessidades impostas por novas reformulações curriculares e do corpo docente.

D. Reorganização do Curso

“As modificações estruturais ontogênicas de cada célula são necessariamente diferentes, e dependem de como elas participam da constituição da referida unidade e do futuro de suas interações e relações de vizinhança [...] sem uma compreensão adequada dos mecanismos históricos de transformação estrutural não pode haver entendimento do fenômeno do conhecer.” [6](p.92;106)

Esta seção se propõe, com base na proposta de reorganização de Hübner [4] para um SMA, e na necessidade de registrar a história das transformações estruturais, a estabelecer um modelo adequado para que este tenha condições de readaptar-se a novos problemas e situações. Passam, então, a adquirir uma capacidade extra de adaptação às alterações na sua organização, aceitando modificações produzidas em seu contexto de atuação, ou então, para permitir a otimização de seu funcionamento.

A proposta de uma metodologia de reorganização que será apresentada a seguir baseia-se na alteração dos processos definidos para a definição de um modelo de organização fundamentado em SMA. Isto quer dizer que se pretende produzir alterações, motivadas por necessidades específicas da organização (em nosso caso, educacional), no estado da Especificação da Organização (EO) e de seu instanciamento EnO.

Ao considerar-se a necessidade de produção da reorganização das especificações já apresentadas, e entre as possibilidades de mudanças de estado dessas, encontram-se:

- Adoção de um novo papel.
- Remoção de um tipo de grupo.
- Alterações das missões com que os agentes estão comprometidos.
- Alterações dos papéis com que os agentes estão comprometidos.
- Entrada de um novo agente na sociedade.
- Decisão de repartir com outros agentes, os papéis de um determinado agente que está comprometido com diversos papéis (surge muitas vezes motivada pela necessidade de economizar recursos da organização).
- Alterações na estrutura.
- Alterações no funcionamento da sociedade.
- Alterações nas relações deontológicas.
- Alterações nas descrições das missões.
- Alterações do período de tempo em que um agente estará comprometido com um papel ou conjunto de missões.
- A visão subjetiva que os agentes possuem das tarefas.
- Ramificação de tarefas e suas conseqüentes realocações aos agentes;

--Alterações nas restrições temporais previamente definidas, fazendo com que um determinado papel deixe de existir em um determinado período de tempo, voltando a existir passado algum tempo, ou sendo substituído por um novo papel.

Entre os tipos de reorganização, definem-se:

--A reorganização já está prevista na EO.

--Apesar de não se conhecer previamente quando a reorganização irá acontecer, o processo que altera a organização é conhecido.

--Não há qualquer controle explícito por parte do sistema para o processo de reorganização.

Por outro lado, entre as formas de produção de uma reorganização definem-se:

--Um agente ou vários agentes do sistema realizam uma etapa do processo de reorganização, podendo ocorrer neste caso, inclusive, uma espécie de auto-reorganização.

--Um usuário do SMA realiza uma etapa do processo de reorganização.

Hübner [4] também define as três etapas empregadas em um processo de reorganização, que incluem:

--Identificação de uma situação onde a organização corrente não satisfaz mais o SMA (monitoração), construção de um conjunto de alternativas para a organização corrente (projeto).

--Seleção de alternativas apresentadas pela etapa de projeto, incluindo a definição de critérios de análise de propostas.

--Alteração da organização (seleção e implantação).

E. Implementação do Modelo de Reorganização

1) Reorganização de Docentes

“Toda vez que há um fenômeno social há um acoplamento estrutural entre indivíduos [...] os organismos participantes satisfazem suas ontogenias individuais principalmente por meio de seus acoplamentos mútuos, na rede de interações recíprocas que formam ao constituir as unidades de terceira ordem.” [6](p.214)

A Figura 1 apresenta uma reorganização dos docentes comprometidos com as unidades curriculares do Módulo Geral 1 (MG1) de EDI. Note-se que no diagrama ocorrem três casos distintos com relação aos agentes comprometidos com cada unidade curricular: o docente mantém o comprometimento anterior, o docente deixa de estar comprometido ou surge um novo comprometimento com a unidade curricular.

Devido à ocorrência de novos acoplamentos estruturais, esta reorganização é necessária, no mínimo ao início de cada semestre, devido às alterações no corpo docente. Estas podem ser provocadas pelos seguintes fenômenos sociais: saída de docentes substituídos ao final de seus contratos temporários,

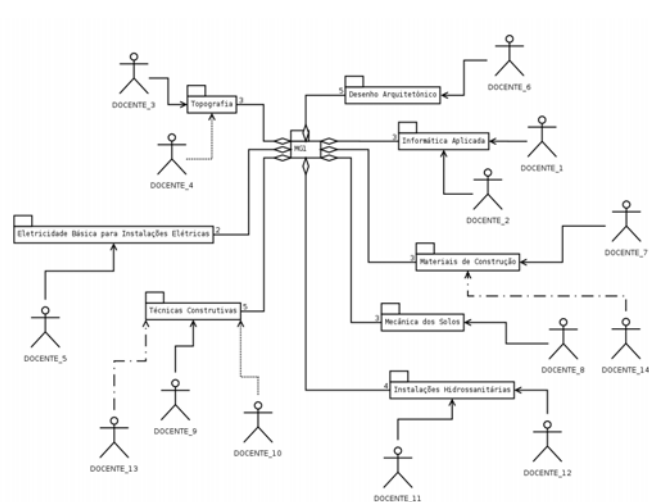


Fig. 1. Comprometimentos, descomprometimentos e novos comprometimentos de docentes com as unidades curriculares do MG1.

saída de docentes afastados temporariamente para a realização de cursos ou que estejam em licença, saída de docentes provocada por aposentadorias, entrada de novos docentes substitutos ou efetivos, necessidades de realocação produzidas por questões pedagógicas ou de interesse pessoal.

A simbologia adotada utiliza setas para a definição dos comprometimentos dos docentes, sendo que se a linha for contínua, sinaliza-se que o comprometimento está mantido. Caso o estilo de linha seja pontilhado, está caracterizada a situação de um descomprometimento do docente com a unidade curricular. Neste caso, o docente não será responsável pela unidade curricular em um determinado semestre, por exemplo. A situação que indica um novo comprometimento será assinalada com uma linha em estilo centrado (traço-ponto-traço). Por exemplo, com relação à unidade curricular de Técnicas Construtivas, o DOCENTE_9 mantém seu comprometimento, enquanto que o DOCENTE_10 deixa de estar comprometido. Por sua vez, o DOCENTE_13 passa a ter um comprometimento com a unidade curricular.

Os grupos de unidades curriculares são interligados ao grupo que define o módulo (MG1, para o primeiro semestre do curso), por uma relação de herança, assinalada por um losango na extremidade que indica o grupo principal, e um número na ligação com o ícone de grupo da unidade curricular. Este número será utilizado para indicar a multiplicidade de carga horária para cada unidade curricular. Por exemplo, a unidade curricular de Técnicas Construtivas terá cinco horas-aula semanais. Esta notação de herança é adotada também pela UML [7] e também é definida para o modelo $MOISE^+$ por Hübner [4].

2) Reorganização de Turmas

A reorganização de turmas utilizando o modelo $MOISE^+$ EDU pode ser realizada conforme exemplificado na Figura 2, para o caso da unidade curricular de Materiais de Construção, ofertada no MG1 de EDI.

O estudo de caso foi realizado para a situação analisada para o semestre 2007/2, sendo que o agente DOCENTE_7,

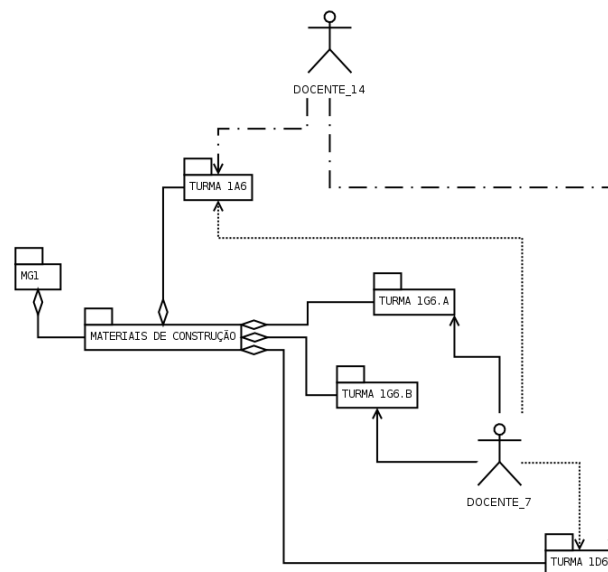


Fig. 2. Reorganização de comprometimentos de docentes com as turmas da unidade curricular de Técnicas Construtivas no MG1.

anteriormente era o único docente comprometido com a unidade curricular (no semestre 2007/1). Após a reorganização, o agente DOCENTE_14 foi incluído para um novo comprometimento (estilo de linha centrado), sendo que será responsável pelos grupos TURMA 1A6 (turno da manhã) e TURMA 1D6 (turno da tarde).

Por sua vez, o agente DOCENTE_7 estará comprometido somente com os grupos TURMA 1G6.A e TURMA 1G6.B (turno da noite), abandonando os comprometimentos com os grupos TURMA 1A6 e TURMA 1D6 (estilo de linha pontilhado), que passam a ser responsabilidade do agente DOCENTE_14.

A visualização da nova situação é útil ao agente COORDENADOR PEDAGÓGICO do curso, pois permite identificar visualmente os comprometimentos dos agentes DOCENTES envolvidos com as unidades curriculares, com suas respectivas turmas. É importante salientar, que o histórico das alterações realizadas não se perde, ajudando na compreensão da nova situação criada no curso, ao ingressar em um novo semestre letivo. Neste caso, é importante que o curso tenha em sua biblioteca virtual todos os arquivos gerados a cada semestre letivo, facilitando inclusive a inspeção pelos organismos competentes, o que passa a ser bastante útil no caso de uma avaliação do curso pelo Ministério da Educação (MEC).

3) Reorganização das Unidades Curriculares

“Chamaremos de condutas culturais as configurações comportamentais que, adquiridas ontogeneticamente na dinâmica comunicativa de um meio social, são estáveis através de gerações.” [6] (p.223)

A configuração de uma determinada conduta cultural nos conduz a estabelecer a reorganização da especificação funcional, que relaciona os planos de uma unidade curricular, incluindo suas metas e missões, a Figura 3 ilustra um exemplo de diagrama para o modelo $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$.

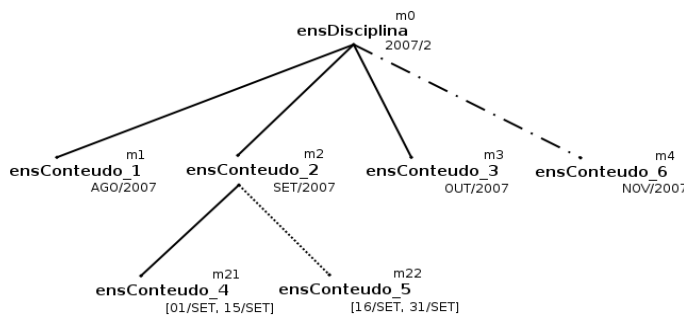


Fig. 3. Reorganização da especificação funcional de uma unidade curricular.

O diagrama mostra que as metas *ensConteúdo_1* (a ser atingida em AGO/2007), *ensConteúdo_2* (a ser atingida em SET/2007), *ensConteúdo_3* (a ser atingida em OUT/2007), *ensConteúdo_4* (a ser atingida no período de 01/SET até 15/SET), estão mantidas no semestre 2007/2 (usou-se como convenção, o estilo de linha contínua). Por sua vez, a meta *ensConteúdo_5* (a ser atingida no período de 16/SET até 31/SET) deixa de fazer parte do conjunto de metas a serem atingidas (usou-se como convenção, o estilo de linha pontilhado).

Observe-se que esta alteração pode ser motivada por diversos fatores, que podem incluir, por exemplo, uma reformulação curricular prevista para o semestre reorganizado. Uma nova meta (*ensConteúdo_6*, a ser atingida em NOV/2007) é incluída (usou-se como convenção, o estilo de linha centrado), devendo ser atingida pelo(s) agente(s) que estiverem comprometidos com a meta *ensDisciplina*, em 2007/2.

Com relação aos comprometimentos de docentes com as missões, este pode ser definido a partir de diagrama de especificação deontica, ilustrado na Figura 4.

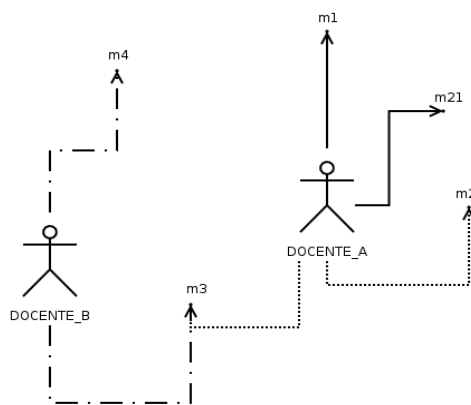


Fig. 4. Reorganização da especificação deontica de uma unidade curricular.

Neste caso, o agente *DOCENTE_A*, mantém seus comprometimentos com as missões *m1* e *m21* (setas em estilo de linha contínua), deixando de estar comprometido com as missões *m22* e *m3* (setas em estilo de linha pontilhado), enquanto que o agente *DOCENTE_B*, passa a ter comprometimentos com as missões *m3* e *m4* (setas em estilo de linha centrado).

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento metodológico apresentado neste trabalho é fundamentado na modelagem da organização e reorganização de cursos, sendo mediada pelo uso da tecnologia de sistemas multiagentes, com utilização do modelo MOISE^+ [4] [5], adaptado ao caso educacional, passando a ser denominado $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$. O objetivo principal na adoção da metodologia proposta consiste na obtenção de uma melhoria na qualidade de ensino, a partir de um melhor entendimento do funcionamento do curso modelado.

Pretende-se confirmar a eficácia do modelo, visto que está sendo utilizado pelos docentes e coordenador de EDI, na reestruturação de suas idéias e atividades didático-pedagógicas e de coordenação.

Na atual fase do desenvolvimento deste trabalho, está ocorrendo um processo de reorganização de EDI, com a participação do envolvidos, com produção orientada de diagramas e aplicação do modelo. Os diagramas em desenvolvimento estão sendo utilizados na reorganização do curso, com o objetivo de encorajar os docentes a participarem mais ativamente na definição de novas metodologias de ensino, para a obtenção de melhores resultados nas atividades de ensino-aprendizagem, e conseqüentemente atingir o alvo principal, que é o aluno. Desta forma, pretende-se obter um curso melhor e mais adaptado ao mundo contemporâneo.

Note-se, ainda, que o envolvimento de cada docente responsável pelas áreas e unidades curriculares, inclui a construção pessoal de diagramas $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$, com a devida supervisão do engenheiro de conhecimento e da supervisão pedagógica do curso.

Inclui-se, também, a possibilidade de uma futura inclusão de itens hipermídias que seriam complementares aos diagramas, tais como imagens e vídeos relacionados aos itens constituintes das bases científicas e tecnológicas, relativas à área de construção civil. Isso possibilitará a conversão de dados educacionais complexos em formulários visuais que comportem recursos hipermídias que complementaríamos as informações apresentadas pelos diagramas do modelo $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$. Pretende-se trabalhar com esta possibilidade em futuros trabalhos a serem desenvolvidos.

A modelagem de outros cursos, além de EDI, também está sendo experimentada no CEFET-RS, incluindo a implantação de um novo curso de EDI, na modalidade ensino integrado com as disciplinas do ensino médio.

A seqüência deste trabalho também deverá incluir a implementação de um editor gráfico hipermídia,

especificamente desenvolvido para a construção dos diagramas propostos para o modelo $\text{MOISE}^+_{\text{EDU}}$. Pretende-se que através deste editor, de utilização semelhante ao *Cmap Tools* [8], o usuário (docente ou coordenador de curso) construa os diagramas, e o aplicativo gere automaticamente uma codificação XML [2], de forma a permitir o armazenamento das informações educacionais modeladas em uma base de dados que poderá ser visualizada através da Internet.

Espera-se, que a partir de consultas a esta base de dados, seja possível aos docentes e coordenadores uma análise mais adequada dos desenvolvimentos pedagógicos e curriculares envolvidos.

REFERÊNCIAS

- [1] BRIOT, J. P.; DEMAZEAU, Y. *Principes et Architecture des Systèmes Multi-Agents*. Paris: Hermes, 2002.
- [2] DICK, K. *XML: A Managers's Guide*. Boston: Addison-Wesley Professional, 2003.
- [3] DUARTE, G. D.; COSTA, A. C. da R.; CARNEIRO, M. L. F. Diagramas MOISE^+ para Organização de Cursos na UAB/CEFET-RS. *REVISTA NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO*, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 1-10, jul. 2007.
- [4] HÜBNER, J. F. *Um Modelo de Reorganização de Sistemas Multiagentes*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, 2003. 224 p. Tese de Doutorado.
- [5] HÜBNER, J. F.; SICHMAN, J. S.; BOISSIER, O. MOISE^+ : Towards a Structural, Functional, and Deontic Model for MAS Organization. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS*, Bologna, p.501-502, 2002.
- [6] MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. *A Árvore do Conhecimento: As Bases Biológicas da Compreensão Humana*. 3. ed. São Paulo: Palas Athena, 2003. 288 p.
- [7] MILES, R.; HAMILTON, K. *Learning UML 2.0*. Cambridge: O'Reilly Media, 2006.
- [8] NOVAK, J. D. *Using Concept Maps to Facilitate Classroom and Distance Learning*. SCUOLA & CITTÀ. Roma: La Nuova Italia, v.2, p.112-114, 2002.
- [9] SASTRE, J. R. de S. et al. *Curso Técnico de Edificações: Construção Civil – Projeto de Reforma*. Pelotas: CEFET-RS, 2004.
- [10] VÁZQUEZ-SALCEDA, J.; DIGNUM, V.; DIGNUM, F. *Organizing Multiagent Systems*. AUTONOMOUS AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS, Hingham-MA: Kluwer Academic Publishers, v.11, i.3, p.307-360, nov. 2005.



Glaucius Décio Duarte possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pelotas (1986), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1990) e doutorado em Informática na Educação, pelo Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008). Atualmente é professor Classe Especial do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas, trabalhando como docente no Curso Técnico em Edificações, e nos Cursos Superiores de Engenharia Elétrica e de Tecnologia (Tecnologia em Automação Industrial, Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Tecnologia em Saneamento Ambiental e Tecnologia em Gestão Ambiental). Também participa como professor pesquisador I da Universidade Aberta do Brasil, vinculado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas. Tem experiência nas áreas de Ciência da Computação, Engenharia Civil e Informática na Educação, com ênfase em Processamento Gráfico, incluindo o Projeto Assistido por Computador, atuando principalmente nos seguintes temas: Realidade Virtual, Informática na Educação, Computação Gráfica, Construção Civil e Processamento de Imagens.



Antônio Carlos da Rocha Costa possui graduação em Engenharia Elétrica opção Eletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977), mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1980) e doutorado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1993). Atualmente é professor adjunto da Universidade Católica de Pelotas, pesquisador 2 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e professor orientador colaborador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Inteligência Artificial, atuando principalmente nos temas: Fundamentos da Inteligência Artificial, Sistemas Multiagentes e Teoria da Computação Interativa.



Mara Lúcia Fernandes Carneiro possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1978), especialização em Metodologia do Ensino Superior (PUCRS, 1987) e em Informática na Educação (PUCRS, 1992), mestrado em Ciência da Computação pela PUCRS (1996) e doutorado em Informática na Educação, pelo Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003). Atualmente é professor adjunto do Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atuando principalmente nos seguintes temas: psicologia social, educação a distância, videoconferência e ambientes de aprendizagem e suas vinculações com a cognição e os processos de subjetivação.

Capítulo 17

GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais

Ana Grasielle D. Corrêa, Gilda A. Assis, Marilena do Nascimento e Roseli D. Lopes

Title—GenVirtual: An Augmented Reality Musical Game for Physical and Cognitive Rehabilitation for Special Need People.

Abstract—The electronic games has been explored in many different contexts, not only for entertainment purpose, but also to develop motor and cognitive abilities. GenVirtual is a musical game based on Augmented Reality that allows, new ways of interaction with computers without the need of adapters. In the cognitive context, the game stimulates attention, concentration and memorization of colors and sounds, emitted by virtual objects projected onto the real world. In the physical context, the game allows motor learning, according to the planning made by the therapist. The tests conducted with the therapist that works exclusively with rehabilitation, reveals the importance of GenVirtual as a mean that facilitates and motivates the learning process, beyond collaborating with digital inclusion, which contributes for life quality improvement.

Keywords—Special Education, Eletronic Games, Therapy Music and Augmented Reality.

Resumo—Os jogos eletrônicos têm sido explorados em diferentes contextos, não somente com fins de entretenimento,

Este trabalho foi apresentado originalmente no XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2007)

Ana Grasielle D. Corrêa é aluna de pós-graduação do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LSI-EPUSP), Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, nº. 158 - 05508-970 - São Paulo - SP - Brasil, fone: (11) 3091-5667; (e-mail: anagradi@lsi.usp.br).

Gilda A. Assis é aluna de pós-graduação do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LSI-EPUSP), Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, nº. 158 - 05508-970 - São Paulo - SP - Brasil, fone: (11) 3091-5667; e-mail: gildaass@lsi.usp.br).

Marilena do Nascimento é coordenadora do setor de musicoterapia da Associação de Assistência à Crianças Deficientes (AACD), Av. Prof. Ascendino Reis, 724 Vila Clementino - 04027-000 - São Paulo - SP - Brasil (e-mail: musicoreab-marilena@aacd.org.br).

Roseli D. Lopes é Profa. livre-docente do Dep. de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LSI-EPUSP), Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, nº. 158 - 05508-970 - São Paulo - SP - Brasil, fone: (11) 3091-5667; e-mail: roseli@lsi.usp.br).

mas visando também desenvolver habilidades cognitivas e motoras. O GenVirtual, é um jogo musical, baseado em Realidade Aumentada, que possibilita novas formas de interação com o computador, sem o uso de adaptações. Nos aspectos cognitivos, o jogo estimula a atenção, concentração e memorização de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. Nos aspectos físicos, o jogo proporciona o aprendizado motor, que ocorre de acordo com o planejamento da ação motora feito previamente pelo terapeuta. Testes realizados com um especialista na área de reabilitação revelam a importância do GenVirtual como um meio facilitador e motivador no processo de aprendizagem, além de colaborar para a inclusão digital destes indivíduos, contribuindo para a melhoria de sua qualidade de vida.

Palavras-chave—Educação Especial, Jogos Eletrônicos, Musicoterapia e Realidade Aumentada.

I. INTRODUÇÃO

ESTUDOS sobre a utilização dos jogos na educação têm sido foco de pesquisas cada vez mais freqüentes no processo de ensino-aprendizagem [1]. Os jogos educativos exploram atividades lúdicas que possuem objetivos pedagógicos especializados para o desenvolvimento do raciocínio e do aprendizado. Em geral, os jogos apresentam diferentes tipos de desafios, que ao serem resolvidos estimulam várias funções cognitivas básicas, tais como atenção, concentração e memória [2]. Os jogos trazem consigo uma nova reestruturação do mundo do entretenimento, da informação e da educação. Envolvem, seduzem e divertem, gerando um novo contexto comunicacional, disputando a atenção de crianças, jovens e adultos com outros espaços de lazer e de organização e sistematização do conhecimento, como a escola.

Muitos jogos tradicionais, tais como jogo da memória, sigas-sons-e-cores e quebra-cabeças, podem ser explorados para estimular funções cognitivas e motoras de indivíduos com necessidades especiais. Estes jogos visam desenvolver as

potencialidades e diminuir as limitações destas pessoas, buscando estimular habilidades físicas, mentais e sensoriais. Entretanto, usuários com deficiência física e/ou cognitiva, muitas vezes, necessitam de adaptações e tecnologias assistivas para interação com o computador [1].

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite suprir estas limitações, através de *softwares* que possibilitam novas formas de interação e entretenimento que vão além daquelas realizadas em frente a computadores ou consoles de *videogame*, ou seja, sem a necessidade de uso ou adaptação a dispositivos convencionais como *joystick*, teclado e *mouse*. Assim, os jogos baseados em Realidade Aumentada permitem que jogadores se desloquem e interajam de diferentes formas no ambiente real, por meio de diferentes dispositivos e tecnologias de comunicação [3].

O presente trabalho vem contribuir para o desenvolvimento educacional de indivíduos portadores de necessidades especiais, através de um jogo musical, em Realidade Aumentada, denominado GenVirtual. O objetivo do jogo, sobre o ponto de vista cognitivo, é estimular a atenção, concentração e memorização de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. Sobre o ponto de vista físico, na visão da estimulação e manutenção física, o jogo proporciona o aprendizado motor, que ocorre de acordo com o planejamento da ação motora feito previamente pelo terapeuta ou do indivíduo que interage com o equipamento. A sequência dos sons pode ser gerada aleatoriamente ou a partir de uma música já conhecida pelo usuário. A interação com o GenVirtual ocorre de forma natural. Através das mãos ou dos pés é possível manipular os objetos virtuais projetados no mundo real, dispensando o uso das adaptações.

O diferencial do GenVirtual está na possibilidade de permitir ao terapeuta realizar o “planejamento motor” de cada indivíduo, dependendo de suas limitações físicas. Isto ocorre através da disposição dos objetos virtuais sobre a mesa, ou sobre o chão, onde ocorrerá a interação. Segundo a musicoterapeuta da Associação de Assistência à Crianças Deficientes (AACD) de São Paulo, é importante ter a referência do movimento para que seja possível controlar a motricidade do indivíduo, caso contrário, não ocorrerá o aprendizado motor. Por meio da interação com o equipamento também pode vir a ser estimulada a concentração, memorização, percepção visual e auditiva além da coordenação motora.

II. REALIDADE AUMENTADA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

O avanço da multimídia e da Realidade Virtual permitiu a integração, em tempo real, de vídeos e ambientes virtuais interativos. A Realidade Aumentada beneficiou-se desse progresso enriquecendo o ambiente real com objetos virtuais, tornando viáveis aplicações dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares [4]. Realidade Aumentada é uma tecnologia que combina a “visão” que o usuário possui do mundo real com objetos virtuais projetados em tempo real [5]. Desta forma, objetos

virtuais parecem coexistir no mesmo espaço físico que os objetos reais [6].

A Realidade Aumentada permite uma interação segura e agradável, pelo fato de transportar os elementos virtuais ao mundo real. Pode-se interagir com os elementos virtuais de forma natural, através das mãos, eliminando dispositivos tecnológicos complexos e tornando as interações mais agradáveis, atrativas e motivadoras [7].

Esta característica da Realidade Aumentada traz vantagens às pessoas com necessidades especiais, eliminando muitas vezes a necessidade do uso de adaptações nos equipamentos. Na educação especial, é comum o desenvolvimento de adaptações em sistemas, e até mesmo, em equipamentos. Em alguns casos, o usuário pode necessitar de recursos específicos, dificultando o desenvolvimento, e apresentando inclusive, um custo mais elevado para a construção e utilização destes sistemas.

Aplicações em Realidade Aumentada podem fazer uso apenas de um computador e uma *webcam*, tornando-as mais acessíveis e de baixo custo. As imagens do mundo real são capturadas pela *webcam*, e objetos virtuais são sobrepostos ao mundo real. A interação com os objetos virtuais pode ocorrer através de cartões impressos, denominados marcadores fiduciais, contendo símbolos padrões. O sistema, ao reconhecer o marcador, oferece a possibilidade da ação do usuário, movimentação e modificação do ambiente. Para isso, se faz necessário o uso de um *software* que tenha capacidade de analisar os dados do mundo real e extrair informações sobre a localização e orientação dos marcadores. Existem diversos *softwares* para o desenvolvimento de aplicações com esse propósito. O *software* selecionado para o desenvolvimento do GenVirtual foi a biblioteca ARToolKit.

A. A Biblioteca ARToolKit

O ARToolKit é uma biblioteca livre, desenvolvida na linguagem C, que permite aos programadores desenvolver, de forma rápida, aplicações de Realidade Aumentada. Utiliza técnicas de visão computacional para calcular a posição e orientação dos marcadores identificados no cenário real. Imagens do mundo real são capturadas pela *webcam*, permitindo sobrepor objetos virtuais nestes marcadores [8].

A Figura 1 mostra o ciclo básico da execução do ARToolKit. Inicialmente a imagem do mundo real é capturada por um dispositivo de entrada de vídeo para dar início à identificação dos marcadores. A imagem real capturada é transformada em imagem binária. Esta imagem é analisada em busca de regiões quadradas. Ao encontrar uma região quadrada, a ferramenta calcula a posição e orientação da câmera em relação a esta região buscando identificar figuras específicas, denominadas marcadores. Os marcadores são símbolos distintos e previamente cadastrados através de um treinamento da rede neural interna do ARToolKit para seu reconhecimento efetivo. Uma vez reconhecido o marcador, a ferramenta calcula o ponto exato que o objeto virtual deve ocupar no mundo real e realiza a sobreposição das imagens

retornando ao usuário a combinação visual do mundo real e do objeto virtual.

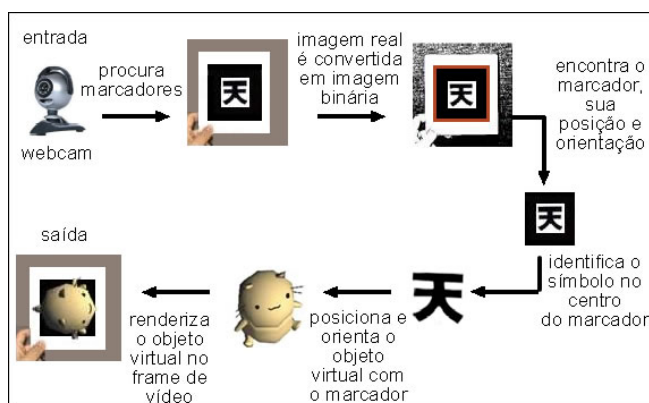


Fig. 1. Ciclo básico da execução do ARToolkit.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado a biblioteca JARToolKit que é um invólucro escrito na linguagem Java para o ARToolkit [8].

III. A REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

A Realidade Aumentada permite a criação de aplicações facilitadoras e motivadoras para o aprendizado do usuário, inclusive aqueles com deficiência motora e que não apresentam habilidades para manipular o *mouse* ou o teclado, mas podem arrastar um objeto com as mãos, com os pés ou com algum dispositivo específico. A interface deve ser planejada para oferecer flexibilidade ao usuário em relação à escolha da ação.

O artigo [7] apresenta alguns experimentos com sistemas de Realidade Aumentada para trabalho com crianças portadoras de necessidades especiais. Conforme pode ser observado na Figura 2, os blocos de madeira (marcadores) contém numerais impressos que, quando são capturados pela câmera, são sobrepostos por objetos virtuais e podem ser visualizados através da tela do computador. Além da interação, este dispositivo permite que a criança desenvolva atividades de atenção, percepção e memorização.

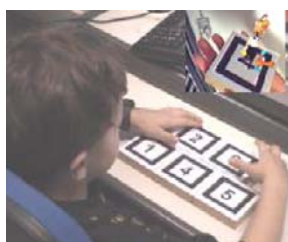


Fig. 2. Experimento com imagens virtuais em atividades de matemática [7].

Outro trabalho relevante e com grande potencial educacional é o Jogo das Palavras [3]. O objetivo é fazer a junção de letras para formar palavras e resgatar a imagem

através de técnicas de Realidade Aumentada para enriquecer os resultados finais. Conforme pode ser observado na Figura 3, foram desenvolvidos marcadores com letras em seus interiores, e cadastradas combinações de palavras, formando assim marcadores compostos. Quando o usuário forma uma sequência de letras previamente cadastrada, o ARtoolKit mostra um objeto virtual associado àquela combinação. Essas características fazem desse jogo, além de um ótimo entretenimento, uma fonte de aplicações práticas como alfabetização, aprendizado de idiomas, além de permitir desenvolver habilidades motoras para usuários com deficiências motoras.



Fig. 3. Quebra-cabeças com palavras [3], [9].

O artigo [10] apresenta outro sistema de Realidade Aumentada para aprendizagem musical, demonstrando três formas de aprendizado, cada uma delas enfocando áreas distintas da música. A primeira forma de aprendizado utiliza oclusão de marcadores para executar sons pré-definidos (Figura 4a). Essa execução é guiada pela apresentação de símbolos ao usuário que deverá fazer a oclusão do marcador apropriado, quando o símbolo mostrado atingir um certo ponto ponto fixo do cenário. Assim, uma pequena melodia pode ser executada, capacitando o usuário na percepção rítmica, enquanto utiliza o sistema. A segunda forma enfoca o aprendizado de leitura musical (Figura 4b), baseado em uma notação de pentagrama em branco e um marcador impresso em em transparência que é reconhecido diferentemente, de acordo com o posicionamento do marcador na notação em branco. Quando um símbolo é reconhecido, o sistema mostra sua identificação visual e emite o som correspondente, facilitando assim, o aprendizado de leitura e escrita desta notação. A última aplicação simula um leitor automático de partitura (Figura 4c), onde os símbolos podem ser criados em forma de apresentação a partir de um *software* de fácil usabilidade, como por exemplo, o *PowerPoint*.

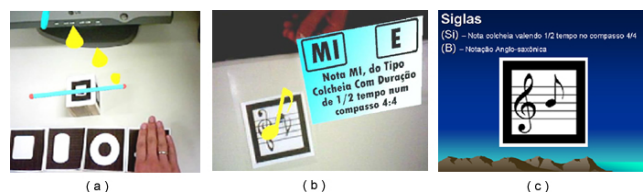


Fig. 4. Sistema de Realidade Aumentada para aprendizagem musical [9], [10].

O presente trabalho vem contribuir com uma aplicação educacional em Realidade Aumentada através de um jogo musical. Com base nas referências apresentadas e nas

pesquisas relacionadas ao uso das novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem [3], acredita-se que este jogo possibilite agregar funções além das atividades lúdicas propostas pela maioria dos jogos digitais, promovendo o desenvolvimento da percepção espaço-corporal, adequando a coordenação motora ao ritmo e à expressividade.

IV. GENVIRTUAL

O GenVirtual é um jogo musical que possibilita seguir uma sequência de cores e sons emitidos a partir dos objetos virtuais projetados no mundo real. Segundo a musicoterapeuta da AACD, uma possibilidade de uso seria relacioná-lo com a iniciação musical, desde que contenha um número considerável de sons ou notas musicais. Na música grega ou lira, por exemplo, é possível trabalhar com várias músicas utilizando apenas quatro notas musicais. Entretanto, com apenas estas notas não é possível reproduzir músicas populares brasileiras que são muito utilizadas, tanto em musicoterapia quanto no aprendizado em geral. Na iniciação musical, trabalha-se muito com as cores relacionadas aos sons, e esta característica está sendo explorada no GenVirtual.

A. Configurações Iniciais do Jogo

Inicialmente é necessário definir o processo de geração da sequência musical do jogo. Uma sequência musical é composta por notas musicais (por ex.: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si), que ao serem arranjadas sequencialmente, formam uma determinada melodia. Esta sequência pode ser gerada aleatoriamente ou ser criada por meio de uma melodia conhecida pelo usuário. A Figura 5 mostra o fluxograma inicial do jogo.

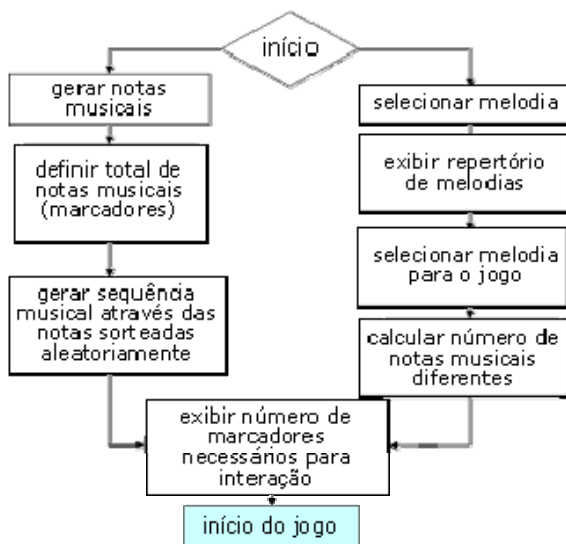


Fig. 5. Configurações Iniciais do Jogo.

De acordo com o fluxograma, na opção “gerar notas musicais” basta apenas informar a quantidade de notas necessárias para criar uma sequência musical. Isto implica em definir a quantidade de marcadores necessários para a interação. Quanto maior for a quantidade de marcadores para

interação, maior será a complexidade do jogo. Ao iniciar o jogo, o sistema sorteia as notas musicais (Sol, Sol#, La, La#, Si, Do, Do#, Re, Re#, Mi, Fa, Fa#), gerando uma sequência musical.

Já na opção “selecionar melodia”, a sequência musical é gerada por meio de uma melodia (em arquivo MIDI) da “Biblioteca de Melodias” disponíveis no jogo (Figura 6). Neste caso, o sistema indica o total de notas musicais diferentes que foram encontradas no arquivo MIDI escolhido, o total de marcadores necessários para a interação (cada nota musical é atribuída a um determinado marcador) e o tamanho da sequência musical.

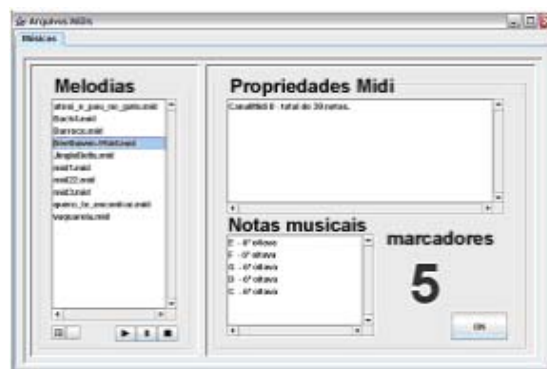


Fig. 6. Biblioteca de Melodias do GenVirtual.

O jogo foi implementado visando a utilização de até 12 marcadores simultaneamente (doze notas musicais, de Sol até Fa#). Foi necessário relacionar cada nota musical a um marcador específico. Esta abordagem foi sugerida pela musicoterapeuta de forma que o usuário possa manter a referência da afinação, com o sistema musical em uso.

A associação de um determinado marcador a uma nota musical também facilita o planejamento motor feito pelo musicoterapeuta. Também existe a possibilidade de importar arquivos MIDI a partir da interface “Biblioteca de Melodias”. Este requisito possibilitou que o terapeuta pudesse usar o jogo com músicas utilizadas em seu dia-a-dia.

B. Planejamento das atividades motoras.

Após gerar a sequência musical, é necessário iniciar a Captura de Vídeo para execução do ARToolKit e consequentemente, a criação dos objetos virtuais para interação. A Figura 7 mostra a projeção dos cubos coloridos nos marcadores. O terapeuta pode criar vários *layouts* diferenciados e adequá-los a cada tipo de paciente (planejamento motor), dependendo de suas limitações motoras.

De acordo com a Figura 7, a imagem do mundo real foi capturada por uma *webcam*, e analisada a fim de identificar regiões quadradas. Em seguida, foi calculada a posição e orientação da *webcam* em relação aos marcadores encontrados. Uma vez reconhecidos os marcadores, foi calculado o ponto em que o cubo “objeto virtual” deveria ser projetado no mundo real e foi realizada a sobreposição das

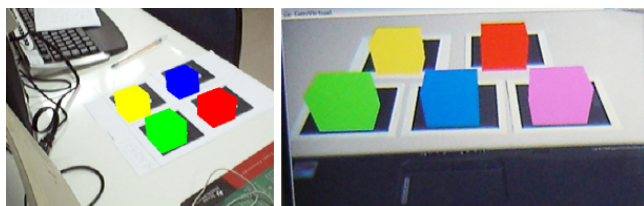


Fig. 7. Projeção dos cubos nos marcadores.

imagens, combinando o mundo real com cubos virtuais coloridos. Cada cubo foi relacionado a uma nota musical.

C. Interação

Após a definição do processo de geração da sequência musical, é iniciada a interação do usuário. Os cubos virtuais “acendem” de acordo com a sequência musical a ser tocada, e simultaneamente, a nota musical referente àquele cubo virtual é executada. As notas musicais são emitidas uma por vez, e o sistema fica à espera da interação do usuário que deverá obstruir o marcador referente à nota musical emitida. A cada acerto, a sequência ganha um novo item (nota musical), aumentando o desafio de memória e retenção de informação do jogo. A Figura 8 mostra um exemplo de interação com o GenVirtual, utilizando a melodia “atirei o pau no gato”.

Como pode ser observado na Figura 8, a interação ocorre apenas com a obstrução do marcador através das mãos, dispensando a utilização de qualquer dispositivo para interação, o que facilita a utilização do jogo por indivíduos com deficiência física. Alguns pacientes com doenças neuromusculares, por exemplo, passam por dificuldades ao manusear os instrumentos musicais convencionais utilizados

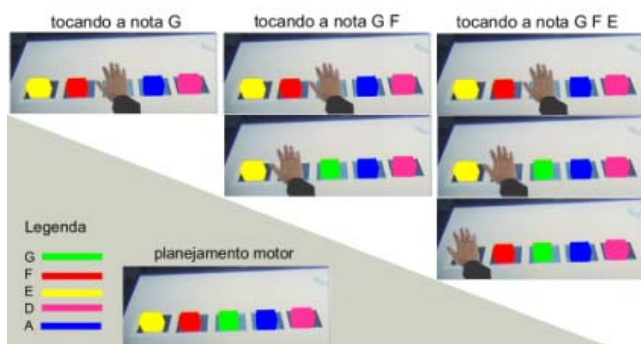


Fig. 8. Interação com o GenVirtual.

em musicoterapia. De acordo com os musicoterapeutas, a pessoa que possui perda motora enfrenta logo de início, a perda da dissociação dos dedos, impossibilitando o manuseio de instrumentos musicais convencionais e por consequência a possibilidade de experienciar o “fazer musical” (reprodução e criação musical). Estas limitações, atualmente, são supridas com a utilização de tecnologias assistivas em suas intervenções terapêuticas. Na maioria dos casos, em que o nível da dificuldade motora é grande, é necessário o uso de adaptadores, como por exemplo, ponteiros nas mãos para tocar

o piano ou teclado eletrônico e fixadores de pandeiro para uso bimanual das mãos, bem como o auxílio do musicoterapeuta para a realização das atividades musicais. O Genvirtual vem contribuir para que estes pacientes experimentem novas formas de interação com o computador, sem o uso de adaptações.

V. EXPERIMENTOS COM O GENVIRTUAL

Os experimentos com o GenVirtual foram realizados com uma musicoterapeuta da AACD, Sra. Marilena do Nascimento. Foram utilizados 5 notas musicais, ou seja, 5 marcadores para reproduzir a IX Sinfonia de Bethoven (Fig. 9).

Após os testes, a musicoterapeuta apresentou um planejamento sobre o uso deste sistema em suas atividades diárias com os pacientes: aprendizado de símbolos (através dos marcadores) que acionados por um movimento motor identifiquem uma frequência sonora audível; criação de melodias inéditas ou conhecidas a partir da representação da



Fig. 9. Testes com especialista da AACD.

nota musical por um objeto virtual; treino motor repetitivo e motivado pela resposta sonora identificada como o “fazer musical”; a partir de um aprendizado motor e cognitivo ser capaz de reproduzir e elaborar peças musicais mais sofisticadas ampliando as funções cognitivas como atenção, concentração e memória.

Marilena afirma que “o tempo para o aprendizado é longitudinal, iniciando a partir dos elementos mais simples (movimentação motora mínima) ampliando para as ações mais complexas. A utilização dos marcadores dispensa a digitação e o uso de adaptadores para realizar o movimento solicitado. “Esta característica possibilita o “fazer musical”, atividades estas de reprodução e criação musical, muito utilizadas em musicoterapia. Segundo a musicoterapeuta, a partir do interesse e motivação de cada indivíduo, é possível a utilização do GenVirtual em atividades que possuam objetivos terapêutico para a manutenção da saúde.

VI. CONCLUSÕES

O conceito de qualidade de vida mais utilizado é o da Organização Mundial da Saúde [11] que descreve: “saúde não é só a ausência de doença mas a percepção individual de um completo bem estar físico, mental e social”. Encontrou-se na literatura outras dimensões envolvidas para conceituar qualidade de vida. Os cinco maiores domínios considerados pelos autores são: estado físico e psicológico, interações sociais e fatores econômicos, estado espiritual ou religioso. Portanto, a qualidade de vida estaria diretamente relacionada ao bem estar e satisfação nestes grandes domínios [12].

Os testes preliminares com a musicoterapeuta mostraram que o GenVirtual pode estar a serviço de suas intervenções terapêuticas por permitir estimular a musicalidade contribuindo para a manutenção motora e cognitiva de seus pacientes auxiliando na melhoria de sua qualidade de vida. Testes futuros com pacientes da AACD serão realizados para constatar as hipóteses aqui apresentadas. A parceria deste projeto com a AACD foi confirmada através de uma carta enviada ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da AACD contendo um pedido de apoio ao projeto através da contribuição da musicoterapeuta Marilena do Nascimento para a realização dos testes com os pacientes.

Estima-se que o GenVirtual possa ser explorado em atividades que promovam a saúde dentro e fora do âmbito médico tradicional. Por se tratar de uma tecnologia de baixo custo, o GenVirtual pode estar a serviço das pessoas por tempo indeterminado, permitindo realizar atividades musicais sem sair de casa, uma vez que isto pode ser doloroso, dependendo do estágio da doença e das limitações físicas do indivíduo.

REFERÊNCIAS

- [1] Dainese, C.A.; Garbin, T.R.; Kirner, C.; Santin, R. (2005) Aplicações Multimídia com Realidade Aumentada. In: Teixeira, C. A. C.; Barrère, E.; Abrão, I. C. Web e Multimídia: Desafios e Soluções. SBC, 1 ed. Poços de Caldas: Puc de Minas Gerais.
- [2] Costa, R. M. E. M.; Carvalho, L. A. V. (2005). O uso de jogos digitais na Reabilitação Cognitiva. In: Anais do Workshop de Jogos Digitais na Educação, Juiz de Fora – MG, pag 19-21.
- [3] Zorzal, E. R.; Cardoso, A.; Kirner, C.; Lamounier, E. (2006) Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais. In: V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG, 2006, Ouro Preto.
- [4] Tori R.; Kirner, C.; Siscouto, R. (2006) Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. In: VIII Symposium on Virtual Reality, Belém-PA.
- [5] Azuma R. T. (1997) Recent Advances in Augmented Reality. In: Presence Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997), 355-385.
- [6] Milgram, P. et. al. (1994) Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies, V. 2351.
- [7] Garbin, T. R.; Dainese, C. A.; Kirner, C. (2006). Sistema de Realidade Aumentada para trabalho com Crianças Portadoras de Necessidades Especiais. In: Tori R.; Kirner, C.; Siscouto, R. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium Virtual Reality, Belém-PA, pg 289-296.
- [8] Geiger, C.; Schmidt, T.; Stocklein, J. (2004) Rapid Development of Expressive AR Applications. In: International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), USA.
- [9] Kirner, C.; Zorzal, E. R.; Kirner, T. G. (2006) Case Studies on the Development of Games Using Augmented Reality. In: 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2006, Taipei – Taiwan.
- [10] Zorzal, E. R.; Buccioli, A. A. B.; Kirner, C. (2005) O uso da Realidade Aumentada no Aprendizado Musical. In: WARV – Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, Uberlândia-MG.
- [11] World Health Organization (2007) Accessed in January of 2007. Disponibilized in: <http://www.who.int/en>.
- [12] Levy, J. A. (2003) Reabilitação em doenças neurológicas. Editora atheneu, São Paulo.
- [13] Rieder, R.; Zanelatto, E.; Brancher, J. (2005) Observação e análise da aplicação de jogos educacionais bidimensionais em um ambiente aberto, INFOCOMP: Journal of Computer Science, vol 4, n. 2, pp.63-71.



informática na educação.

Ana Grasielle D. Corrêa possui graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Católica Dom Bosco (2002) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2005). Atualmente é doutoranda em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e atua como docente no curso de Ciência da Computação do Centro Universitário São Camilo - Campus Pompéia. Seus interesses de pesquisa são: reabilitação virtual, realidade virtual e aumentada e



Gilda A. Assis possui graduação em Informática pela Universidade Federal de Viçosa (1994) e mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998). Atualmente é doutoranda em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e professora titular do Centro Universitário Feevale - RS. Seus interesses de pesquisa são: reabilitação virtual, realidade virtual e aumentada.



Marilena do Nascimento é profa. de Piano e Educação Musical pelo Instituto Musical de São Paulo (1969), graduada em Música pela Faculdade Carlos Gomes (1995), Pós-graduada (lacto senso) em Musicoterapia pela Faculdade Paulista de Artes (2001), especialista em Medicina Comportamental pela Universidade Federal de São Paulo-UNIFESP. Atualmente, coordena o setor de musicoterapia da Associação de Assistência à Crianças Deficiente (AACD-SP) e presidente da Associação Brasileira de Paralisia Cerebral - ABPC.



Roseli de Deus Lopes possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente é professora livre-docente da Universidade de São Paulo e diretora da Estação Ciência. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação.

Capítulo 18

Proposta de um Sistema Multi-agentes para a aplicação de Objetos Inteligentes de Aprendizagem seguindo o padrão SCORM

Júlia Marques Carvalho da Silva, Natanael Bavaresco, Ricardo Azambuja Silveira

Title—Proposal of a Multi-agent System for the application of Intelligent Learning Objects following the SCORM pattern.

Abstract—There are two aspects that must be considered in learning systems: adaptability and reusability. Adaptability consists in to be flexible according to different contexts and learning styles of students. Reusability aims to support courses design. These goals can be reached by joining Multiagent Systems (MAS) and Learning Objects technologies. The result consists on Intelligent Learning Objects (ILO), whose goal is to promote richer learning experiences and to provide reusability and adaptability of these objects in a more effective way. This paper describes the design and the specification of MAS for ILO, based on SCORM reference model, using Multiagent System Engineering (MaSE) methodology.

Keywords—Learning Objects. SCORM. Multi-agent systems.

Resumo—Em sistemas de aprendizagem existem dois aspectos que devem ser considerados: (i) a adaptabilidade, que diz respeito às diferentes necessidades e estilos de aprendizagem dos alunos; e (ii) a reusabilidade, que visa apoiar a confecção dos cursos. Acredita-se que estas características podem ser alcançadas através da interligação entre Sistemas Multiagentes (SMA) e Objetos de Aprendizagem (Learning Objects – LO), resultando na abordagem denominada de Objetos Inteligentes de Aprendizagem (Intelligent Learning Objects – ILO). Este trabalho apresenta a proposta de um SMA para ILO baseada no padrão SCORM, utilizando a Engenharia de Sistemas Multiagentes (Multiagent System Engineering - MaSE).

Palavras-chave—Objetos de Aprendizagem. SCORM. Sistemas multi-agentes.

Este trabalho foi apresentado no XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.

J. M. C. Silva pertence ao Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil (e-mail: julia@univali.br).

N. R. Bavaresco pertence ao Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. (e-mail: natanael@inf.ufsc.br).

R. A. Silveira pertence ao Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, (e-mail: silveira@inf.ufsc.br).

I. INTRODUÇÃO

ESTE trabalho descreve como a adaptabilidade e reusabilidade de objetos de aprendizagem podem ser alcançadas através da aplicação de ambientes de aprendizagem baseados em Sistemas Multi-agentes em conformidade com as especificações do modelo SCORM. Para tanto, é apresentada a modelagem formal de uma abordagem proposta por [12], na qual objetos de aprendizagem são construídos com base no paradigma de agentes. A fundamentação tecnológica desta abordagem é constituída por uma integração entre tecnologias desenvolvidas para Objetos de Aprendizagem e para Sistemas Multi-agentes (SMAs).

O conceito central apresentado é o de Objeto Inteligente de Aprendizagem, entidade que corresponde a um agente com a capacidade de gerar experiências de aprendizagem reutilizáveis, no mesmo sentido que os objetos de aprendizagem. Para isto, é apresentado um modelo formal de uma sociedade multi-agente capaz de sustentar tal conceito.

Os Objetos Inteligentes de Aprendizagem, aqui descritos, comunicam-se com o repositório de objetos e o sistema gerenciador de aprendizagem, todos eles implementados na forma de agentes, os quais compreendem um ambiente de aprendizagem. Os três papéis se complementam sendo capaz de promover as experiências de aprendizagem. A estratégia pedagógica será resultante da interação que ocorre entre estas entidades.

Conforme [4], os agentes inteligentes oferecem uma grande contribuição para a implementação de ambientes colaborativos, pois podem se comunicar em qualquer rede baseada nos protocolos. Esta característica faz com que a cooperação possa ocorrer tanto em pequenos laboratórios de aula como através da Internet, sem limite de distância.

II. OBJETOS INTELIGENTES DE APRENDIZAGEM

Um Objeto de Aprendizagem é uma peça de *software* que proporciona algum tipo de experiência de aprendizagem, e

pode ser aplicado ao aprendizado em diversos momentos, e em diferentes cursos e situações ([6]; [10]; e [13];). Os objetos podem ser controlados por algum Sistema Gerenciador de Aprendizagem (*Learning Management Systems - LMS*), contudo estão limitados a funcionar de uma forma restrita.

[12] apresentam uma abordagem sobre os Objetos de Aprendizagem, agregando a tecnologia de Sistemas Multiagentes (SMAs), denominado Objetos Inteligentes de Aprendizagem (*Intelligent Learning Objects - ILO*). A utilização de SMAs amplia as possibilidades dos ambientes de aprendizagem tradicionais, por apresentarem características como [2]:

- Um agente é um pedaço de software que trabalha de forma contínua e autônoma, dentro de um ambiente;
- Um agente pode inferir em um ambiente de forma flexível e inteligente, sem necessitar de intervenção humana; e,
- Um agente pode se comunicar com outros agentes através de troca de mensagens, usando Linguagens de Comunicação entre Agentes (*Agent Communication Language - ACL*).

As características acima citadas podem ser aplicadas ao contexto dos Objetos Inteligentes de Aprendizagem, da seguinte forma: um ILO é uma peça de *software*, com um comportamento autônomo, cujo comportamento é adaptativo de acordo com sua percepção do meio ambiente e das informações recebidas de outros agentes, devido a sua capacidade de inferência, sem necessitar de intervenção externa contínua. A Figura 1 representa a união dos conceitos explicitados que dão origem a um objeto inteligente de aprendizagem.

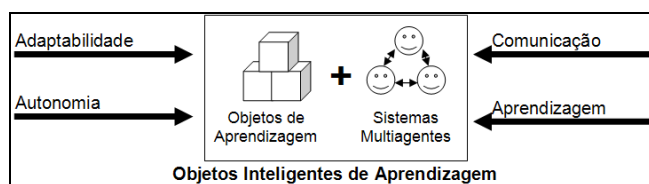


Fig. 1. Objetos Inteligentes de Aprendizagem.

Uma possibilidade interessante refere-se à capacidade de aprendizagem, na qual os agentes podem implementar, baseada ou não em alguma técnica de Inteligência Artificial. Logo, um objeto de aprendizagem com esta característica poderá adquirir novos conhecimentos e comportamentos no decorrer de sua existência, através da interação com os alunos e, até mesmo, com outros objetos de aprendizagem, tais como: adquirir informações sobre os alunos como as suas preferências e estilos cognitivos e verificar quais as melhores estratégias de aprendizagem em cooperação com os demais agentes.

III. SCORM

O SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) é um modelo de referência para construção de objetos de aprendizagem de modo que eles sejam reutilizáveis e interoperáveis para qualquer LMS, desde que suporte este

modelo, isto é, padronizando uma maneira única de iniciar e comunicá-los com o LMS. Para que objeto de aprendizagem torne-se um objeto SCORM, deve atender os seguintes requisitos [1]:

- **Reusabilidade:** deve ser modificado facilmente e usado por diferentes ferramentas de desenvolvimento e plataformas, além de ser aplicável em múltiplos contextos;
- **Acessibilidade:** capacidade de ser encontrado e torná-lo disponível se possível por aprendizes e desenvolvedores de conteúdos, de qualquer local remoto;
- **Interoperabilidade:** ser operável em diversos tipos de hardware, sistemas operacionais e navegadores web; e
- **Durabilidade:** não deve ser necessário realizar modificações significativas (reconfigurar, reimplementação) com novas versões de software.

Ainda, o SCORM apresenta um conjunto de especificações que abrange: (i) visão geral, (ii) modelo de agregação de conteúdo e (iii) ambiente de execução (*Run-Time*). O modelo de agregação de conteúdo é responsável por promover um conceito comum para a construção de conteúdos de aprendizagem, sendo possível descobrir, reutilizar, compartilhar e o interoperar. Ele também define que conteúdos de aprendizagem podem ser identificados e descritos, agregando em um curso ou em parte de um curso, além de movê-lo entre LMS e repositórios. O modelo inclui especificações para agregar conteúdo e definir metadados. Ainda, são definidos os seguintes tipos de componentes: Recursos (*Assets*), Objeto de Conteúdo Compartilhado (SCO), Atividades, Organização de Conteúdo e Agregação de Conteúdo (*Content Aggregation*).

Já o ambiente de execução é responsável pela definição da implementação, isto é, como o objeto de aprendizagem deve se comunicar com o LMS. Conforme a Figura 2, para que isto seja possível, é necessária a utilização de um adaptador da API SCORM, denominado *APIAdapter* [1].

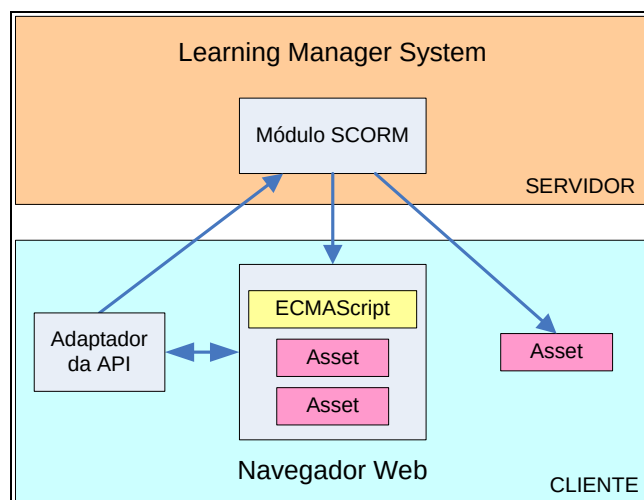


Fig. 2. Ambiente de Run-Time.

O uso de uma API comum provê uma forma de padronização para que os SCOs se comuniquem com o LMS, encapsulando detalhes de programação nem sempre interessantes ao conteudista. Em termos gerais, uma API contém um conjunto de funções pré-definidas que o SCO pode acessar quando estiver ativo. Já um adaptador de API é um biblioteca de funcionalidades que podem ser manipuladas externamente. Logo, o LMS apenas precisa implementar este adaptador de forma a permitir que o objeto tenha acesso a informações que possa vir utilizar, por exemplo, o nome do aluno ou em que parte do objeto o aluno parou na última vez que o acessou. As funções disponíveis na API são apresentadas na Tabela I.

TABELA I
FUNÇÕES DA APIADAPTER

Classificação	Função	Descrição
Estado de Execução	LMSInitialize	Indica ao adaptador da API que o SCO irá se comunicar com o LMS.
	LMSFinish	O SCO deve chamar esta função quando não precisará mais se comunicar com o LMS.
Transferência de Dados	LMSGetValue	Permite que o SCO obtenha uma informação do LMS.
	LMSSetValue	Permite que o SCO envie uma informação ao LMS.
	LMSCommit	Permite que o SCO solicite ao LMS que registre os valores enviados a ele de forma persistente.
Gerenciamento de Estado	LMSLastError	Possibilita ao SCO saber se alguma operação falhou ou não.
	LMSGetErrorString	Retorna uma mensagem textual sobre o erro obtido.
	LMSGetDiagnostic	Fornecer informações adicionais sobre um

A comunicação do SCO com o LMS através de uma instância do adaptador da API atravessa por diversos estados, conforme ilustra a Figura 3. Os estados do adaptador da API especificam as respostas fornecidas dada a ocorrência de um evento. Durante cada um destes estados há um conjunto de diferentes atividades que o SCO pode realizar. Os estados transpassados pela API são: “Não Iniciado”, “Iniciado” e “Encerrado”.

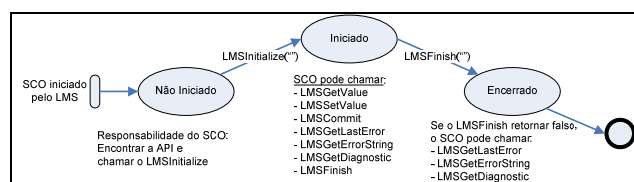


Fig. 3. Estados de transições da API.

IV. SOCIEDADE DE AGENTES PARA ILO

Para o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem sob a perspectiva de agentes, foi necessária a modelagem de uma

sociedade de agentes, na qual contemplasse as entidades fundamentais no processo de ensino- aprendizagem: conteúdo – ambiente – aluno. Sendo assim, foram identificados os seguintes tipos de agentes:

- **Agente LMS:** representa os sistemas de gerenciamento de aprendizagem, lidando com os aspectos administrativos e gerenciais que envolvem os ambientes de aprendizagem. Além disso, provê o acesso dos aprendizes aos ILOs, e fornece informações do aprendiz aos ILOs;
- **Agente ILO:** encapsula os objetos de aprendizagem, sendo capaz de gerar experiências de aprendizagem aos alunos;
- **Agente ILOR (Intelligent Learning Object Repository):** são abstrações dos sistemas de repositório de objetos de aprendizagem, armazenando dados sobre os ILOs, possibilitando a usuários ou agentes encontrá-los; e,
- **Agente Learner:** contempla a representação do aluno perante o ambiente e seus objetos. É responsável pelas operações de armazenamento e resgate de informações sobre o modelo de dados do aluno.

O SMA proposto é apresentado na Figura 4, onde se ilustra a dinâmica dos agentes descritos acima. Inicialmente, os aprendizes interagem com o agente LMS a fim de obter experiências de aprendizagem. O agente LMS busca o ILO mais apropriado para a necessidade de aprendizagem do aprendiz e o invoca. O ILO é então responsável por gerar as experiências de aprendizagem ao aprendiz. Nesta tarefa, é possível comunicar-se com o agente LMS e com outros agentes ILO a fim de promover uma experiência de aprendizagem mais rica. Toda comunicação é promovida pela troca de mensagens no padrão FIPA-ACL. O ambiente onde tais agentes habitam estão no padrão FIPA, o qual provê todo o mecanismo necessário para troca de mensagens entre os agentes.

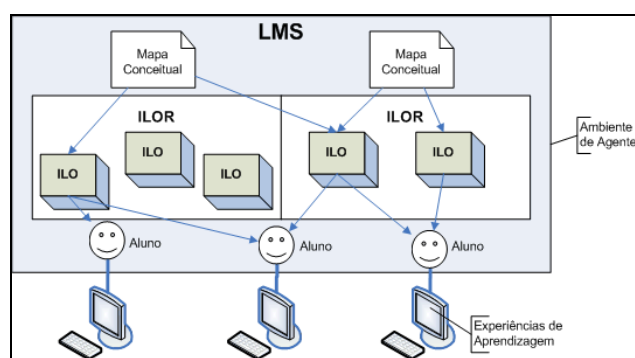


Fig. 4. Sistema multi-agentes proposto por Silveira et al. (2005).

V. MODELANDO O SISTEMA MULTI-AGENTE

O SMA proposto por [12] foi revisado e modelado através da metodologia proposta por [5], denominada MaSE. Ela permite o desenvolvimento de sistemas multi-agentes com base nos princípios da Engenharia de Software. Para tanto, o processo de desenvolvimento é dividido em duas fases

principais: a análise e a modelagem; onde cada um provê um conjunto de etapas a serem seguidas.

TABELA II
AGENTES E DIÁLOGOS DA ONTOLOGIA ILO-ONTOLOGY

Receptor	Diálogo	Protocolo FIPA	Descrição
APISCORMAgent	lms-initialize	RIPS	Informa ao SMA que o acesso ao objeto foi iniciado.
	lms-finalize	RIPS	Informa ao SMA que o acesso ao objeto foi finalizado.
LMSAgent	new-learner	RIPS	Registra um novo aluno.
	set-learner	RIPS	Registra um novo repositório.
LearnerAgent	set-learner	RIPS	Solicita o armazenamento das informações de um aluno.
	get-learner	RIPS	Obtém informações gerais sobre um aluno.
ILORAgent	search-keyword	CNIPS	Obtém informações sobre ILOs que atendam a um determinado critério.
	new-ilo	RIPS	Registra um novo objeto inteligente de aprendizagem.
ILOAgent	get-metadata	RIPS	Obtém informações de metadados de um ILO.
	show-ilo	RIPS	Apresenta o ILO ao aluno.
	search-ilo	CNIPS	Busca um ILO que atenda a um determinado critério.

Legenda:

RIPS – Request Interaction Protocol Specification (SC00026)

CNIPS – Contract Net Interaction Protocol Specification (SC00029)

Conforme descrito na Tabela II, estabeleceram-se cinco classes de agentes que representarão os papéis de agente LMS, agente ILOR e agente ILO, agente Learner, agente APISCORM; no que diz respeito a retornar uma determinada informação solicitada. O agente APISCORM é classificado como reativo, enquanto os demais são considerados agentes cognitivos.

Já o diagrama de diálogos permite conhecer as mensagens que serão trocadas entre duas classes de agentes. Para os agentes identificados foram estabelecidos doze diálogos, os quais compõem a ontologia **ilo-ontology**, desenvolvida especialmente para a aplicação no domínio de Objetos Inteligentes de Aprendizagem.

Os diálogos da ontologia **ilo-ontology** seguem os protocolos de interação da especificação FIPA. Por exemplo, o fluxo de mensagens para o diálogo “get-metadata”, ilustrado na Figura 5, baseia-se no documento SC00026 – FIPA Request Interaction Protocol Specification.

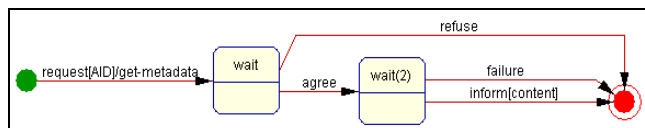


Fig. 5. Diagrama do diálogo get-metadata.

O diálogo é composto pelas seguintes fases: (i) um agente envia uma requisição ao agente ILO informando seu identificador e o identificador do diálogo “get-metadata”; (ii) o agente ILO informa ao agente se aceita ou se rejeita a requisição; (iii) o agente ILO retorna a informação solicitada (metadados) ou se o diálogo falhou.

A. Ontologia ILO-Ontology

Conforme [7], ontologia é um conjunto de conceitos de um domínio específico. Geralmente, uma ontologia FIPA é definida pelo uso de predicados, ações e conceitos. Embora simples esta definição, é muito pragmática e satisfaz todas as requisições de um processo de comunicação entre agentes definida na pesquisa.

Para o desenvolvimento da ontologia, foi utilizada a ferramenta Protégé [11] a qual possui uma expressiva aceitação na comunidade científica, além de disponibilizar mecanismos de integração com *framework* selecionado para o desenvolvimento dos agentes. Os conceitos do LMS, ILO, ILOR e do aluno são ilustrados na Figura 6. Nota-se que há uma interligação semântica entre os conceitos: o modelo de dados do aluno se refere à interligação do desempenho obtido pelo aluno em um determinado objeto. Já o ILOR implementa uma lista de objetos que ele possui.

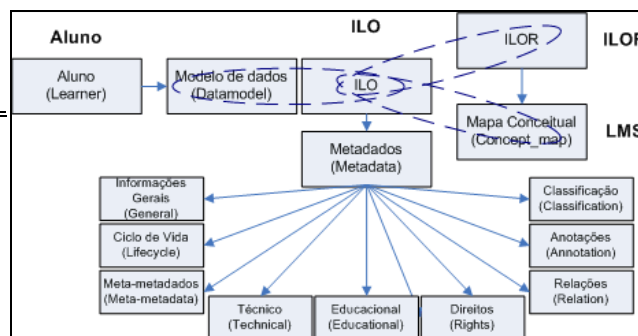


Fig. 6. Conceitos da ontologia.

Outra entidade identificada é relativo o mapa conceitual. Percebeu-se durante a pesquisa, a necessidade de uma estrutura que norteasse o desenvolvimento de um curso. Um mapa conceitual permite que sejam identificados os conceitos a serem abordados, e relacioná-los através de pré-requisitos conceituais e temporais. Na arquitetura proposta, cada objeto inserido no SMA deverá ser relacionado a um ou mais conceitos, para que no momento de sua adaptação eles sejam identificados corretamente, evitando o problema de conceitos de mesmo nome, porém de semânticas diferentes. Por exemplo, o termo “janela” pode-se referir tanto a um elemento de uma obra / construção, quanto a uma interface de interação entre um software e um usuário. Ao inserir estes conceitos dentro de um mapa, pode-se distinguir seus contextos, oferecendo ao aluno um objeto semanticamente correto.

A ontologia contém meta informações sobre o LMS, o aluno, o objeto de aprendizagem e seu repositório. Os dados contidos referentes ao aluno incluem um identificador, seu nome e uma referência para o seu modelo de dados, o qual

será responsável pelo armazenamento de sua aprendizagem ao utilizar cada objeto de aprendizagem. Já sobre os objetos de aprendizagem, tem-se um conjunto de informações que o caracterizam. A definição de quais variáveis seriam relevantes para se conhecer um objeto, baseou-se no padrão [8] o qual incluem a relação entre o objeto e o aproveitamento do aluno.

O repositório dos objetos apresenta uma lista responsável por armazenar as referências dos objetos ativos, além de se conhecer o local onde tal repositório está localizado. Por fim, o LMS deve conhecer seus alunos, repositórios de objetos, e os mapas conceituais que definirão cada um dos cursos disponíveis no ambiente. O mapa conceitual estabelece uma sequência em que os conceitos devem ser abordados, permitindo ainda que o professor, ao montar seu curso, defina qual(is) objeto(s) ele prefere que o curso aborde ao aluno. O conceito de mapa conceitual aqui apresentado difere da sequência dos assets contidos em um objeto SCORM.

VI. APLICAÇÃO

Foram realizadas experimentações de desenvolvimento de objetos de aprendizagem através de uma ferramenta de autoria. Selecionou-se a ferramenta Click2Learn [3] por trabalhar com metadados SCORM, além de ser disponibilizada gratuitamente. Seu funcionamento consiste na seleção de um documento já construído previamente (ex: texto, imagem, hipertexto), o qual receberá meta-informações preenchidas pelo usuário através de um formulário. Ao final, é gerado um arquivo compactado contendo o objeto de aprendizagem “scormizado”. Este arquivo é formado por: um conjunto de outros arquivos que viabilizam a comunicação de um objeto com algum LMS, desde que trabalhem sob um mesmo padrão; o arquivo original que contém o material instrucional; e um arquivo de metadados disponibilizado no formato XML.

Este último arquivo é responsável por expressar as informações do objeto de aprendizagem, que serão carregados pelo agente ILO no diálogo “new-ilo”, executado no momento do registro de um novo objeto no repositório. Quando este diálogo ocorre, o agente prepara os dados do arquivo XML e disponibiliza seguindo a especificação da ontologia, conforme ilustra a Figura 7.

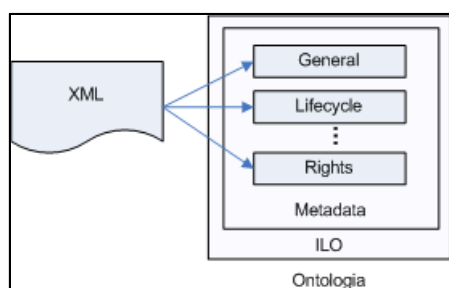


Fig. 7. Conversão dos dados XML para a ontologia.

Através deste processo, torna-se viável a comunicação de um agente ILO com os demais agentes do sistema, por exemplo, podendo estabelecer o diálogo “get-metadata”.

VII. IMPLEMENTAÇÃO

Para o desenvolvimento dos agentes está sendo utilizado o *framework* Java Agent Development [9], na versão 3.4.1. O JADE implementa um conjunto de funcionalidades que facilita a implementação de agentes, além de disponibilizar ferramentas gráficas que apoiam o gerenciamento de SMAs. Os agentes gerados neste *framework* encontram-se no padrão FIPA.

O JADE não permite a instanciação nem a comunicação direta de seus agentes e serviços web, sejam aplicações cliente (*applet*) ou servidor (*jsp* ou *servlet*). Para tanto, foi necessário desenvolver um mecanismo de comunicação através de invocação remota de método (*Remote Method Invocation* - RMI), a qual especifica que se deve haver um servidor de serviços e clientes que irão se conectar a este servidor em busca de um determinado serviço. Logo, deve-se utilizar uma porta comum onde o serviço, também de nome conhecido, poderá ser localizado.

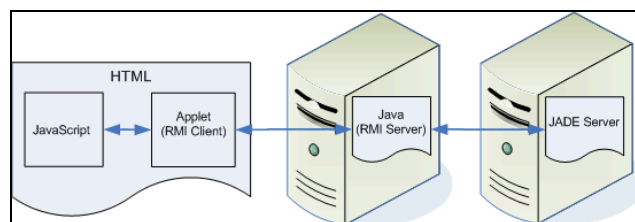


Fig. 8. Integração Applet e SMA via RMI.

O servidor deve realizar a comunicação com o SMA através dos recursos de *Gateway* disponibilizados pelo *framework* do JADE; e o cliente, desenvolvido com recursos de applet, conecta-se ao servidor. O serviço de *Gateway* permite a criação de um agente (*GatewayAgent*) que irá interagir com os demais agentes do SMA através da troca de mensagens, processo interpretado através da especificação de um comportamento.

VIII. CONCLUSÕES

Os Objetos Inteligentes de Aprendizagem são entidades capazes de promover experiências de aprendizagem através de ambientes de aprendizagem, utilizando como base tecnológica o conceito de objetos de aprendizagem e sistemas multi-agentes. Isto permite a eles interagir com outros agentes, buscando conhecimento sobre o ambiente, alunos e demais objetos que possam auxiliá-lo no ensino de um domínio.

A sociedade proposta por Silveira *et al.* (2005), foi modelada utilizando uma metodologia própria para sistemas multi-agentes, baseada em conceitos da engenharia de software. Esta metodologia facilita o entendimento e possibilita focar o real objetivo do sistema que se deseja

construir. Devido à interligação entre os modelos, é possível estabelecer vínculos em todas as etapas, garantindo que todos os objetivos identificados sejam atendidos pelos agentes e diálogos entre eles.

A modelagem de um sistema já proposto permitiu identificar pontos que devem ser modificados ou ampliados. Foi necessária a redefinição dos agentes, e seus respectivos papéis. Por exemplo, anteriormente cabia ao agente de LMS solicitar a experiência de aprendizagem, o qual foi substituído pela ação de lms-initialize disparada pelo agente de APIAdapter. Outro agente modelado é o LearnerAgent, responsável pelas atividades de propriedade do aluno.

Ainda sobre a modelagem, a comunicação entre agentes foi revista, e propostos novos diálogos, a destacar aqueles que envolve a APIAdapter. Além disto, percebeu-se que os diálogos definidos utilizam apenas um processo definido de fases: requisição, confirmação, resposta ou rejeição. Cada um dos diálogos foram estudados quanto a sua forma de execução e definiu-se um protocolo de comunicação FIPA.

A implementação já realizada permite verificar a viabilidade do projeto, o qual se destaca a independência de servidor web para a sua implantação, necessitando apenas da plataforma JADE, com o SMA, e da adaptação da API de comunicação entre os objetos e o SMA.

Como trabalho futuro, além da continuidade da implementação e testes do SMA, está sendo reavaliada a ontologia proposta por [12], buscando conformidade com o conjunto de metadados do padrão SCORM.

- [12] Silveira, R. A., Gomes, E. R., Vicari, R. M. (2005). Intelligent Learning Objects: An Agent-Based Approach of Learning Objects. In Weert, Tom Van, Tatnall, Arthur (Eds.) Information and Communication Technologies and Real-Life Learning. Boston Springer, 1103 - 110.
- [13] Sosteric, M.; Hesmeier, S. (2002). When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects. International Review of Research in Open and Distance Learning. ISSN: 1492-3831.



Júlia Marques Carvalho da Silva recebeu o título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, Brasil, em 2006, e o título de Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, em 2008. Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Tem desenvolvido atividades de pesquisa desde 2001, desenvolvimento de sistemas desde 2004 e lecionado a partir de 2007, todos pela Universidade do Vale do Itajaí. Também leciona no Centro Universitário de Brusque desde 2007. Possui interesse nas áreas de pesquisa: Informática na Educação e Inteligência Artificial.



Natanael Ribeiro Bavaresco recebeu seu diploma de Bacharel em Ciência da Computação em outubro de 2007 pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Videira, Brasil. Atualmente é mestrando em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Brasil, onde é bolsista pela CAPES. Desenvolve atividades de pesquisa desde 2006 nas áreas de Informática na Educação e Inteligência Artificial. Atua também dentro da Universidade na implantação e desenvolvimento do ambientes de aprendizagem.



Ricardo Azambuja Silveira é Engenheiro formado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Mestre em Educação pela PUCRS e Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Atualmente, é professor adjunto no Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC atuando nas áreas de Inteligência Artificial e Informática em Educação, com diversas publicações na área. As principais áreas de pesquisa são: sistemas multiagente, ambientes inteligentes virtuais de aprendizagem e objetos de aprendizagem inteligentes.

REFERÊNCIAS

- [1] ADL (2001). The SCORM Run-Time Environment. Advanced Distributed Learning, 2001.
- [2] Bradshaw, J. M. (1997). An introduction to software agents In: Bradshaw, J. M. Ed. Software Agents. Massachusetts: MIT Press, 1997.
- [3] Click2Learn (2007). Disponível em: http://academiaelearning.com/contenido/scorm/cooking/i_cookbook.htm. Acessado em: 20 de abr. de 2007.
- [4] Costa, M. T. C. (1999). Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino a Distância. Doutorado em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [5] DeLoach, S. A.; Wood, M. (2001). Developing Multiagent Systems with agentTool. In: Proceedings of Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer – Verlag, Berling, 2001.
- [6] Downes, S. (2001). Learning objects: resources for distance education worldwide. In: International Review of Research in Open and Distance Learning, 2(1). 2001.
- [7] FIPA: The foundation for Intelligent Physical Agents: Specifications (2002). Acessado em: 7 de Julho de 2005. Disponível em: <http://www.fipa.org>.
- [8] IEEE (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE 1484.12.1-2002. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org>. Acessado em: 10 de Janeiro de 2007.
- [9] JADE (2007). Java Agent Development Framework. Acessado em: 25 de Junho de 2007. Disponível em: <http://jade.tilab.com>.
- [10] Mohan, P.; Brooks, C. (2003). Engineering a Future for Web-based Learning Objects. Proceedings of International Conference on Web Engineering, Oviedo, Asturias, Spain.
- [11] Noy, N. F.; Fergenson, R. W.; Musen, M. A. (2000) The knowledge model of Protégé-2000: combining interoperability and flexibility. In: Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management. ISBN: 3-540-41119-4.

Capítulo 19

Um objeto de aprendizagem para o ensino de química geral

Mara B. C de Araujo, Suzana T. Amaral, Tania D. M. Salgado, José C. Del Pino; Bruno dos S. Pastoriza, Alessandra F. M. Rosa

Title—A learning object for General Chemistry teaching.

Abstract— Freshman students usually have difficulties in General Chemistry's discipline. The objective of this proposal is to contribute to the improvement of their learning activity through the development of a hypertext. It comprehends the contents of a discipline that the Chemistry Institute of Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) offers to the students whose Major is in: Chemistry, Chemical Engineering and Materials Engineering. Each subject is presented through different approaches: written and illustrated texts, solved and discussed exercises, problems with different difficulty grades, and complementary information, where the relation and integration with other subjects and as well with every day life aspects can be done. Those students who used the material made a positive evaluation. However, many of them showed some resistance to methods, which use study strategies mediated by computer, without a teacher to guide them.

Keywords— general chemistry, hypertext, learning object

Resumo— Os calouros usualmente encontram dificuldades na disciplina de Química Geral. O objetivo desta proposta é o de contribuir para a melhoria da sua aprendizagem através do desenvolvimento de um hipertexto, que abrange o conteúdo discutido na disciplina oferecida no Instituto de Química da UFRGS para os alunos dos cursos de Química, Engenharia Química e Engenharia de Materiais. Cada assunto é apresentado através de diferentes abordagens: texto escrito e ilustrado, exercícios resolvidos e discutidos, problemas de diferentes graus de complexidade, além de informações complementares onde a

relação e a integração com outros assuntos e também com a vida cotidiana podem ser feitas. Os alunos que se dispuseram a utilizar o material o avaliaram positivamente, embora muitos deles ainda apresentem resistência à utilização de métodos que usam estratégias de estudo mediadas por computador, sem a orientação de um professor.

Palavras-chave— química geral, hipertexto, objeto de aprendizagem

I. INTRODUCTION

É através da disciplina de Química Geral que o aluno recém admitido na universidade tem o primeiro contato com os conceitos de química [1] o que confere a essa disciplina uma importância fundamental no embasamento de toda a sua futura aprendizagem na área de Química. Essa é uma disciplina que abrange um amplo conjunto de saberes. Os assuntos são abordados em diferentes profundidades, dependendo do curso a que estão dirigidos. Mas uma característica comum é que a maioria dos alunos apresenta o argumento de que a disciplina os confronta com muito conteúdo e pouco tempo para compreendê-lo e absorvê-lo. Existe então um grande desafio em disciplinas de Química Geral, que é como melhorar o aprendizado dos estudantes.

A experiência dos autores deste artigo que, ao longo dos anos, têm ministrado disciplinas de Química Geral em diferentes cursos de graduação mostra que alguns fatores podem explicar a grande dificuldade que os alunos encontram nessas disciplinas:

- 1) Heterogeneidade das turmas, ou seja, em cada turma convivem desde alunos com pouco entendimento dos conceitos que foram estudados no ensino médio até alunos que possuem um bom e consistente domínio do assunto.
- 2) Alguns alunos do curso de Química apontam o fato de a carga horária em física e cálculo ser superior à da Química Geral, o que trás uma certa frustração por ter que dedicar um tempo relativamente menor à química.
- 3) Dificuldade com o método de estudo continuado que é necessário na universidade. Muitos alunos assistem às aulas e só vão estudar na semana da prova. Neste momento, ou às

Este trabalho foi apresentado originalmente no X Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação

M. B. C. de Araujo é Professora do Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química -UFRGS (fone: (51) 3308-7209; fax: (51) 3308-7304; e-mail: mara@iq.ufrgs.br).

S.T. Amaral é Professora do Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química -UFRGS (e-mail: stamaral@iq.ufrgs.br).

T. D. M. Salgado é Professora do Departamento de Físico-Química do Instituto de Química -UFRGS (e-mail: tania.salgado@ufrgs.br).

J. C. Del Pino é Professor do Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química -UFRGS (e-mail: aeq@iq.ufrgs.br).

B. dos S. Pastoriza é Licenciando em Química do Instituto de Química -UFRGS (e-mail: bruno.pastoriza@ufrgs.br).

A. F. M. Rosa é Licencianda em Química do Instituto de Química -UFRGS (e-mail: afmartinsrosa@yahoo.com.br).

vezes só com a nota da prova, é que eles percebem que o estudo não foi suficiente. Em geral, mesmo após esta constatação, ainda é necessário um tempo maior para que ocorra o amadurecimento do estudante e ele então encare os problemas de frente.

As dificuldades encontradas pelos alunos levam a um alto índice de reprovação e quando a forma produtiva de assimilar os saberes não é encontrada ao repetir a disciplina, muitas vezes contribui para a evasão do curso.

Em uma pesquisa sobre a evasão do curso de Química na Universidade de Brasília [2], os próprios alunos pontuaram, com relação a sua permanência no curso, alguns aspectos como, por exemplo, o despreparo para lidar com as diferenças entre o ensino médio e o sistema universitário. Essas dificuldades dos estudantes no momento de transição entre o ensino médio e o universitário também foram objeto de estudo na Holanda, por ocasião da proposição de uma reforma na escola secundária [3]. Eles consideram importante melhorar essa interface dos níveis de escolaridade em função da falta de motivação, falta de independência, nível de cognição baixo e uma inabilidade dos estudantes para fazer relações com estudos futuros.

Sendo assim, a disciplina de Química Geral, especialmente no curso de Química, têm ainda um papel importante no sentido de reforçar a motivação dos calouros em continuar se dedicando ao estudo da área que eles escolheram para se profissionalizar, mostrando também a importância da Química no desenvolvimento social, industrial e de outras ciências, bem como a problemática do descontrole de suas aplicações [4].

De acordo com Schnetzler [5], o modelo dominante de ensino nos cursos de graduação universitária continua a ser o modelo transmissão/recepção e uma visão empirista/positivista da Química. Alternativamente aos métodos de ensino centrados na transmissão de conhecimento, tem sido propostos ambientes de ensino onde os alunos são agentes ativos, ambientes cooperativos de aprendizagem, nos quais os estudantes alcançam uma aprendizagem mais efetiva, e desenvolvem logicamente novas idéias por processos que envolvem raciocínio [6]-[8]. Para o aperfeiçoamento dos processos de ensino e aprendizagem em Química Geral, Francisco *et al* [9], recomendam a ampliação do tempo para discussões conceituais em sala de aula, estratégia que permitiu que os estudantes identificassem suas deficiências de conhecimento e relacionassem conceitos, organizando-os de modo significativo.

Uma forma de ampliar o tempo para discussões conceituais pode ser através do uso de processos de aprendizagem mediados por computador, permitindo assim vencer um dos desafios na Química Geral, que é motivar os alunos a desenvolver suas habilidades químicas através da capacidade de relacionar os diferentes conceitos e construir um raciocínio químico.

Assim, com o objetivo de proporcionar mais uma forma de aprendizagem, mais um passo na direção de levar o aluno a enfrentar esses novos desafios de uma forma promissora, está

se desenvolvendo um material na forma de um hipertexto, que no futuro irá possibilitar a cada aluno uma alternativa de construção do conhecimento.

O hipertexto consiste em um conjunto de páginas de informação – também chamadas nós – interligadas ativamente, de forma a possibilitar consultas imediatas, em uma ordem que é ditada pelo leitor. Essas páginas de informação podem conter palavras, imagens, gráficos, seqüências sonoras, filmes e documentos complexos, que podem, eles mesmos, ser hipertextos. A ligação entre os nós não é linear e, em alguns casos, chega mesmo a possuir conexões em forma de estrela, de modo reticular. Essa estrutura poliiarquizada auxilia a formalização do conteúdo de problemas complexos e pode ser planejada através de diferentes eixos temáticos, elegendo-se os tópicos centrais ao tema do hipertexto e, quando se julgar necessário ampliar o assunto de algum desses tópicos centrais, novos tópicos serão produzidos, interligando-os [10].

Utilizando-se tecnologia de informática na educação, o hipertexto é apresentado com ilustrações (tabelas, desenhos esquemáticos, animações, simulações e fotos) e disponibilizado através da rede mundial de computadores. A Internet alterou a maneira como o conhecimento é adquirido, distribuído e ampliado [11], possibilitando uma educação mais personalizada, mais flexível e mais efetiva. É também muito apropriada para sanar dificuldades individuais em uma turma com conhecimentos heterogêneos, bem como para educação continuada, uma vez que o material pode ser acessado sempre que necessário. No futuro, pretende-se implementar, na disciplina de Química Geral para químicos, engenheiros químicos e de materiais, uma turma por educação a distância (EAD) para alunos reprovados com conceito D (ou seja, alunos que foram reprovados mas freqüentaram as aulas presenciais desta disciplina em semestres anteriores).

Entretanto, a utilidade do objeto de aprendizagem desenvolvido não se restringe ao curso presencial, pois poderá também servir de base para desenvolver o material didático dessa atividade de ensino em um eventual futuro curso de Licenciatura em Química na modalidade a distância, como vem sendo cogitado já há algum tempo pelo Instituto de Química da UFRGS.

O hipertexto em desenvolvimento ainda lembra um livro, porém virtual, tanto na sua apresentação como na sua utilização, ou seja, ele ainda apresenta uma estrutura linear, embora permita uma navegação não linear. Esta é a estrutura tradicionalmente utilizada pelos alunos, ao adquirir conhecimento através de um livro didático. A estrutura não linear favorecida por um hipertexto pode levar o aluno a se perder no processo, pela falta de hábito com essa forma de aquisição de conhecimentos [12]. A transição para um hipertexto de estrutura não linear deverá, portanto, ser construída coletivamente e aos poucos, uma vez que a química apresenta muito encadeamento de conceitos, que são cumulativos e dependentes. A linearidade de informações também foi priorizada em material produzido na área de Engenharia [13], onde a pesquisa discute a importância de utilizar recursos educacionais de navegação mais linear,

atendendo às necessidades de acesso a conteúdos extensos de áreas científicas e tecnológicas. Ela também ressalta a vantagem de disponibilizar conteúdo cumulativo e estruturado, em uma só mídia, consolidando repositórios de objetos educacionais flexíveis, com conteúdos de vários tipos, apresentados em várias formas de representação.

Com o desenvolvimento do sítio de Química Geral espera-se estar no caminho capaz de enfrentar os grandes desafios no ensino dessa disciplina, que são: motivar o aluno a desenvolver suas habilidades e integrar os conceitos químicos, permitindo, então, a construção da ponte entre o percebido e o imaginado [12].

II. MÉTODO

O material está sendo desenvolvido como complemento às aulas presenciais de Química Geral teórica dos cursos de Química (Licenciatura, Bacharelado e Industrial), Engenharia Química e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Ele se apresenta como um sítio aberto ao qual os usuários têm livre acesso. Quando estiver completo, com todo o conteúdo do programa da disciplina, a sua utilização está planejada para ocorrer através de uma plataforma para ensino a distância, tal como a plataforma Moodle, por exemplo, permitindo um atendimento mais individualizado ao estudante.

A disciplina que foi escolhida como base para a construção do sítio é a que aborda o assunto em maior profundidade. Sua escolha deveu-se ao fato de que, uma vez que o material esteja preparado, torna-se mais fácil adaptá-lo para utilização em outras disciplinas que não necessitem de tanto aprofundamento. Além disso, ele está sendo pensado também como uma fonte de consulta e utilização para professores do ensino médio.

O acesso é feito ou diretamente através do servidor do Instituto de Química, no endereço www.iq.ufrgs.br/ead/quimicageral, ou via o Projeto CESTA do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) da UFRGS.

O sítio está sendo desenvolvido principalmente com os programas Macromedia Dreamweaver e Macromedia Flash.

Com a implantação de um sistema de banco de dados (MySQL) registra-se o monitoramento de acessos e implementa-se o sistema de cadastro. Para que seja possível obter um retorno dos usuários, implantou-se um sistema de monitoramento de acesso e tempo de utilização de cada página do sítio, desde que o usuário coloque o seu nome na abertura do sítio. Há também uma participação voluntária no processo de avaliação do material que é feita através de um sistema de cadastramento. Neste caso, ao início do semestre letivo é enviada uma correspondência eletrônica a cada potencial usuário (alunos de qualquer disciplina do Instituto de Química (IQ) da UFRGS que abranja pelo menos parte do conteúdo desenvolvido), que é então remetido ao endereço www.iq.ufrgs.br/ead/quimicageral/info.php, para

preencher um questionário de identificação que ao final o envia ao sítio. Após navegar livremente pelo material, o usuário pode, a qualquer momento, voltar à página principal, clicar no botão “formulário de avaliação” e emitir sua opinião sobre o sítio.

Para a utilização do sítio no ensino a distância, pensamos que apenas a relação máquina-usuário poderia ser muito “fria” e que a inclusão de um personagem poderia abrandar essa característica. Através de um toque de irreverência, este personagem tornaria o sítio um ambiente virtual mais amigável, além de, em certas situações, participar como personagem em animações, promovendo um melhor entendimento, assimilação e visualização do conteúdo. Pensando assim, é que foi desenvolvido, em Flash, o personagem do **Professor Ludovico Pinacromo** (Figura 1).



Figura 1 – Página de login no sítio

A cor de fundo do sítio foi escolhida pensando-se no fato de que o usuário permanecerá um tempo longo lendo o material. O branco foi evitado devido ao reflexo, o que acaba tornando a leitura cansativa. Essa cor ficou reservada para fundo de caixas que apresentam equações químicas ou resoluções de problemas, dando-lhes assim um certo destaque. A cor azul acinzentada foi escolhida por ser uma cor suave, evitando-se a monotonia com uma barra de um azul mais intenso. Nessa barra encontra-se o menu principal que permite ao usuário navegar de uma forma não linear. O menu principal, sempre que necessário, desdobra-se em um ou dois menus secundários. Nas ilustrações procura-se utilizar cores mais vivas.

Desenvolve-se a resolução de problemas e as equações químicas no programa Equation do Word. Evita-se problemas de navegação incorporando-se esse tipo de material em caixas com fundo branco que são coladas como figura. Com esse procedimento previne-se problema de navegabilidade caso o usuário não possua o programa instalado em seu computador.

IV. RESULTADOS

Desenvolvimento do hipertexto

O sítio é apresentado pelo professor Ludovico Pinacromo e ao identificar-se, o usuário é redirecionado à página inicial

onde poderá, no menu à esquerda, selecionar o assunto de seu interesse.

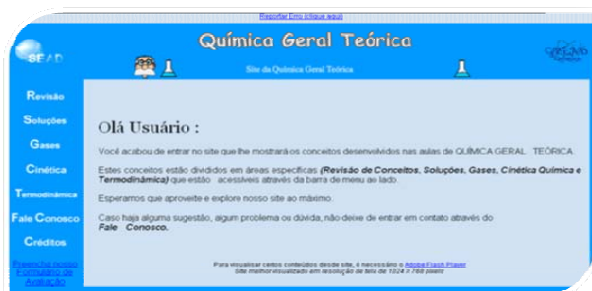


Figura 2 – Página “Home”, mostrando o menu principal.

Na página seguinte, o professor Ludovico Pinacromo disponibiliza quatro itens que abordam o conteúdo escolhido de diferentes ângulos, a saber: (1) Fundamentos teóricos, (2) Exercícios de Fixação, (3) Testes, (4) Guia dos curiosos. (Figura 3).

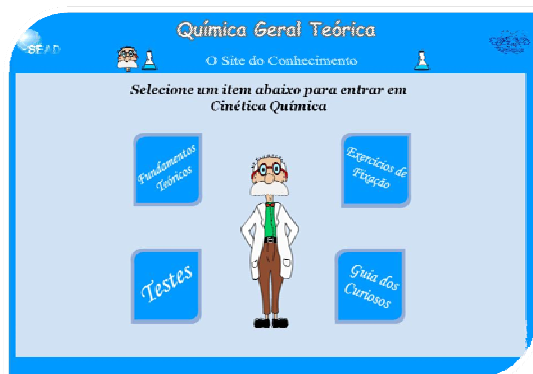


Figura 3 – Página do hipertexto que permite ao usuário escolher de que forma ele quer abordar o conteúdo.

Em “fundamentos teóricos” o assunto é abordado de forma semelhante àquela apresentada na disciplina presencial, porém mais rico em ilustrações. Fotos e principalmente animações e simulações que auxiliem o usuário na visualização e abstração dos fenômenos abordados foram incorporadas ao hipertexto. Como a animação possui um caráter mais lúdico e por vezes distante da realidade, utilizou-se, ainda, fotos de experimentos reais, desenhos esquemáticos ou tabelas, todos com o objetivo de facilitar e implementar a compreensão e fixação do assunto abordado.

Na parte inicial, onde uma revisão de conceitos é abordada – Revisão, no menu principal – a não linearidade que o hipertexto permite durante a sua exploração é ainda mais proveitosa, já que o aluno pode se fixar especificamente nas suas deficiências.

Pensando-se em ampliar as oportunidades de experimentação dos alunos, o conteúdo “estados físicos da matéria” tem início com uma animação que deve ser observada pelo usuário e suas observações macroscópicas são então anotadas. Após a leitura do conteúdo teórico é possível editar as observações anotadas anteriormente e por fim conferir com o texto proposto.

Em “exercícios de fixação” são apresentados exercícios simples e diretos com o objetivo de auxiliar na fixação de conceitos, por isso, eles são organizados e identificados com o conteúdo abordado em “fundamentos teóricos”. Eles podem ser acessados na página inicial ou no fim de cada página dos “fundamentos teóricos”.

A fim de que esta caminhada pelos “exercícios de fixação” não se torne monótona, eles são apresentados de várias formas, que propõem, a cada passo, uma diferente maneira de responder, sempre buscando uma maior interatividade. Alguns exemplos de tipos de exercícios podem ser vistos na Figura 4. Ressalta-se aqui outro ponto: por serem feitos em Flash, estes exercícios possibilitam que o aluno tenha o retorno do seu acerto ou erro. Caso não acerte, é disponibilizada a alternativa de refazer especificamente o exercício em que apresentou dificuldades.

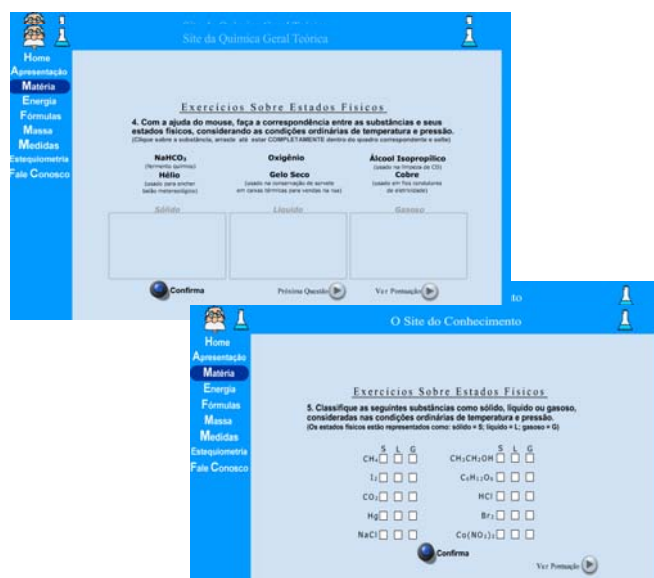


Figura 4–Exemplos de algumas das modalidades de exercícios de fixação

No item “testes” disponibiliza-se a lista de exercícios, referente à correspondente parte do conteúdo da disciplina de Química Geral teórica, onde os assuntos são abrangidos de forma inter-relacionada, exigindo uma ampliação da capacidade de abstração e interpretação do problema, já que aqui não estão especificados os assuntos a que cada exercício se refere.

Destaca-se que em diferentes momentos tenta-se trazer ao aluno uma certa vivência da Química, onde ele possa correlacionar a química e sua vida. Para isto, é necessário que se vá além dos conceitos simples e das idéias básicas expostas

na teoria. Com esse objetivo, foi criado o “Guia dos Curiosos”, onde aquele que explora esta área pode, à sua vontade, se aprofundar em conceitos, comentários, biografias, ferramentas e, propriamente, curiosidades que durante os “fundamentos teóricos” não são possíveis abordar. Para auxiliar nessa navegação, foi criado o ícone do “Guia dos Curiosos”, a interrogação (Figura 5a), que se encontra ao longo destes fundamentos. Ao clicá-la, o usuário será levado ao ponto específico de alguma curiosidade ou informação complementar sobre aquele assunto. Em um caminho contrário, caso o usuário opte por primeiro explorar o guia dos curiosos, consta ao final de cada página um ícone referente aos fundamentos teóricos, o livro (Figura 5b), que o levará direto ao ponto em que aquela informação está relacionada. Aqui, como pode ser visto, não há um roteiro a seguir, aquele que explora o “guia” é que faz o caminho conforme lhe convém.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Ícone do “guia dos curiosos”; (b) Ícone dos “fundamentos teóricos”.

Além disso, com o intuito de disponibilizar e divulgar bons materiais na rede, sempre que possível, incorpora-se objetos de aprendizagem desenvolvidos por outros autores e já disponibilizados na Internet, com o cuidado de solicitar a devida autorização. Links relacionados com o conteúdo, complementares e/ou interessantes são também adicionados ao hipertexto.

Avaliação do hipertexto

Optou-se por disponibilizar o material, na fase de desenvolvimento, para que os usuários pudessem avaliá-lo ainda na fase de construção, evitando assim que no futuro fosse necessária uma grande correção de rota, uma vez que o material tem que ser interessante e agradável ao público alvo. Só após o sítio chamar e prender a atenção do aluno é que terá início o processo de aprendizagem e para tanto o material tem que proporcionar uma fácil navegabilidade, uma leitura agradável, tem que despertar o interesse do aluno, bem como tem que apresentar o conteúdo de forma clara e diversificada.

O processo de avaliação torna-se possível através do programa de banco de dados (MySQL) que permite o registro das respostas dos questionários de avaliação bem como do acompanhamento da navegação de cada usuário. Este processo está se dando de forma cumulativa porque poucos são os usuários que voluntariamente respondem ao

questionário de avaliação ao início ou durante cada semestre. O resultado obtido inicialmente é apresentado na Figura 6, que mostra a percentagem das respostas obtidas no questionário de avaliação. Por questão de clareza da figura foram omitidas as percentagens mais baixas, pouco significativas.

Verifica-se que, quando são avaliados os quesitos físicos do material, ou seja, navegabilidade, leitura e tamanho das páginas, o resultado é bastante favorável. A maioria avaliou positivamente. Na apresentação do sítio, embora a maioria também tenha avaliado favoravelmente, houve uma pequena queda dos percentuais obtidos. Mas o ponto mais interessante é que as diferenças no domínio de conteúdo entre os usuários refletem-se nos temas da avaliação que se referem mais diretamente ao assunto abordado. Nos três itens finais (interesse que o material desperta, imagens e animações, conteúdo das animações e imagens) as opiniões estão bem mais divididas.

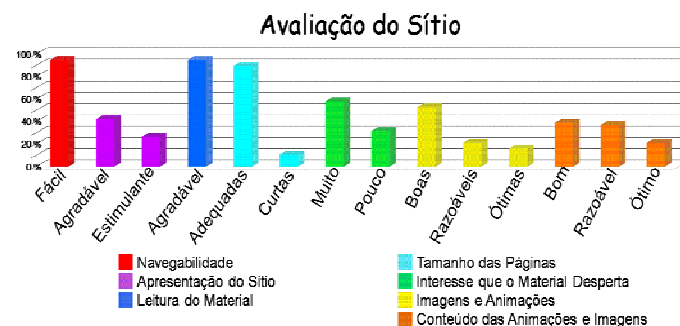


Figura 6 – Resultado da avaliação do sítio.

V. CONCLUSÃO

O hipertexto encontra-se em desenvolvimento, embora o arcabouço já esteja definido. Exemplos, ilustrações de diferentes tipos e inter-relações serão sempre criadas e adicionadas, com a intenção de ampliar as possibilidades de aprendizagem do aluno e construir um material que possa ser empregado tanto como apoio às atividades de uma disciplina presencial de Química Geral, quanto para servir de base para a futura implementação de uma disciplina/turma de Química Geral a ser oferecida na modalidade a distância.

Quanto à avaliação do sítio pode-se, no momento, inferir que, em geral, os alunos que se dispuseram a utilizar o material o avaliaram positivamente, embora muitos deles ainda apresentem resistência à utilização do método de estudo mediado por computador, sem a orientação de um professor.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Secretaria de Educação a Distância (SEAD/UFRGS), pelas bolsas e auxílios concedidos.

REFERÊNCIAS

- [1] P. F. Santos F^o, "Uma disciplina teórica de química para os alunos ingressantes no curso de graduação em química," *Química Nova*, vol. 23, no. 5, pp. 699-702, set.-out. 2000.
- [2] A. M. Cunha, E. Tunes, e R. R. Silva. "Evasão do curso de química da Universidade de Brasília: a interpretação do aluno evadido," *Química Nova*, vol. 24, no. 1, pp. 262-280, jan.-fev. 2001.
- [3] D. Groot, H. Hooghoff, Ad Van Hout, J. Warps, "Transition from secondary in the Netherlands." in: *International conference – teaching and learning in higher education: new trends and innovations*. Universidade de Aveiro, Portugal, 2003.
- [4] O. H. Pliego, H. Odetti, A. Otolani, "Los programas de química em la Universidad: comentarios e perspectivas," *Educación Química*, vol. 13, no.1, pp. 20-27, jan-mar. 2002.
- [5] R. P. Schnetzler, "Concepções e alertas sobre formação continuada de professores de química," *Química Nova na Escola*, vol.16, pp. 15-20, nov. 2002.
- [6] J. S. Hutchinson, "Teaching introductory chemistry using concept development. Case studies: interactive and inductive learning," *University Chemistry Education*, vol. 4, no.1, pp. 3-9, mai. 2000.
- [7] M. M. Cooper, "Cooperative learning," *Journal of Chemical Education*, vol. 72, no. 2, pp.162-164, fev. 1995.
- [8] A. J. Phelps, "Teaching to enhance problem solving," *Journal of Chemical Education*, vol. 73, no. 4, pp. 301-304, apr. 1996.
- [9] J. S. Francisco, G. Nicoll, M. Trautmann, "Integrating multiple teaching methods into a general chemistry classroom," *Journal of Chemical Education*, vol. 75, no. 2, pp.210-213, feb. 1998.
- [10] M. L. Eichler, J. C. Del Pino, *Ambientes virtuais de aprendizagem*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.
- [11] F. C. Dórea, H. S. Rodrigues, O. M. M. Lapouble, M. R. Pereira, M. S. Castro, W. Fontes, "Biochemical view: a web site providing material for teaching biochemistry using multiple approaches," *Journal of Chemical Education*, vol. 84, no. 11, pp.1866-1870, nov. 2007.
- [12] S. M. da Silva, M. L. Eichler, J. C. Del Pino, "As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina," *Química Nova*, vol. 26, no. 4, pp. 585-594, jul.-ago. 2003.
- [13] F. A. Pithan, M. I. Timm, R. C. Ferreira F^o., G. T. Perry, "O padrão linear de apresentação das informações: uma opção possível," *RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação*, [Online]. vol. 5, no. 1, jul. 2007. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2007/artigos/2aFlavia.pdf>



Mara B. C. De Araujo. Nascida na cidade do Rio de Janeiro em junho de 1948. Graduação em Química no Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), na cidade do Rio de Janeiro – RJ, em 1974. Especialização em Pós Graduação em ciências biológicas – Bioquímica no Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre – RS, em 1983. Mestrado em síntese de polímeros, em Pós Graduação em Química no IQ da UFRGS em Porto

Alegre – RS, em 1996. Doutorado em química ambiental, análise de traços de pesticida em água, em Pós Graduação em Química no IQ da UFRGS em Porto Alegre – RS, em 2004. Atualmente com pesquisa na área de educação a distância, com elaboração de material didático.

Ela atua como Professora do Instituto de Química da UFRGS, em química geral desde 1986, tendo ministrado aulas para alunos de agronomia, de química e das diversas engenharias, inclusive engenharia elétrica. Trabalho apresentado na forma de vídeo: "Desenvolvimento de módulos digitais de apoio à aprendizagem em química geral, por meio de ensino a distância" disponível em <http://www.ufrgs.br/sead/salao2/index.htm>.



Suzana Trindade Amaral. Nascida na cidade de Porto Alegre em agosto de 1957. Graduação em Engenharia Química na Escola de Engenharia (em 1970) e em Química no Instituto de Química (em 1983) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na cidade de Porto Alegre – RS. Mestrado em Ecologia no Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS, em 1984. Doutorado em Engenharia, no Programa de Pós Graduação em Engenharia

Metalúrgica e dos Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS, em 1996. Atualmente atuando em pesquisa na área de educação a distância, com elaboração de material didático.

Atua como Professora do Instituto de Química da UFRGS, em Química Geral desde 1983, tendo ministrado aulas para alunos dos Cursos de Química (Licenciatura e Bacharelado), Química Industrial, Farmácia, Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Materiais e outros Cursos de Engenharia. Trabalho apresentado na forma de vídeo: "Desenvolvimento de módulos digitais de apoio à aprendizagem em química geral, por meio de ensino a distância" disponível em <http://www.ufrgs.br/sead/salao2/index.htm>.



Tania D. M. Salgado nasceu em Erechim - RS, Brasil, em 02/01/1959. Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1980), graduação em Bacharelado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1983), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1986) e doutorado em Ciências - área de concentração Física Experimental, pela

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1999). Tem experiência de ensino e pesquisa na área de Química, com ênfase em Físico-Química e Química Nuclear e Radioquímica.

Atualmente ela é Professora Adjunta do Departamento de Físico-Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre - RS, Brasil. Suas principais publicações são na área de análise de materiais por meio de reações nucleares e na área de educação em química, mais recentemente concentradas na área de ensino a distância. Atualmente dedica-se, em pesquisa, principalmente aos seguintes temas: ensino de química, metodologia de ensino de química, educação a distância.

A professora Tania Salgado é sócia da Sociedade Brasileira de Química e já foi paraninfa dos formandos do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por cinco vezes.



José Cláudio Del Pino. Licenciado em química e químico pela PUCRS de Porto Alegre, Brasil, no ano de 1975, Especialista em ensino de química pela UCS (Caxias do Sul) em 1978, Mestre em bioquímica (1984) e Doutor em química de biomassa (1994) pela UFRGS (Porto Alegre), Pós-Doutor (2004) em ensino de química pela Universidade de Aveiro-Portugal (Portugal).

Ele é docente do Instituto de Química da UFRGS (Porto Alegre) onde coordena a Área de Educação Química e do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde e do PPG Química da UFRGS, pesquisador com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Professor orientador no nível de pós-graduação e de graduação, com quatorze dissertações de mestrado, quinze monografias em cursos de especialização, setenta e três de iniciação científica e duas de apoio técnico. A produção bibliográfica é de cinquenta e cinco artigos publicados em periódicos, cento e vinte trabalhos publicados em anais de eventos, oito livros publicados e quatro softwares produzidos. Vinte e sete participações em bancas e comissões examinadoras/julgadoras. Suas

principais linhas de pesquisa são: formação de professores e educação em ciências.

Prof. Dr. Del Pino é membro da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) participando da Divisão de Ensino da SBQ.



Bruno S. Pastoriza (UFRGS'05) Nascido na cidade de Porto Alegre – Rio Grande do Sul, Brasil, em 1987, Pastoriza ingressou na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2005 onde é graduando em Química Licenciatura. Atualmente atua em projetos na área de ENSINO A DISTÂNCIA, onde vem trabalhando desde 2006.

Bolsista da SEAD (Secretaria de Educação a Distância) tem desenvolvido objetos de aprendizagem que abordam principalmente o ensino a distância e a aprendizagem dos alunos.

Apresentou trabalhos nesta área em Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Desenvolvimento de módulos digitais de apoio à aprendizagem em química geral, por meio de ensino a distância, 2006. Assim como participou de exposições de pôsteres em Lageado, Rio Grande do Sul: Ambiente de Aprendizagem Mediado por Computador para Química Geral, 2007.

Sr. Pastoriza participa da Área de Educação Química (AEQ) do Instituto de Química (IQ) da UFRGS.



Alessandra F. Martins Rosa (UFRGS'99) Nascida no Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil, em 1979, ingressou na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1999 onde é formanda (2008/1) do curso de Química Licenciatura. Técnica em Química (1998), atuou em indústrias de Celulose e Papel, Alimentícia e Farmacêutica. Atualmente trabalha em uma escola da rede privada de ensino de Porto Alegre, onde ministra aulas de reforço escolar para alunos do Ensino

Fundamental e Médio.

Bolsista da SEAD (Secretaria de Educação a Distância) participou no desenvolvimento de objetos de aprendizagem que abordaram ensino de química a distância. Participou de exposições de pôsteres em Erechim, Rio Grande do Sul: Ambiente de Aprendizagem Mediado por Computador para Química Geral e Práticas Docentes na Formação de Professores de Química 2007.

Ms. Rosa atua no Núcleo de Apoio Pedagógico (NAP) na rede privada de Porto Alegre.

Capítulo 20

Aprender Ciencia Jugando Videojuegos

Jaime H. Sánchez

Title—Learning science by playing videogames

Abstract—In this work we present two games for science learning using problem solving principles and features of strategy games. We evaluated each game by using usability questionnaires and surveys, and recorded direct observation of users. The results indicate a high degree of user's satisfaction with the games and an increased motivation and interest in science. Along with it, the games enhanced significantly problem solving skills and interaction between users during the classes. The use of mobile games can allow the integration of students with visual impairment with sighted learners and thus contributing to provide them more equitable conditions and inclusion.

Keywords— Games, mobility, science learning, problem solving, mainstreaming

Resumen—En este trabajo presentamos dos juegos para el aprendizaje de la ciencia empleando principios de resolución de problemas y características de juegos de estrategia. Evaluamos cada juego usando cuestionarios de usabilidad, encuestas y registros de observación. Los resultados indican altos grados de satisfacción de los usuarios con los juegos y un incremento de su motivación e interés por la ciencia. Los juegos estimularon significativamente el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y la interacción entre pares. El uso de juegos móviles puede también permitir la integración de alumnos con y sin discapacidad, generando condiciones de mayor equidad e inclusión.

Palabras clave— Juegos, movilidad, aprendizaje de la ciencia, resolución de problemas, integración

I. INTRODUCCIÓN

LOS juegos han sido históricamente parte de la vida cotidiana de los niños y jóvenes en edad escolar. Con los avances de las tecnologías de la información y comunicación, TICs, los juegos electrónicos han irrumpido con fuerza, formando parte de las actividades diarias, preocupaciones e intereses de niños y jóvenes. Por ejemplo, una reciente

encuesta [1] aplicada en Chile muestra que el 50% de los alumnos de escuelas primarias y secundarias usan Internet para jugar. En Estados Unidos, un estudio [9] realizado en 2004 con una muestra nacional de personas entre los 8 y los 18 años reveló que, en promedio, estas personas usan videojuegos 49 minutos diarios. Esto significa que estas personas dedican a los videojuegos levemente más tiempo que el dedicado a la lectura de diarios, revistas o libros (43 minutos) y levemente menos tiempo que el dedicado a hacer tareas en la casa (50 minutos).

La educación en los primeros años de escolaridad pone énfasis en integrar los juegos en la sala de clases. En el marco curricular chileno de enseñanza para niños en edad preescolar se establece explícitamente el juego como un principio pedagógico fundamental [14]. Sin embargo, a medida que se avanza en el sistema escolar, los juegos van siendo desplazados por actividades que, en la tradición escolar, son más adecuadas para formar a los alumnos en la seriedad del trabajo, el rigor del esfuerzo, el cultivo del pensamiento y el control del cuerpo.

Durante las últimas décadas numerosos autores han descrito estilos de aprendizaje de los alumnos que no son integrados, o incluso están en tensión y conflicto, con la tradición escolar. Algunas de las fórmulas para describir estos “nuevos” estilos de aprendizaje han sido las denominaciones nativos digitales [8], aprendices del nuevo milenio [7] y generación M [9]. Estas, y otras fórmulas, tienden a coincidir en que los aprendices de hoy se han socializado en un mundo mediático y están familiarizados con sus lenguajes, tienen un alto consumo de medios de comunicación (audiovisuales y digitales), se sienten cómodos desarrollando diversas tareas simultáneamente, están acostumbrados a la inmediatez y tienen capacidad para aprender procesando rápidamente información paralela y discontinua [7, 9, 10, 11].

En la literatura existe una amplia diversidad de estudios que destacan la importancia del uso de juegos para fines de aprendizaje, tales como el desarrollo de destrezas de competencia y concentración, motoras, verbales, matemáticas, visuales y de resolución de problemas [6]. La posibilidad de utilizar juegos para el aprendizaje abre variadas oportunidades para brindar una educación acorde a los estilos de vida de los estudiantes, incrementando su motivación y generando espacios atractivos para el estudio [5].

Este trabajo fue presentado originalmente al Taller Internacional de Software Educativo, TISE 2007.

J. H. Sánchez, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile, Blanco Encalada 2120, Santiago, Chile (teléfono: 562-9780502; fax: 562-6731297; e-mail: jsanchez@dcc.uchile.cl).

Una de las mayores contribuciones de las TICs a la educación es el soporte que proporcionan para el desarrollo de diferentes habilidades cognitivas, tales como resolución de problemas, análisis, comunicación, colaboración y manejo de información [11]. Algunos autores describen la habilidad de resolver un problema como una actividad fundamental para el proceso de aprendizaje y como una habilidad crucial hoy en día. Varios autores se han hecho la pregunta sobre el uso potencial de dispositivos móviles para el aprendizaje [3],[4],[13]. Cortez et. al. [2], desarrollaron una experiencia con el uso de PDA para el aprendizaje colaborativo. La experiencia mostró el beneficio de las características móviles del dispositivo, logrando un proceso de aprendizaje más natural, además de promover conceptos de negociación en la sala de clase. Otros autores [9] argumentan que los dispositivos móviles son herramientas que pueden otorgar una gran ayuda en la resolución in situ de problemas inesperados de la vida diaria.

Este trabajo plantea la tesis que la articulación entre juegos y movilidad ofrece oportunidades para el aprendizaje de la ciencia, mejorando las condiciones de aprendizaje de los alumnos (motivación, compromiso con la tarea, colaboratividad) y contribuyendo al desarrollo de competencias de resolución de problemas. Esto se produce porque los juegos móviles integran características que los hacen adecuados a los estilos de aprendizaje y prácticas habituales de los estudiantes de hoy: desarrollo de tareas simultáneas, rapidez de procesamiento paralelo, instantaneidad de respuestas, integración de multimedia, cooperación y movilidad espacial.

En este estudio presentamos dos experiencias de juegos para el aprendizaje de la ciencia: *Evolución* y *AudioGene*. Ambos juegos están orientados a generar espacios motivadores e interactivos para compartir conocimiento, elaborar tareas y motivar a los alumnos a obtener nuevos conocimientos. También se muestra la evaluación de usabilidad de ambos juegos y su uso para el aprendizaje de la ciencia. Analizamos estos juegos desde el punto de vista de su usabilidad y de las dinámicas de trabajo que facilitan la realización de la clase. Junto con esto, evaluamos el impacto del juego *Evolución* en la resolución de problemas.

II. JUEGOS PARA APRENDER CIENCIAS

Las experiencias de las personas son un pilar fundamental en el aprendizaje y ayudan a estructurar y modificar sus modelos mentales. En particular, el aprendizaje de la ciencia requiere aprender haciendo, lo cual implica realizar bastante experimentación y trabajo empírico, aspecto restringido en muchas escuelas por razones económicas y logísticas.

Hemos desarrollado dos juegos para el aprendizaje de la biología: *Evolución* y *AudioGene*. Ambos son juegos de estrategia para PocketPC, en que se presenta un problema biológico que debe ser resuelto en tiempo real. Para resolver el problema, los alumnos deben plantear y discutir diferentes

estrategias ocupando la metodología de resolución de problemas.

A. Evolución

Es un juego cuya finalidad es que los alumnos mantengan y desarrollen 4 clases de animales (peces, anfibios, reptiles y aves), cada una de éstas identificada con 3 especies.

Este juego fue diseñado y desarrollado con las características que tienen los juegos de estrategia en tiempo real. El propósito es simular un proceso biológico real, donde el transcurso del tiempo es clave y afecta directamente variables fundamentales de la preservación y evolución de las especies.

Para colonizar los diversos ambientes del software, desarrollarse y evolucionar, los alumnos deben descubrir la "lógica" que tiene el proceso evolutivo en la naturaleza. Esta "lógica" incluye factores y condiciones para que cada una de las especies pueda desarrollarse y colonizar nuevos espacios, viéndose forzados a adaptarse a las nuevas condiciones. Al colonizar estos nuevos espacios y bajo ciertas condiciones, las especies sufren cambios cualitativos que se traducen en evolución.

El juego evolución se lleva a cabo en equipos de 4 alumnos. Cada jugador utiliza una PocketPC y debe lograr en una semana el mejor nivel de desarrollo de la población de la clase biológica y las especies asignadas. En las semanas siguientes de juego los alumnos intercambian las clases biológicas, jugando en el ambiente tal como lo dejó su compañero de equipo. Además, lo que haga un estudiante con una especie repercute directamente en lo que realice su compañero, ya que todas las especies conviven en el mismo sistema ecológico. Estas situaciones obligan a que cada grupo converse, colabore y trabaje en equipo para lograr mantener el equilibrio en el sistema ecológico.

Las acciones que pueden ejecutar los alumnos en el ambiente son: seleccionar, atacar, reproducirse, alimentarse y evolucionar. Además de estas acciones que controla el usuario, hay otras que son controladas por el juego, como lo son la depredación y la mortalidad.

Interacción

El juego ha sido diseñado de modo tal que los alumnos deben atender simultáneamente a varias especies en varios procesos y acciones distintas en diferentes zonas del ambiente. Por ejemplo, una lamprea (especie básica de los peces) puede estar alimentándose en la esquina superior izquierda del ambiente, mientras que un grupo de delfines lucha por la sobrevivencia en la esquina superior derecha. A medida que el número de especies crece en el ambiente, el juego se complejiza, generando una interacción más rica, mayor dinamismo y un reto mayor.

Interfaz Gráfica

El juego presenta una interfaz atractiva, jugable e intuitiva. Esto es esencial para la experiencia de juego y para mantener la atención del aprendiz. Para ello, adaptamos los elementos básicos de los juegos de estrategia de modo tal que la interfaz

fuera entendible y reconocible, y que los alumnos puedan centrarse en los conceptos que hay detrás del juego.

La interfaz del juego consiste de un menú principal y el ambiente de juego (Fig. 1).

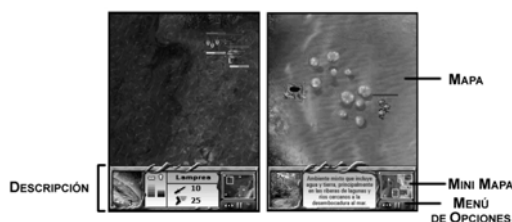


Fig. 1. Interfaz del juego Evolución.

B. AudioGene

Es un juego de rol para aprender ciencias por parte de usuarios videntes y no videntes. El principal propósito del juego es la integración de alumnos legalmente ciegos y videntes.

La metáfora del juego consiste en un mundo virtual en que existen variados conceptos genéticos, como ADN, mutación, genotipo, fenotipo y gen. Los contenidos han sido tomados del currículo de 7mo año de educación primaria hasta 2do año de educación secundaria. El juego se desarrolla en equipos de 4 alumnos.

Interacción

El juego se lleva a cabo en un mundo virtual (Fig. 2) basado en contenidos de genética y en donde el usuario interactúa por medio de un personaje virtual.

La historia del juego se basa en la muerte de un árbol de la vida con ciertas características biológicas, el que debe ser reemplazado por otro árbol con las mismas características usando una combinación de semillas especiales.

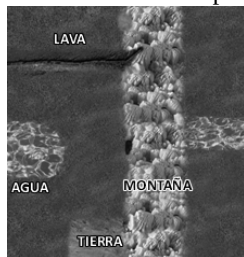


Fig. 2. Mundo virtual de *AudioGene*.

Para lograr esto, los personajes con los que juega el usuario deben evolucionar a una entidad superior. Esto les permitirá a los jugadores utilizar nuevas habilidades en la búsqueda de las semillas especiales. Las habilidades que pueden obtener corresponden a volar, nadar, excavar y mirar en la oscuridad. Con el concurso de estas cualidades los personajes pueden cruzar la lava, adentrarse en el agua, buscar objetos en la tierra y atravesar las cuevas en las montañas. Cada uno de los personajes en la historia puede adquirir una habilidad, por lo que para lograr el objetivo, deben trabajar en equipo.

La evolución del jugador se produce gracias a la adquisición de conocimientos de genética. Este conocimiento se obtiene de tres formas:

- Navegando libremente en el espacio virtual e interactuando

con diferentes personajes que le entregan información necesaria sobre los conceptos de genética.

- Resolviendo misiones específicas del juego. Por cada misión resuelta el juego le entrega una recompensa que lo ayuda en su evolución.
- Resolviendo una misión en conjunto con los miembros de su equipo.

Al cumplir todas las misiones que se plantean en el juego, los jugadores reúnen todas las semillas y por lo tanto logran el objetivo principal que es tener nuevamente un árbol de la vida.

Interfaz

Dado que el juego *AudioGene* está orientado a dos tipos de usuarios, en el desarrollo se consideró una interfaz gráfica para los usuarios videntes y una interfaz basada en audio para los usuarios legalmente ciegos.

La interfaz gráfica presenta un mundo virtual con cuatro ambientes diferentes: Lava, agua, montaña y tierra (Fig. 2).

La interfaz de audio está compuesta por dos tipos de sonido: de ubicación y de información.

Los sonidos de ubicación proporcionan orientación espacial. Estos sonidos corresponden a zonas del ambiente donde se encuentra el usuario. Por ejemplo, cuando el usuario está cerca de un lago, se escucha su sonido.

Dado que la PocketPC que se utilizó para desarrollar *AudioGene* es sólo capaz de ejecutar sonidos estéreos, se generó una forma eficiente de entregar a los usuarios una sensación de espacialidad del ambiente. La solución consistió en agregar un sonido constante para identificar la ubicación de objetos situados atrás del usuario y con ello ayudarlo a determinar su ubicación. De esta manera, ocupando las dos fuentes de sonido estéreo disponibles, más esta tercera constante, se representó el espacio completo (Fig. 3).



Fig. 3. Sistema de audio propuesto.

Los sonidos de información son frases pregrabadas con textos de conceptos relacionados con el contenido estudiado. Estos textos son comunicados al usuario por medio de personajes que son manejados por el juego.

III. METODOLOGIA

La metodología de evaluación de los juegos consistió en dos etapas. En la primera se evaluó la usabilidad de los juegos con los usuarios finales, y en la segunda, se analizó la dinámica de trabajo en la sala de clases, en aspectos tales como la motivación y el compromiso de los alumnos por esta nueva forma de aprender, los cambios en las condiciones de

aprendizaje (interacción en la sala de clases), los resultados obtenidos en el desarrollo cognitivo y aprendizajes específicos. En el caso particular de *AudioGene* se midió su impacto en la integración de los alumnos videntes y legalmente ciegos.

A. Evaluación del Juego Evolución

La evaluación de usabilidad del juego se realizó con una muestra de 76 jóvenes de 8vo año de educación primaria, de tres escuelas ubicadas en Santiago de Chile. La selección de la muestra fue intencional y respondió a criterios de diversidad según nivel socio-económico y resultados académicos en una prueba nacional de logro académico en ciencias (SIMCE). Así, se buscaba probar el juego con alumnos de estrato socioeconómico alto, medio y bajo, y con resultados en la prueba SIMCE por sobre y bajo el promedio nacional en ciencias.

Para recoger los datos, se utilizó una pauta de usabilidad para software en PocketPC. Esta pauta consta de 21 afirmaciones, donde el usuario final evalúa según una escala Likert de 5 parámetros, desde “muy de acuerdo” a “muy en desacuerdo”. Cada una de estas respuestas se asocia a un puntaje en una escala de 5 a 1 respectivamente.

La evaluación de usuario final se realizó siguiendo las siguientes etapas: introducción al software, interacción con el software, aplicación de la pauta de usuario final de usabilidad para pocketPC y evaluación. A los alumnos se les entregó instrucciones sobre lo que deben realizar como equipo en el juego. En una sesión de 30 minutos cada grupo de usuarios jugó con Evolución. Una vez que concluyó la sesión, se les solicitó responder la encuesta de usuario final.

Para analizar la dinámica de trabajo en la sala de clases de ciencias con el juego Evolución se trabajó con una muestra distinta, compuesta por 323 alumnos de 8vo año de educación primaria de 8 cursos de 5 escuelas subvencionadas y municipales de la ciudad de Santiago. Estas escuelas fueron escogidas intencionalmente, de modo de resguardar diversidad en cuanto a grupo socioeconómico y resultados en la prueba SIMCE de ciencias. Para fines de comparación se seleccionó usando la técnica de pareo, un grupo de 3 cursos de 3 establecimientos con las mismas características de grupo socioeconómico y resultado SIMCE que aquellos participantes en el estudio.

Para recoger los datos se utilizaron distintas técnicas. Durante las sesiones de juego los investigadores realizaron observación no participante, registrando la interacción de los alumnos y el profesor, y la relación que establecían con la interfaz y los contenidos del juego. Al finalizar el estudio se aplicó una encuesta de opinión a los alumnos participantes en la experiencia que contenía además una escala de percepción de competencias de resolución de problemas. Este instrumento fue aplicado también al grupo control, que no participó en ninguna de las actividades del estudio.

B. Evaluación del Juego AudioGene

La evaluación final de usabilidad se realizó con tres grupos, conformados por 1 niño legalmente ciego y 3 niños videntes del mismo curso. La muestra total fue de 9 usuarios videntes y 3 usuarios con discapacidad visual. De estos últimos, 2 eran ciegos totales y uno tenía visión residual. Los niños videntes tenían edades entre los 8 y 14 años y los no videntes tenían edades entre los 8 y 12 años. Dos grupos estuvieron conformados sólo por hombres del Liceo Lastarria y el tercer grupo era de mujeres del colegio D-20 Arturo Alessandri Palma, ambos situados en Santiago de Chile y con planes de integración de niños con discapacidad (Fig. 4). Todos los niños y niñas vivían en Santiago de Chile. Junto con los niños, participaron dos facilitadores quienes, además de orientar y ayudar en las tareas que realizaron los niños, observaron su comportamiento mientras jugaban con *AudioGene*.

Se utilizó una pauta de evaluación de usuario final de software [12], la que se aplicó al final del proceso de evaluación. Esta pauta consiste básicamente en evaluar la aceptación del juego y consiste de 18 afirmaciones, en que el usuario responde de acuerdo a una escala de 10 puntos (1 mínimo y 10 máximo). Los resultados obtenidos fueron agrupados en 4 categorías: (1) Satisfacción del juego, (2) Control y uso del juego, (3) Calidad de los sonidos del juego y (4) Calidad de las imágenes y color de las interfaces del juego. Además la pauta poseía 5 preguntas abiertas que ayudan a identificar detalles específicos de la usabilidad del juego.

Para evaluar la usabilidad se formaron tres grupos de 4 alumnos. Cada grupo estaba conformado por un usuario con discapacidad visual y 3 usuarios videntes. Una vez que a los alumnos se les hizo entrega de los dispositivos PocketPC, los facilitadores dieron las instrucciones acerca de lo que debían realizar como equipo de trabajo para lograr la meta del juego. En una sesión de 30 minutos cada grupo de usuarios jugó y resolvió una tarea en equipo. Una vez finalizada la experiencia, se les solicitó responder la encuesta de usuario final.



Fig. 4. Niños jugando con *AudioGene*.

La sesión de evaluación de usabilidad consistió en las siguientes etapas: introducción al software, interacción con el software, recopilación de registros anecdóticos, aplicación de la evaluación de usabilidad, registro fotográfico y video, reportes de la sesión y rediseño de la aplicación.

Para analizar la dinámica en la sala de clases durante el juego se incluyeron preguntas abiertas y cerradas en el cuestionario de usabilidad y se hizo un registro de observaciones de los facilitadores que acompañaron a los grupos.

IV. RESULTADOS DEL JUEGO EVOLUCIÓN

A. Usabilidad

La satisfacción general del juego medida por el cuestionario de usabilidad es alta, con un promedio de 4.2, sobre un total de 5, entre las distintas dimensiones evaluadas (Fig. 5). El área con mayor aceptación es la relacionada con las imágenes y el color del juego, lo que revela una interfaz atractiva y entretenida para los usuarios. Los sonidos del juego fueron también evaluados con alto puntaje, ya que para los participantes eran agradables e identificables. No se observaron diferencias importantes entre hombres y mujeres.

En la figura 5 se aprecia también que el uso del juego es ampliamente aceptado, obteniendo 4.0 puntos de un total de 5. Los usuarios apreciaron que el juego es interactivo, motivador y con una interfaz que le permite realizar diversas acciones de manera sencilla y rápida.

Las diferencias en la evaluación de usabilidad entre hombres y mujeres fueron mínimas. Las mayores diferencias fueron en las áreas de satisfacción, uso y de control del juego, donde para cada una de ellas los hombres asignaron un puntaje de 4.4 mientras que las mujeres asignaron 4.0.

En el cuestionario de usabilidad además se consultó a los usuarios sobre si volverían a jugar el juego y si lo recomendarían a otros jóvenes. La aceptación de estos aspectos es alta, obteniéndose 4 puntos sobre un total de 5. Esta aceptación se presentó tanto en hombres como en mujeres.

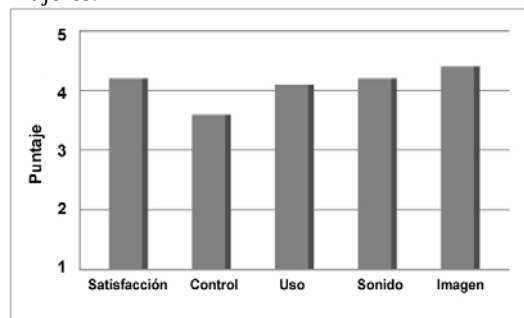


Fig. 5. Resultados de la evaluación de usabilidad del juego Evolución.

B. Dinámica de Trabajo en la Sala de Clases

Durante la aplicación del juego *Evolución* los alumnos debían interactuar durante una sesión de 90 minutos semanales con la PocketPC. Luego de cada sesión de juego tenían una sesión de trabajo con el profesor. En esta sesión los alumnos desarrollaban actividades complementarias que apuntaban a sistematizar, profundizar y discutir los conceptos y procesos que ellos experimentaban en el juego.

En la primera sesión del juego, y luego de recibir instrucciones básicas sobre su funcionamiento, los alumnos

debían discutir una estrategia para resolver el problema propuesto. Al inicio de cada sesión, los alumnos revisaban la estrategia y la modificaban si era necesario. Durante este tiempo los alumnos compartían además estrategias individuales e información que permitiera mejorar el desempeño grupal.

En la observación de las actividades de aprendizaje se apreció que los alumnos con frecuencia interactuaban con sus compañeros de grupo, al tiempo que mantenían el juego activo. Durante el juego era frecuente ver a los alumnos trabajar simultáneamente con varios grupos de individuos de cada especie biológica, haciendo que unos se alimentaran mientras otros se desplazaban y algunos se reproducían. A pesar que en el juego la opción de pausa estaba disponible en cualquier momento, los alumnos la usaron escasamente.

La metodología utilizada implicó dedicar unos minutos de trabajo grupal al inicio y al final de la sesión. Estos momentos eran dedicados a la planificación y evaluación de las estrategias grupales e individuales. Sin embargo, la interacción entre los alumnos desbordó estos momentos y se prolongó durante mucho más tiempo: los alumnos compararon el trabajo de cada uno, se solicitaron ayuda y apoyaron dando indicaciones para resolver problemas durante el juego, todo esto mientras jugaban con *Evolución*.



Fig. 6. Motivación generada por el juego Evolución

El juego promovió entre los alumnos la necesidad de atender simultáneamente distintos procesos biológicos, les entregó una interfaz atractiva, altamente visual, basada en un dispositivo móvil que les permitía desplazarse e interactuar sin cables o pantallas que interfirieran.

En la encuesta consultamos a los alumnos por el compromiso y la motivación que la experiencia en su conjunto despertó en ellos. Más del 75% de los alumnos indicaron que estaban de acuerdo o muy de acuerdo con que el juego los había incentivado a investigar por su propia cuenta sobre la evolución de las especies y que habían conversado mucho con sus compañeros para resolver los problemas planteados (Fig. 6).

C. Resultados en Resolución de Problemas

Como se presenta en la figura 7, el promedio de puntaje obtenido en cada sub-escala varió entre 3.6 y 4.2 puntos. En cada sub-escala, el grupo experimental obtuvo una ganancia en comparación con el grupo control. La dimensión de

resolución de problemas que obtuvo mejores resultados fue “estrategia”. Sin embargo, la dimensión que obtuvo mayores ganancias entre los grupos fue “planificación”. Esta dimensión fue precisamente la que presentó diferencias estadísticamente significativa entre ambos grupos. Esto significa que, al controlar otras variables, las actividades realizadas en el estudio podrían mejorar estrategias de planeamiento en resolución de problemas. En el índice de evaluación de la estrategia para la vida diaria, las diferencias no fueron significativas por un estrecho margen.

Hemos realizado un análisis de varianza entre grupos y calculado su significación estadística. Para el “Índice de planificación en la vida cotidiana” encontramos un ANOVA significativo estadísticamente ($p < 0.001$).

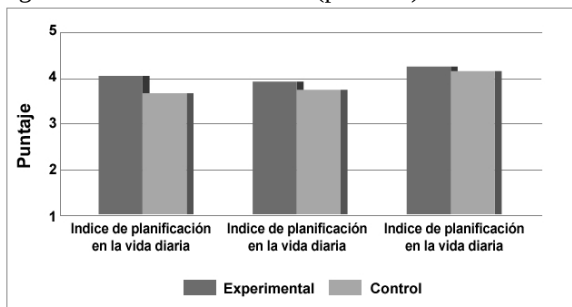


Fig. 7. Resultados obtenidos en resolución de problemas en la vida diaria

Las diferencias en la planificación para la resolución de problemas, significan que los alumnos participantes en el estudio perciben tener mayores capacidades para organizar, anticiparse y definir previamente pasos para completar el ciclo de resolución de problemas.

Para profundizar sobre cómo la participación en el estudio incide en el puntaje en resolución de problemas, se analizaron variables relacionadas con el proceso y el tipo de participación de los alumnos en el proyecto. Se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre el puntaje en la escala de resolución de problemas, el interés de los alumnos sobre el estudio y el compromiso de los alumnos con la tarea encomendada.

Un análisis de la diferencia de las medias revela que mientras mejor opinión tuvieron los alumnos al finalizar el estudio, mejor puntaje se obtuvo en la escala de resolución de problemas (Fig. 9). El análisis de varianza (ANOVA entre grupos) para la relación entre estas dos variables fue significativo ($p = 0.023$).

Al mismo tiempo, se encontró que, mientras más compromiso demostraron los alumnos con el juego, mejor puntaje en resolución de problemas. El compromiso con el juego fue medido con dos afirmaciones: “el juego me incentivó a investigar por mi propia cuenta sobre evolución” y “conversé mucho con mis compañeros para resolver los problemas que nos planteaba el juego”. El análisis de diferencia de medias reveló que, mientras más incentivo sintieron los alumnos para investigar por su propia cuenta, mejor puntaje lograron en la escala de resolución de problemas (Fig. 8). El análisis de varianza (ANOVA entre grupos) entre estas variables mostró ser significativo

estadísticamente ($p < 0.001$) y la correlación (R de Pearson) fue de 0.14. La relación fue más fuerte entre resolución de problemas y la discusión entre los alumnos para resolver los problemas planteados. En este caso, mientras los alumnos más declaraban haber discutido con sus compañeros, mejor puntaje en la escala (Fig. 9). El análisis de varianza fue estadísticamente significativo ($p < 0.001$) y la correlación (R de Pearson) fue de 0.34.

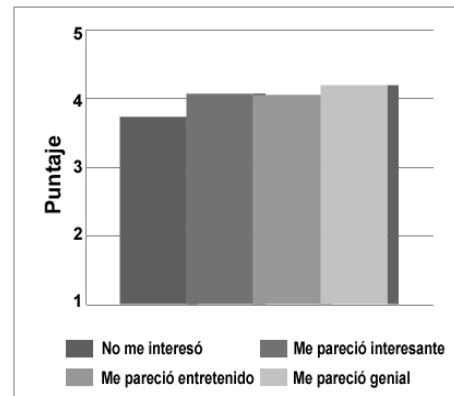


Fig. 8. Resultado (medias) en la escala de resolución de problemas según opinión de los alumnos sobre el estudio.

Sintetizando, la participación en el estudio incrementó el puntaje de los alumnos en la escala de resolución de problemas, lo que es significativo estadísticamente para la dimensión planificación.

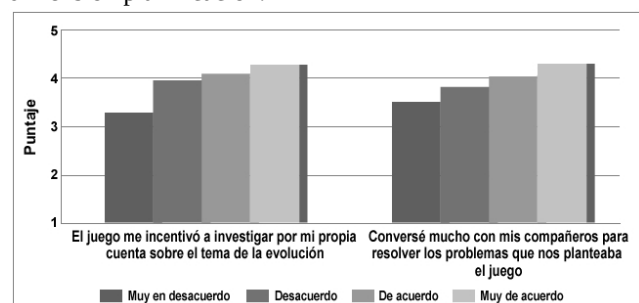


Fig. 9. Resultados (medias) en la escala de resolución de problemas según compromiso de los alumnos con el juego

V. RESULTADOS DEL JUEGO *AUDIOGENE*

A. Usabilidad

El juego en general tuvo una alta aceptación en las cuatro categorías tanto para usuarios ciegos (Satisfacción; 8.4; Control y Uso: 9.2; Sonido: 8.9) como videntes (Satisfacción; 8.3; Control y Uso: 8.8; Sonido: 8.6; Imagen: 9.3). Además, ambos grupos tienden a puntuar de manera parecida los distintos aspectos del juego (Fig. 10).

En un análisis detallado de las preguntas que conforman la categoría “Satisfacción con el juego”, se aprecia que las afirmaciones que obtuvieron mayor puntaje, tanto en usuarios no videntes como videntes, corresponden a “Volvería a jugar con el software” (9.3 y 9.7, respectivamente) y “El software es entretenido” (10 y 9.8, respectivamente). La afirmación, “El software tiene distintos niveles de dificultad” obtuvo un muy bajo puntaje, 5.7 para ciegos y 6.3 para videntes, lo que revela

que los alumnos esperan más niveles de dificultad, por lo que se recomienda hacer tareas con complejidad creciente a medida que los usuarios van resolviendo problemas.

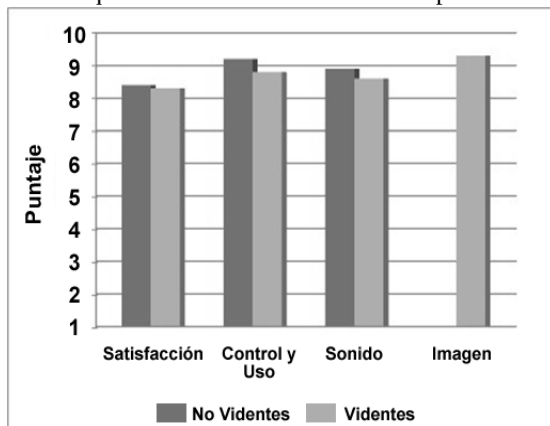


Fig. 10. Resultados de la evaluación de usabilidad del juego AudioGene

En la categoría “Control y uso del juego” la afirmación que obtuvo mayor puntaje, indistintamente del tipo de usuario, fue “El software es fácil de utilizar” (10 para usuarios no videntes y 9.4 para usuarios videntes). Este resultado en particular denota la facilidad de uso que se logró con la interfaz propuesta. Las imágenes y el audio que se proponen en el juego no son un impedimento para que los niños realicen las actividades propuestas.

La afirmación “Los sonidos del software me transmiten información”, fue la que obtuvo mayor puntaje de parte de los usuarios ciegos, 9.7 para ciegos y 7.3 para videntes. Esto revela una buena elección de los sonidos que se utilizan en el juego, ya que son útiles para que los usuarios ciegos resuelvan sus tareas.

En general, las respuestas obtenidas en las preguntas abiertas del cuestionario se centran en que los sonidos son adecuados, identificables y claros. Los usuarios destacan que la aplicación les permite trabajar a todos juntos y que pueden interactuar videntes y no videntes. Un alumno vidente valora el juego “para hacer trabajos en conjunto con mis compañeros no videntes”.

Las respuestas tienden a apoyar la orientación del juego al aprendizaje (el software sirve “para interactuar con mis compañeros y aprender”), y en algunos casos específicos para ciencias (el software sirve “para aprender cosas sobre ciencia”).

Los usuarios muestran gran interés en el hecho que en el juego los personajes pueden ganar habilidades, y por medio de esto resolver tareas en conjunto. Frente a la pregunta ¿qué te gustó del software?, una niña vidente señaló: “*que es entretenido, interactivo y uno puede aprender más y me divertí harto, ya que tenía una misión con mis compañeros*”. Otra niña señaló: “*Me gustó que pudiéramos obtener poderes, porque las preguntas eran difíciles y era como un reto*”.

Otro aspecto destacable es lo motivador que resultó jugar con dispositivos como la PocketPC, que los niños asociaban a agendas electrónicas y otros fines.

B. Dinámica de Trabajo en la Sala de Clases

Para conocer la opinión de los niños respecto del uso de una herramienta como AudioGene para el aprendizaje y la integración, se utilizó un cuestionario con preguntas abiertas, tales como: ¿Cómo juegan entre ustedes?, ¿Qué les pareció AudioGene?, ¿Qué les pareció esta nueva forma de aprender?, ¿Te gustaría más juegos de este tipo?

Todos los niños encontraron el juego AudioGene divertido y motivador. En general los niños se centraron en el hecho de que AudioGene les permitió realizar tareas de forma conjunta con sus compañeros. A las niñas videntes les pareció tremendamente valioso poder jugar con su compañera ciega. Opinión parecida tuvieron los niños no videntes. A ellos les pareció interesante trabajar conjuntamente con niños videntes con el apoyo de la tecnología, y que puedan ser un integrante más de un grupo de trabajo.

Ante la pregunta, ¿Te gustó jugar con tu amiga? Todo el equipo estuvo de acuerdo que fue una muy buena experiencia jugar en conjunto, donde todos pudieron participar y lograr el objetivo planteado como equipo, teniendo además que realizar tareas por separado.

Los niños encontraron que esta forma de aprender usando juegos es mucho más entretenida que andar con libros, y mucho más motivadora. Una niña ciega agregó, “*Se lo voy a proponer a la madame (profesora)...*”.

Los niños plantean que una de las ventajas del juego es que todos pueden estar juntos interactuando, jugando y aprendiendo. Una niña ciega integrada afirmó: “*Bueno, porque todas podemos estar, y es muy entretenido jugarlo. En el sentido de que enseña que todos en el mundo somos diferentes, no hay nadie igual a uno. Unos pueden atravesar la lava, otros pueden atravesar el agua, pero los que podemos atravesar la lava no podemos atravesar el agua...*”. La idea que señala la alumna es que la metáfora del juego enseña que todas las personas son diferentes, con distintas cualidades y virtudes. Uno de los niños apoyó la idea de generar y tener más juegos integradores, y concluyó tajantemente “*...no podemos vivir en un mundo donde todos sean videntes, o en un mundo donde todos sean racistas, y digan no, los videntes para acá y los ciegos que se pongan a pedir plata*”.

Ante la pregunta, ¿Jugarían de nuevo con AudioGene? Todos los niños respondieron afirmativamente a esta pregunta, lo que nos motiva e impulsa a seguir trabajando con esta herramienta y determinar más clara y profundamente su impacto en el aprendizaje de la ciencia de niños ciegos.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron y analizaron dos experiencias de juegos para el aprendizaje de ciencia: Evolución y AudioGene. Ambos juegos están orientados a generar espacios motivadores de aprendizaje para compartir conocimiento, elaborar tareas y motivar a los alumnos a construir nuevos conocimientos. En este trabajo se presentan las evaluaciones de usabilidad de ambos entornos interactivos y su uso para fines de aprendizaje. El análisis de los juegos se realizó desde

el punto de vista de su usabilidad, dinámicas de trabajo que facilitan la clase, y en el caso de Evolución, su impacto en resolución de problemas.

Los juegos interactivos presentados en este reporte proveen la posibilidad de generar estos espacios, en que niños con diferentes cualidades y aptitudes trabajan conjuntamente y motivados por lograr una meta de aprendizaje. Incluso con *AudioGene* se abre las puertas para integrar a usuarios con discapacidad visual y usuarios videntes. Esto implica atender una necesidad educacional y social creciente de integración de alumnos no videntes con alumnos videntes.

El éxito de los juegos reside en que fueron inspirados en características que le son propias a este tipo de software: imagen y sonidos atractivos, interactividad, y tareas simultáneas. Además, los sonidos y las imágenes utilizadas no son un mero adorno en el juego, sino que transmiten información relevante del juego.

En los datos obtenidos durante la observación de los niños jugando se pudo apreciar su comodidad y familiaridad con actividades multitareas, dispositivos multimediales y procesos interactivos y rápidos.

De los comentarios realizados por los niños, rescatamos el hecho de que el juego permite que alumnos con discapacidad visual trabajen integrados a sus pares videntes y se sientan parte de su comunidad y sociedad. Esto es importante para lograr aprendizaje más significativo, no sólo de contenidos sino de habilidades de trabajo en equipo.

AudioGene ayudó a generar un ambiente de trabajo escolar donde se olvidan las diferencias y los niños interactúan libremente entre ellos, aportando con ideas para resolver el problema y se construye conocimiento entre los participantes del equipo.

La literatura acerca del uso de juegos en educación pone hincapié en el compromiso que presentan los alumnos por realizar las tareas asignadas. Los profesores y alumnos que participaron de las experiencias están de acuerdo en que el juego genera un compromiso de parte de los alumnos, incluso cuando la tarea que deben resolver es compleja. Esto no es menor si consideramos que los alumnos en general son poco tolerantes a la frustración y la realización de tareas complejas. Con los juegos se logra que los niños asuman un rol activo y constructivo, aprendiendo interactiva y motivadamente.

En Evolución se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre el compromiso de los alumnos con la tarea encomendada y el interés mostrado por el proyecto al finalizar las actividades, con el puntaje obtenido en la escala de resolución de problemas. La metodología utilizada ha tenido impacto en los alumnos en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, pero los resultados indican que el impacto mayor se produjo sólo en la planificación, una de las dimensiones de las tres analizadas.

Creemos que es relevante seguir trabajando en la línea de conocer el impacto de los juegos en el aprendizaje de los jóvenes, abocándonos no sólo a contenidos sino a habilidades que permiten aprender de mejor manera los contenidos, como lo son la capacidad de resolver problemas y de colaborar en

equipo. Finalmente, el hecho que los juegos estén empotrados en tecnología móvil agrega la opción de salir de la sala de clases, aprovechando otros espacios como museos, zoológicos y plazas, para realizar actividades de aprendizaje aún más innovadoras y estimulantes para los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONDECYT, proyecto 1060797 y por el Programa Alianza para la Educación, Microsoft Corporation, Aprendizaje de la Biología con Tecnología Móvil "ABTm - Microsoft 2006".

REFERENCIAS

- [1] Adimark, VTR, & Educarchile. (2006). Índice de generación digital 2006. Consultado 27 de julio de 2007, www.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/IGD%202006%20seminario.ppt
- [2] Cortez, C., Nussbaum, M., López, X., Rodríguez, P., Santelices, R., Rosas, R., Marianovz, V. (2005). Teachers' support with ad-hoc collaborative Networks. *Journal of Computer Assisted Learning* 21, 171-180.
- [3] Csete, J., Wong, Y., Vogel, D.: Mobile devices in and out the classroom. (2004). In: Cantoni, L., McLoughlin (eds.) *Proceedings of ED-MEDIA 2004*, pp. 4729-4736
- [4] Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W., Quintana, C., Soloway, E. (2002). Handheld use in K-12. A descriptive account. In: *Proceedings of the WMTE'02*, pp. 22-30.
- [5] James, J., Beaton, B., Csete, J., Vogel, D. (2003) Mobile educational games. In: Lassner, D., McNaught, C. (eds.) *Proceedings of ED-MEDIA 2003*, pp. 801-802.
- [6] McDonald, K. K., & Hannafin, R.D. (2003). Using web-based computer games to meet the demands of today's high stakes testing: A mixed method inquiry. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(4), 459-472
- [7] Pedró, F. (2006). The new millennium learners: Challenging our views on ICT and learning: OECD-CERI.
- [8] Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), pp. 1-6.
- [9] Rideout, V., Roberts, D., & Foehr, U. (2005). *Generation m: Media in the lives of 8-18 year-olds*. Menlo Park, CA: Henry Kayser Family Foundation.
- [10] Salinas, A., Sánchez, J. (2006). PDAs and Ubiquitous Computing in the School. *Human Centered Technology Workshop 2006*. Pori, Finland, June 11-13, 2006, pp. 249-258.
- [11] Sánchez, J. (2001). *Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible*. Santiago: Dolmen Ediciones.
- [12] Sánchez, J. (2003). End-user and facilitator questionnaire for Software Usability. Usability Evaluation Test. University of Chile.
- [13] Sánchez, J., Salinas, A., Sáenz, M. (2007). Mobile Game-Based Methodology for Science Learning. In J. Jacko (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part IV, HCI 2007, LNCS 4553*, pp. 322-331, 2007 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [14] Unidad de Curriculum y Evaluación Ministerio de Educación. (2001). *Bases curriculares de la educación parvularia*. Santiago de Chile: Mineduc



Jaime Sánchez recibió los grados académicos de M.A. (1983), M.Sc. (1984), y Ph.D. (1985) por la Universidad de Columbia, Nueva York. Es Profesor Asociado de Interacción Persona-Computador en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. El ha desarrollado varios entornos virtuales basados en sonido para estimular el desarrollo del aprendizaje y la cognición en niños ciegos. En la actualidad, investiga el uso de dispositivos móviles para ayudar a que los aprendices desarrollen y ejerciten habilidades de resolución de problemas en contextos reales. Sus intereses en investigación incluyen audio y desarrollo cognitivo, métodos de evaluación de usabilidad, aprendizaje basado en juegos y aprendizaje móvil. El también es autor de varios libros sobre aprendizaje con tecnología de la información y comunicación.

Capítulo 21

ROODA Exata – Editor de Fórmulas Científicas Integrado a uma Plataforma de Educação a Distância

Márcia Rodrigues Notare, Patrícia Alejandra Behar

Title—ROODA Exata – Scientific Formula Editor Integrated to a Distance Learning Platform

Abstract—The Distance Learning are even more agregating value to colaborative learning, where the interactions on-line are important points in the process, once the principal mean of communication is writing. Therefore, in scientifica areas, like Mathematics, which requires his own notation, the on-line interaction has been difficult for teachers as for students, since the communication doesn't occur in a transparent, fast and accurate way. Such difficulties are related to the lack of a learning virtual environment that support a scientific communication. Inside this context, this work presents the ROODA Exata formula editor, a tool integrated to the ROODA virtual learning environment.

Keywords—Educational technology, Scientific communication, Formula Editor

Resumo— A Educação a Distância vem valorizando cada vez mais a aprendizagem colaborativa, onde as interações on-line são importantes no processo, uma vez que o principal veículo de comunicação é a escrita. Entretanto, nas áreas científicas, como a Matemática, que exigem uma notação própria, tem sido trabalhoso, para professores e alunos, a interação on-line, uma vez que a comunicação não ocorre de forma transparente, rápida e precisa. Tais dificuldades devem-se à ausência de ambientes virtuais de aprendizagem que suportam uma comunicação científica. Diante desse contexto, desenvolveu-se o editor de fórmulas ROODA Exata, um editor de fórmulas científicas, integrado ao ambiente virtual de aprendizagem ROODA.

Palavras-chave—Educação a distância, Comunicação científica, Editor de fórmulas

I. INTRODUÇÃO

COM a emergência das redes de comunicação, está se presenciando a abertura de um novo espaço de comunicação, comunitário e interativo, que vem influenciando e modificando a economia, a política e a cultura mundiais. Com ele, um novo espaço de comunicação, de socialização, de organização e de transação, assim como um novo meio de informação e de conhecimento, estabelece-se. Novas formas de mensagens estão proliferando-se nas redes de computadores, como hipertextos, simulações e mundos virtuais. Acompanhando este avanço, uma nova forma de relacionamento, independente de lugar geográfico e coincidência de tempo, vem se estabelecendo. Pessoas coordenam-se e cooperam, alimentando e consultando uma memória comum, independente de horários e localidades geográficas. No mundo virtual, as pessoas, ao interagir, o exploram e o atualizam simultaneamente, tornando-o um espaço de criação e inteligência coletivas. É possível não apenas ler um livro, ou navegar em um hipertexto, ou assistir a um vídeo, mas também inserir imagens e textos, alimentando e atualizando essa memória distante. Assim, todos podem ler e escrever, compartilhando e cooperando, independente da posição geográfica.

Frente a este contexto, é impossível não considerar o impacto e as mudanças que essa tecnologia vem causando na Educação.

Muito se tem discutido a respeito de Educação a Distância (EAD). A popularização da Internet e das redes de comunicação motivou esta discussão e abriu novos espaços para se desenvolver uma nova forma de ensinar e aprender, presencial e virtualmente. As metodologias tradicionais de ensino estão se tornando cada vez mais desatualizadas, uma vez que a Internet permite uma maior flexibilização do tempo e espaço.

A EAD está sendo cada vez mais difundida no meio acadêmico. A velha prática docente vem sendo questionada e repensada, para atender às necessidades da sociedade atual, cada vez mais norteadas pelas novas tecnologias da informação e comunicação. A velocidade com que a informação é

Este trabajo fue presentado originalmente al TISE 2007
M. R. Notare. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da UFRGS, Porto Alegre, Brasil (e-mail: marciarn@unisin.br).
P. A. Behar. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da UFRGS, Porto Alegre, Brasil (e-mail: pbehar@terra.com.br).

acessada e modificada nos tempos atuais fez surgir novas formas de pensar, agir e interagir, o que exige novas metodologias pedagógicas que acompanhem essa evolução. A EAD vem ao encontro destas necessidades, proporcionando que o conhecimento seja construído independente de tempo e espaço.

As redes de comunicação mediada por computador são, hoje, a forma mais usual de promover a aprendizagem a distância. Tais meios de comunicação oferecem a oportunidade de compartilhamento e construção de idéias, de informações e de habilidades entre os participantes, com o objetivo de fortalecer a construção do conhecimento. Até o momento, estas ferramentas de comunicação virtual são predominantemente escritas, o que permite escrevermos mensagens, respostas, etc. Essa nova prática exige novas formas de ação e interação, que permitam que os alunos construam conceitos de forma coletiva. Uma das principais contribuições de cursos mediados pela comunicação on-line é a aprendizagem ativa, que implica em compromisso social e cognitivo. Para participar destes cursos, é preciso opinar, responder aos colegas e compartilhar idéias, pois a aluno só está socialmente on-line quando faz um comentário. A participação ativa força a aprendizagem, pois escrever idéias e informações exige esforço intelectual e auxilia tanto na compreensão quanto na retenção. Formular e articular uma afirmação é uma ação cognitiva e um processo valioso. Para fazer comentários, os alunos precisam organizar idéias e pensamentos de forma coerente, e isso trata-se de um trabalho intelectual. Além disso, quando idéias e informações são publicadas em fóruns ou listas de discussões, podem desencadear novas respostas, como solicitação de esclarecimentos, desenvolvimento mais aprofundado da idéia ou até mesmo desacordos. Estas trocas fazem com que o autor da mensagem e os demais participantes da discussão aprimorem seus conceitos ou os revejam, num processo de reconstrução cognitiva. Assim, as idéias são desenvolvidas interativamente, havendo uma motivação à reflexão, interação e construção do conhecimento.

Como se pode perceber, os processos de comunicação, nesse novo contexto, dependem dos computadores, apresentando uma dinâmica de comunicação totalmente diferente da utilizada nas práticas anteriores de educação presencial. No caso específico das ciências exatas, faz-se necessário o desenvolvimento de meios de interação e comunicação que possibilitem a utilização de símbolos, fórmulas e equações. Isto porque as ciências exatas possuem uma linguagem formada por uma simbologia própria, indispensável à comunicação científica e de extrema importância para o processo de aprendizagem das mesmas. Segundo Leventhall [5], tal suporte deve estar presente nos mais diversos meios de comunicação e interação on-line, como chats, e-mails, fóruns de discussão, mensagens instantâneas, entre outros.

Entretanto, ainda há poucos ambientes virtuais de aprendizagem que permitem a comunicação científica a distância, de forma efetiva, intuitiva e amigável.

Diante deste contexto, desenvolveu-se um editor de fórmulas científicas – o ROODA Exata – como uma funcionalidade integrada aos diferentes recursos de interação e comunicação oferecidos no ambiente virtual de aprendizagem ROODA (Rede Cooperativa de Aprendizagem), disponível em <https://www.ead.ufrgs.br/rooda> [3]. O ROODA é um ambiente de Educação a Distância utilizado pela UFRGS, baseado na filosofia de software livre, e que vem sendo amplamente utilizado em diversas disciplinas e cursos desta Instituição. Atualmente conta com mais de 23000 usuários ativos. O ambiente disponibiliza recursos síncronos e assíncronos para interação e comunicação entre professores e alunos, centrado no usuário e de modo a valorizar o processo de cooperação. Dessa forma, o editor de fórmulas ROODA Exata está disponível em ferramentas tais como bate-papo e fórum de discussão, buscando favorecer o diálogo virtual na área das ciências exatas.

II. APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA

Para Piaget, o homem se faz matemático na medida em que constrói Matemática como conteúdo e sobretudo como estrutura [1]. Isto porque, para conhecer um objeto, é preciso situá-lo em um emaranhado de classes e relações, ou seja, assimilá-lo a um universo lógico-matemático. Dessa forma, o processo de desenvolvimento humano é, para Piaget, um processo de construção lógico-matemática de complexidade crescente.

A teoria de Piaget [10] trata da origem do conhecimento e o entende como sendo um processo contínuo de construção, sem início ou final absoluto. Seus estudos mostram quais são as condições necessárias para que se passe de um conhecimento inferior a um mais rico, tanto em extensão quanto em compreensão.

O processo de conhecimento se constitui na ação. Piaget refere-se a uma ação significativa, uma ação que responda às necessidades do sujeito [10]. Desta forma, sujeito e objeto não podem ser dissociados, uma vez que o conhecimento não se encontra pré-existente em nenhum destes pólos, mas sim, na sua interação.

Pode-se dizer que o sujeito só aprende porque age, “aprende por força das ações que ele mesmo pratica: ações que buscam êxito e ações que, a partir do êxito obtido, buscam a verdade ao apropriar-se das ações que obtiveram êxito” [2]. Assim, não é qualquer ação que leva a avanços no conhecimento, mas sim, a ação significativa, que tem sentido para o sujeito, que o faz pensar sobre o que fez e sobre o próprio pensamento.

Assim, aprendizagem não significa aprender porque alguém ensina, mas sim, por um processo de construção, reconstrução e de tomada de consciência do próprio desenvolvimento por parte do sujeito. Nesta perspectiva, tudo acontece pela ação do sujeito e, por isso, não se pode deixar de evidenciar o papel desta ação, pois é através dela que se constroem as estruturas do conhecimento.

Um dos grandes problemas da aprendizagem de Matemática pode estar relacionado à forma como a Matemática é apresentada aos alunos. Sabe-se que a Matemática, ao longo dos tempos, foi desenvolvida por meio de tentativas e erros, a partir de afirmações que eram parcialmente corretas (e conseqüentemente, parcialmente incorretas). Tais construções eram elaboradas intuitivamente, com imprecisões e afirmações fracas, que eram introduzidas intencionalmente na tentativa de visualizar a estrutura matemática, de forma dinâmica.

Entretanto, as aulas de Matemática não a mostram sob este enfoque, apresentando-a de forma polida, através de formalismos organizados numa sequência de teoremas, demonstrações e aplicações, e omitindo o processo de construção dos conceitos envolvidos. Este enfoque exige um tratamento avançado da Matemática, que normalmente não é acompanhado por grande parte dos alunos, uma vez que é pouco flexível e requer uma vasta experiência com o “fazer matemática”.

Sabe-se que, normalmente, há um sucesso aparente dos alunos na resolução de problemas. Isto porque os mesmos aprenderam, em suas aulas de Matemática escolar, apenas rituais e receitas, como se houvesse um roteiro ou um modelo a ser seguido na resolução de um problema. Dessa forma, o que ocorre é a aprendizagem de um conjunto de procedimentos padrões, que possibilitam a resolução de uma classe de problemas extremamente limitada. Esse processo está longe do verdadeiro “fazer matemática”, que exige habilidades como conjecturar, testar, intuir, deduzir, generalizar; os alunos adquirem apenas a capacidade de efetuar cálculos.

No entanto, o trabalho dos matemáticos faz uso de uma experiência que os permite usar o conhecimento matemático de forma flexível, para resolver problemas diferentes e até então desconhecidos.

Na tentativa de minimizar esse problema, os professores de Matemática poderiam, em suas aulas, deixar transparecer o uso desta experiência, mostrando o processo pelo qual passam, as tentativas e os conceitos que utilizam, na resolução de problemas. Isto porque, ao resolver um problema, pode-se envolver etapas como diferentes representações para um mesmo objeto matemático, como transformações, visualizações, verificações e deduções, incluindo fases de generalização, abstração e formalização.

Por outro lado, sabe-se da importância do raciocínio informal, que permite manipular idéias e imagens mentais, na busca de um encaixe que leve a soluções de problemas matemáticos. O ensino da Matemática deveria fazer uso da experimentação, observação e descoberta. Isso permite uma compreensão em vários estágios necessários ao pensamento matemático, como representação, visualização, generalização, classificação, conjectura, indução, análise, síntese, abstração e formalização.

A representação tem um papel importante na Matemática, uma vez que os símbolos são indispensáveis em seu desenvolvimento. Estes envolvem uma relação entre signo e

significado e servem para representar um conhecimento pessoal que é explicitado através do símbolo.

Uma representação simbólica é escrita externamente com o objetivo de permitir a comunicação sobre um conceito de forma fácil e precisa. Uma representação mental, por outro lado, refere-se ao esquema interno de cada pessoa, que o utiliza para agir com o mundo externo. As representações mentais são criadas na mente do indivíduo sobre um sistema de representações concretas. O sucesso em Matemática requer uma rica representação mental dos conceitos matemáticos, ou seja, a criação de vários componentes mentais para um mesmo objeto matemático (leis, gráficos, tabelas, etc.). Tal riqueza permite uma maior flexibilidade de pensamento no processo de resolução de problemas. Entretanto, o que se observa nos alunos é um pequeno número de representações, que provoca uma inflexibilidade de modo que, uma pequena mudança na estrutura de um problema pode bloqueá-los.

No entanto, apesar da importância das múltiplas representações de um conceito no processo de aprendizagem da Matemática, sua existência não é suficiente para garantir a flexibilidade de uso na resolução de um problema. Para tal, é preciso ser capaz de conectar as diferentes representações, para poder manipular a informação de modo a resolver o problema. Porém, o ensino e aprendizagem desse processo de troca de representações não é trivial, uma vez que sua estrutura é complexa, por fazer uso de muitas informações que precisam ser consideradas simultaneamente. Assim, muitas vezes, os alunos ficam limitados a trabalhar com uma única representação. Para superar esse problema, pode-se buscar trabalhar intensamente as múltiplas representações de um conceito e a conexão entre eles desde o início do ensino escolar. Isso pode desenvolver nos alunos esta habilidade e proporcionar mais experiência, característica tão necessária ao sucesso na Matemática.

III. A LINGUAGEM E OS SÍMBOLOS NA APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA

Sabe-se que quando um sujeito consegue se expressar, argumentando sobre determinado conceito, está em um nível mais elevado de compreensão, se comparado àquele sujeito que apenas resolve numericamente um problema, através da utilização de uma fórmula ou regra. Assim, na aprendizagem de Matemática, é preciso incentivar o aluno a pensar e expressar o que pensa, seja falando ou escrevendo, de modo a justificar suas idéias e refletir sobre suas concepções. Se um sujeito consegue expressar-se sobre determinado assunto, há indícios de que o mesmo está em atividade reflexiva, ou seja, em processo de coordenação do pensamento [9].

Se o estudante, além de resolver um problema analiticamente, tem a tarefa de justificar suas escolhas e procedimentos e analisar os resultados obtidos, ele estará refletindo e estabelecendo relações entre conceitos. Dessa forma, é possível que uma maior aproximação entre técnica e significado poderá se estabelecer e, quem sabe, auxiliar no processo de aprendizagem de Matemática. Neste sentido, a

habilidade de ler e escrever sobre Matemática parece essencial no processo de aprendizagem.

A comunicação em Matemática, ao longo de toda a história da Matemática, fez uso de sistema simbólico de representação para expressar os diferentes objetos matemáticos (conceitos, proposições, argumentações, etc.). Isto significa que a Matemática e seu tratamento dependem fortemente de um sistema de representação, visto que os objetos matemáticos não são objetos perceptíveis ou observáveis. São os sistemas de representação que permitem a concretização dos objetos matemáticos de forma a tornarem-se passíveis de difusão e entendimento. É com os sistemas de representação que a produção do conhecimento matemático avança e se difunde.

As representações para um mesmo objeto podem ser diferentes. Por exemplo: uma função pode ser representada via uma expressão algébrica, ou via um gráfico ou ainda via uma tabela de números. Segundo Duval [4], um mesmo objeto matemático pode ser representado por mais de uma representação ou registro. Dessa forma, no processo de aprendizagem da Matemática, é preciso desenvolver a habilidade de trabalhar em diferentes registros, ou seja, a compreensão da Matemática supõe a coordenação de diferentes (ao menos dois) registros de representações semióticas. Assim, pode-se dizer que a complexidade do problema semântico da linguagem matemática dá-se também pela variedade de registros semióticos utilizados no “fazer matemática”.

IV. EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E MATEMÁTICA

As vantagens da comunicação e aprendizagem colaborativa ainda não podem ser totalmente observadas no contexto da Educação Matemática, assim como em outras áreas científicas. A aprendizagem de Matemática on-line não vem apresentando bons resultados [12]. Tais dificuldades são ocasionadas pela falta de suporte à comunicação matemática. Os ambientes de aprendizagem comumente utilizados, não oferecem suporte adequado para a utilização da notação matemática.

Assim, percebe-se que o processo de aprendizagem da Matemática a distância tem sido comprometido, devido às limitações que os ambientes e ferramentas voltados à EAD, que ainda não apresentam recursos suficientes para proporcionar interações de qualidade na área científica. Sabe-se que apenas a linguagem natural não é suficiente para promover uma conversação matemática, uma vez que esta é formada por uma linguagem específica, formada por símbolos próprios, necessários para que se expressem idéias e conceitos de forma precisa. Smith et al [12] destacam que os ambientes virtuais de aprendizagem têm enfatizado a comunicação escrita, através da linguagem natural, para promover debates e discussões, mas que estes ambientes não fornecem ferramentas que permitam uma comunicação matemática, vital para o processo de aprendizagem da mesma. Em situações de ensino presencial, Smith et al [12] destacam que a comunicação é contínua, formando um encadeamento de idéias, perguntas e respostas, elaboradas entre professores e

alunos. Tal comunicação dá-se através da notação matemática e, dada a carência de ambientes virtuais com tais recursos, a comunicação torna-se trabalhosa, necessitando de arquivos anexos, o que interrompe o encadeamento e naturalidade da comunicação.

Segundo Smith and Fegurson [12], para inserir notação matemática em documentos on-line, os professores submetem-se ao seguinte processo: utilização de um editor de textos, como por exemplo o *Microsoft Word*, para gerar um arquivo com a notação matemática; salvar o arquivo como uma imagem; enviar a imagem com anexo no ambiente de aprendizagem. Percebe-se que a comunicação matemática torna-se exaustiva e pouco amigável, consumindo um tempo excessivo dos professores para o envio de uma simples mensagem. Por parte dos alunos, o problema ainda se agrava, uma vez que nem todos possuem editores de textos com suporte à notação matemática. Há também o desgaste em aprender a utilizar estas ferramentas, que combinado ao processo de aprendizagem do próprio ambiente e do conteúdo em questão, acabam desencorajando os alunos no processo de comunicação e interação, fundamentais para a aprendizagem a distância.

Engelbrecht and Harding [5] acreditam que os professores de Matemática ainda não se encontram entusiasmados com as possibilidades oferecidas pela Internet. Esta relutância deve-se ao fato de que é senso comum entre os matemáticos que o contato face-a-face é necessário para aprender Matemática. Outro fator que contribui para a descrença em cursos a distância por parte dos professores de Matemática é relativo aos problemas ainda encontrados na representação dos símbolos matemáticos na Internet. Entretanto, Engelbrecht and Harding [5] visualizam que tais tecnologias podem ser desenvolvidas e que, em pouco tempo, não haverá distinção entre educação presencial e a distância, fazendo com que estas práticas tornem-se integradas. Muitos cursos presenciais já fazem uso de recursos tecnológicos, tomando um caráter semipresencial, de modo a viabilizar interações e discussões em horários extra-classe, através dos meios de comunicação oferecidos pela Internet.

Sabe-se que a colaboração é parte importante do processo de aprendizagem, tanto na Educação presencial quanto a distância. Entretanto, ela está sendo prejudicada nas áreas científicas, devido aos transtornos de comunicação mediados pela Internet. O processo de aprendizagem de Matemática envolve, necessariamente, a utilização e compreensão de sua linguagem de símbolos. Em situações de ensino presenciais, o professor, ao escrever uma equação ou expressão matemática no quadro-negro, verbaliza e descreve o significado da simbologia. Segundo Leventhal [6,7], a linguagem falada e escrita devem caminhar juntas, pois ambas fazem parte do mesmo processo de comunicação.

Além disso, a utilização de gestos durante o processo de comunicação matemática é bastante importante, destacando duas formas distintas de gesticular: apontar e ilustrar. Apontar significa indicar ou destacar algum objeto, enquanto que

ilustrar significa fornecer mais informações sobre o objeto. Pesquisas indicam que os gestos ajudam na aprendizagem.

Evidentemente, tais características ainda não são observadas nos ambiente de Educação a Distância. Para tentar minimizar os problemas enfrentados na EAD em Matemática, Leventhall investigou quais seriam os quesitos necessários para o ensino e aprendizagem de Matemática on-line. Nesta pesquisa, buscou identificar quais estratégias de comunicação são indispensáveis na Educação Matemática presencial e que, conseqüentemente, deveriam estar também presentes em ferramentas de EAD, para proporcionar ambientes de aprendizagem on-line eficazes [6,7]. Dentre as categorias de comportamento identificadas, por estudantes e professores, como necessárias à comunicação matemática, tem-se: discurso utilizando linguagem matemática, como pronúncias de equações e símbolos matemáticos; discurso através da língua natural; leitura em voz alta; escrita no quadro; esboços de gráficos e diagramas; gestos e apontamentos; ambiente de criação; compartilhamento de documentos e telas; utilização da tela do computador como “papel virtual”.

Adicionalmente, Leventhall destaca que um ambiente de aprendizagem de Matemática faz uso do quadro-negro tradicional, onde equações são escritas, destacadas, reescritas, acompanhadas de esboços, rabiscos, explicações e ilustrações [6,7]. Tais equações são escritas pausadamente, símbolo a símbolo, de modo a deixar claro a relação entre o que está sendo construído, e constantemente acompanhado de comentários que definem uma linha de raciocínio.

Baseada nestes dados, Leventhall aponta algumas funcionalidades necessárias em ferramentas colaborativas on-line [6,7]: possibilidade de compartilhar e escrever em documentos em tempo real; possibilidade de mostrar múltiplos documentos e destacar partes do documento, fazendo ligações em discussões síncronas; métodos que permitam apontar, utilizando ícones que representem palavras como “este” ou “aquele”; possibilidade de ler uma equação em voz alta para que o estudante possa ouvir referentes aos símbolos; ferramenta de esboço rápida, com elementos do tipo pegar-e-arrastar; equações reusáveis e reeditáveis em uma linha de discussão, onde elementos já postados possam ser rapidamente cortados, editados e postados novamente; gestos em três dimensões que indiquem posições, direções, associadas a diagramas.

Frente a estas constatações, é preciso analisar os ambientes de aprendizagem oferecidos e suas principais características relativas ao suporte à notação matemática.

V. ESTADO DA ARTE

Ainda existem poucos ambientes virtuais de aprendizagem que permitem a edição de fórmulas científicas on-line. Dos ambientes encontrados, pode-se perceber que as soluções apresentadas resumem-se basicamente em: uso de linguagens de formatação ou marcação para a inserção dos símbolos, tais como Latex ou MathML (*Mathematic Markup Language*); utilização de editores de fórmulas off-line que permitem

salvar as mesmas para posteriormente anexar nas ferramentas de interação dos ambientes.

O Latex é um pacote desenvolvido para a preparação de textos impressos de alta qualidade, especialmente para textos que utilizem símbolos matemáticos. Com a utilização do Latex, o processamento do texto é feito através de comandos de formatação, que são escritos em um arquivo fonte com o uso de um editor de textos. Em seguida, o arquivo fonte é submetido a um programa formatador de textos, no caso o Latex, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado na tela do computador. Apesar de sua utilização não ser trivial, permite a edição de fórmulas complexas através de comandos.

O MathML é um padrão utilizado para exibir símbolos e fórmulas matemáticos na Web, através da utilização de uma linguagem de marcação, desde que o browser utilizado seja compatível com os padrões W3C.

Como se pode perceber, a primeira solução apresentada (uso de linguagens de marcação e formatação) tende a tornar os ambientes de EAD pouco naturais ao usuário, pois exigem o domínio de linguagens normalmente desconhecidas por estudantes e professores; os usuários de ambientes de Educação a Distância nem sempre possuem experiência com linguagens de formatação e marcação. Além disso, é preciso considerar que, numa situação de EAD, o objetivo principal é a aprendizagem de conceitos de um determinado domínio de conhecimento, e não a aprendizagem de linguagens necessárias à comunicação. Nestes casos, a necessidade de utilização destas linguagens pode desviar o foco principal da interação e prejudicar o processo de aprendizagem. Assim, é preciso que a comunicação seja o mais natural e transparente possível, uma vez que o objetivo principal não é a edição da fórmula, mas sim a aprendizagem de conceitos matemáticos através da comunicação on-line.

A segunda solução, que exige a utilização de arquivos anexos para que a comunicação científica ocorra, é extremamente trabalhosa e demorada. A necessidade de editar a fórmula em outra ferramenta, salvar para, posteriormente, anexar no ambiente de EAD, torna o processo de comunicação lento e dificultoso, fazendo com que a aprendizagem fique comprometida, visto que as interações tendem a diminuir diante deste contexto.

Na tentativa de traçar um panorama do estado da arte na comunicação científica na Internet, investigou-se ambientes virtuais de aprendizagem, utilizados no Brasil e no exterior, com o objetivo de identificar as soluções que vêm sendo oferecidas aos usuários, no que diz respeito à comunicação científica on-line. Foram também investigadas as ferramentas de edição de fórmulas off-line que vêm sendo utilizadas em EAD.

A seguir, apresentam-se alguns ambientes e ferramentas pesquisados neste estudo:

- **NetTutor:** é um ambiente de educação a distância comercial, desenvolvido por *Link-Systems International* (<http://www.nettutor.com/>), que possui um *chat* gráfico, onde símbolos e gráficos podem ser construídos on-line.

- **WebEQ:** é uma ferramenta comercial desenvolvida por Design Science, que tem como objetivo proporcionar a edição e publicação de textos matemáticos interativos na Web, não permitindo, entretanto, a edição e comunicação on-line (<http://www.dessci.com/en/products/webeq/>).
- **Wiki:** é um ambiente para edição de textos colaborativos através de linguagem de marcação. Em algumas versões mais complexas, suportam LaTeX para a edição de fórmulas e símbolos científicos (<http://pt.wikipedia.org/>).
- **Moodle:** é um ambiente virtual de aprendizagem baseado na filosofia de software livre, que permite a publicação de fórmulas através do Látex (<http://moodle.org/>).
- **LiveMath:** é uma ferramenta comercial, que permite a criação e publicação de gráficos bidimensionais e tridimensionais e equações matemáticas na Internet. Os gráficos gerados e publicados na internet podem ser manipulados pelo usuário. Entretanto, a ferramenta não permite a discussão on-line com a utilização de símbolos e fórmulas (<http://www.livemath.com/>).

Como se pode perceber, poucos são os ambientes virtuais de aprendizagem que permitem a comunicação através da notação matemática on-line, de forma transparente e amigável, sem a necessidade de linguagens paralelas. Os que existem, na sua maioria, são ferramentas comerciais sem versão em português.

Frente ao exposto, sentiu-se a necessidade de projetar e desenvolver um editor de fórmulas on-line, para ser incorporado ao ambiente de aprendizagem ROODA, amplamente utilizado na UFRGS.

VI. O ROODA EXATA

A proposta de desenvolvimento do ROODA Exata surgiu da necessidade de viabilizar e aprimorar a comunicação e expressão da Matemática em ambientes virtuais de aprendizagem. Dessa forma, o objetivo do editor de fórmulas ROODA Exata é possibilitar a utilização de símbolos e fórmulas nos mais variados meios de interação e comunicação oferecidos no ambiente ROODA, como fórum de discussão, chat e publicação no webfólio.

O ROODA Exata foi desenvolvido de modo a não necessitar da utilização de linguagens de formatação e marcação, para que sua utilização seja transparente e intuitiva ao usuário, seguindo os critérios de usabilidade. A interação no editor é realizada de forma semelhante ao editor de fórmulas *Microsoft Equation* (<http://www.microsoft.com>), através de ícones e botões que permitem a inserção de símbolos e fórmulas através de um simples clique do mouse.

A configuração, montagem e desenho dos símbolos e fórmulas do ROODA Exata foram desenvolvidos em Flash 8, na linguagem ActionScript. As fórmulas e símbolos são convertidos para o formato GIF. Esta conversão, bem como a armazenagem das imagens, é realizada em PHP (gd2). A intermediação dos comandos do ActionScript para o PHP foi implementada em JavaScript.

Sua estrutura foi organizada em três categorias: símbolos, fórmulas e alfabeto grego. Foram investigadas as necessidades

de áreas como Matemática, Física e Química, para definir os símbolos e fórmulas que seriam implementados no editor.

O editor é composto por três abas, uma aba para cada uma das categorias citadas. A aba de símbolos (Fig. 1) contém os símbolos mais utilizados na comunicação das ciências exatas, tais como símbolos relacionais, operadores, setas, símbolos lógicos, símbolos da teoria de conjuntos, conjuntos numéricos, subscrito e sobrescrito, somatório, integral, entre outros.



Fig. 1. Tela do editor ROODA Exata – Aba Símbolos

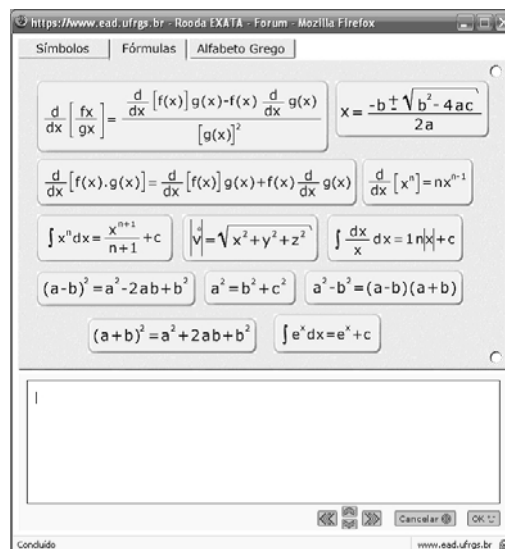


Fig. 2. Tela do editor ROODA Exata – Aba Fórmulas

A aba de fórmulas (Fig. 2) é constituída pelas principais fórmulas de Matemática, Física e Química, e foi elaborada para diminuir o esforço do usuário na comunicação, tornando-a mais rápida, uma vez que as fórmulas mais utilizadas de cada área podem ser inseridas diretamente com um simples clique.

Finalmente, tem-se a aba do alfabeto grego (Fig. 3), que contém o alfabeto grego maiúsculo e minúsculo, por ser amplamente utilizado na comunicação e expressão científica.

O design do editor de fórmulas foi estruturado em abas, para seguir o padrão do ambiente virtual de aprendizagem

ROODA, que possui uma interface gráfica agradável, e permite uma navegação intuitiva e rápida. Sua idealização foi baseada no conceito de design de interação, que consiste em criar sistemas computacionais capazes de otimizar, ou seja, facilitar a realização de atividades do cotidiano, como comunicação, trabalho, estudo, etc., criando soluções aos usuários (e não complicações). Dentre as características que devem ser consideradas no desenvolvimento de interfaces de ambientes computacionais, pode-se citar [11]:

- tamanho de tela, considerando as diferentes resoluções de vídeo para evitar barras de rolagens;
- consistência, que garanta uma identidade visual em todo o ambiente, conservando cores, localização de objetos, entre outros;
- estruturas de aponte-e-clique, que tornem a utilização do ambiente intuitiva e automática;
- navegação facilitada, garantida através de uma organização clara dos elementos que constituem o ambiente;
- uso de imagens pertinentes, de modo a possuir uma função clara no ambiente, seja de auxílio à navegação, ou para a constituição do tema visual.



Fig. 3. Tela do editor ROODA Exata – Aba Alfabeto Grego

Para exemplificar sua utilização, a Fig. 4 mostra a interface do fórum de discussão do ambiente ROODA, onde o botão de acesso ao ROODA Exata está localizado ao lado dos *smiles*. Para acessá-lo, basta um clique sobre o botão.

As fórmulas são construídas através dos botões do editor. Por exemplo, para inserir uma fração, clica-se sobre o botão $\frac{x}{y}$, abrindo-se uma caixa de edição que permite a inserção das variáveis desejadas.

É possível inserir um novo símbolo sobre a fração que está sendo gerada, como por exemplo uma raiz, ou uma potência.

As mensagens criadas podem combinar texto e fórmulas, permitindo uma comunicação rápida e precisa no ambiente de aprendizagem. A Fig. 5 mostra uma mensagem do fórum de discussão.

Outro potencial do editor ROODA Exata é a possibilidade de edição de matrizes com as dimensões desejadas. Para inserir uma matriz 3×4 , por exemplo, basta digitar as dimensões 3 e 4 nas caixas do editor; em seguida, a matriz será disponibilizada para edição.



Fig. 4. Tela do Fórum de Discussão

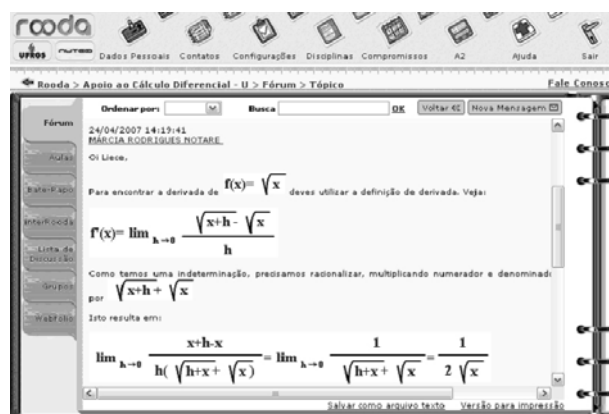


Fig. 5. Mensagem criada no Fórum de Discussão

Atualmente, o editor ROODA Exata está sendo utilizado em quinze turmas de graduação da UFRGS, dentre os quais se encontram os cursos Matemática, Física, Química e Engenharias.

A fim de aperfeiçoar o editor ROODA Exata, o mesmo também vem sendo utilizado e testado em turmas de Cálculo Diferencial da UNISINOS, junto aos alunos das Engenharias, na modalidade semi-presencial. A partir da percepção dos alunos e professores, poderão ser realizadas modificações que o tornem ainda mais intuitivo e rápido.

A partir da interação e participação dos alunos de Cálculo Diferencial da UNISINOS no ambiente ROODA com o auxílio do editor de fórmulas, está se analisando como se dá o diálogo, a comunicação, a expressão e a interação on-line na área de Matemática, fatores importantes para o processo de aprendizagem da mesma. Com os registros realizados pelos alunos no ambiente, está se buscando identificar o processo de tomada de consciência de conceitos matemáticos, através da análise das argumentações e justificativas dos alunos. Pode-se perceber diferentes níveis de interações, que podem ser

caracterizados como: simples aplicação de fórmulas, que dá indícios de que o aluno sabe resolver o problema analiticamente, mesmo que não o compreenda; descrição das operações realizadas, que representa um nível intermediário de compreensão; e explicação, argumentação, justificativa sobre a solução apresentada, no qual mostra um nível de compreensão dos conceitos envolvidos no problema.

VII. CONCLUSÃO

A Educação a Distância, da forma como vem sendo pensada e idealizada, valoriza as interações, as trocas de informações, os debates on-line, de forma intensa, uma vez que o principal veículo de comunicação é a escrita. Entretanto, fazer Educação a Distância nas áreas científicas, tais como Matemática, Física e Química, vem sendo trabalhoso e, até mesmo frustrante, tanto para professores quanto para alunos. Tal situação deve-se ao fato de que a comunicação científica on-line ainda é penosa, pois as soluções oferecidas até o momento exigem, ou a constante necessidade de anexar arquivos editados em outras ferramentas, ou a necessidade de utilização de linguagens de formatação ou marcação, que não são intuitivas para o usuário. Dessa forma, estabelece-se uma interação on-line trabalhosa e cansativa, que prejudica as trocas entre alunos e professores e, conseqüentemente, o processo de aprendizagem.

Diante desse contexto e, na tentativa de buscar soluções para o problema da comunicação científica on-line, projetou-se e desenvolveu-se o editor de fórmulas ROODA Exata, que está integrado ao ambiente virtual de aprendizagem ROODA. A concepção do editor levou em consideração as necessidades e sugestões da comunidade acadêmica da UFRGS, com o objetivo de aprimorar a qualidade das interações virtuais nas áreas das ciências exatas, contribuindo para o avanço da Educação Matemática a Distância.

Os autores do presente artigo estão utilizando em turmas de Cálculo Diferencial da UNISINOS e, a partir destes resultados, pretende-se aperfeiçoá-lo cada vez mais.

Ainda como parte da pesquisa, está se analisando o processo de aprendizagem de Matemática em ambientes virtuais de aprendizagem. Para isso, está se identificando os diferentes níveis de tomada de consciência a partir das contribuições dos alunos no ambiente. Com base na pesquisa, pretende-se verificar a viabilidade da Educação a Distância em áreas exatas, que necessitam de uma comunicação especial, que utiliza símbolos e fórmulas.

REFERÊNCIAS

- [1] Becker, Fernando. *Da ação à operação: o caminho da aprendizagem*. Rio de Janeiro: DP&A, 1997.
- [2] Becker, Fernando. *A origem do conhecimento e a aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- [3] Behar, P. et al. "ROODA/UFRGS: uma articulação técnica, metodológica e epistemológica." In: BARBOSA, Rommel Melgaço (Org.). *Ambientes Virtuais de Aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2005, p. 51-70.
- [4] Duval, R. "Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée." In: *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 5, IREM de Strasbourg, p. 37-65, 1993.
- [5] Engelbretch, J. Harding, A. *Technologies involved in the teaching of undergraduate mathematics on the web*. Available: <http://ridcully.up.ac.za/muti/technologies.pdf> (Acessado em 15 de junho de 2006).
- [6] Leventhall, Lyn. *Bridging the gap between face to face and online maths tutoring*. Available: http://dirweb.king.ac.uk/papers/Leventhall_L.H.2004_242915/leventhall_ICME10.pdf (Acessado em 31 de julho de 2007).
- [7] Leventhall, Lyn. "Requirements for Online Maths Tutoring." In: *Proceedings of the Second European Workshop on MathML and Scientific e-Contents Workshop*, Kuopio Finland, 2004.
- [8] Mazzocato, S. *Design de Interação em um Ambiente Virtual de Aprendizagem: Avaliação da Interface Gráfica do ROODA/UFRGS*. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, 2005.
- [9] Piaget, Jean. *Abstração Reflexionante*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- [10] Piaget, J. *A Epistemologia Genética*. São Paulo: Abril Cultural, Coleção Os Pensadores, 1983.
- [11] Radfahrer, L. *Design / Web / Design*. São Paulo: Market Press, 2001.
- [12] Smith, G. Ferguson, D. *Student attrition in mathematics e-learning*. Available: <http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet21/smith.html> (Acessado em 31 de julho de 2007).



Márcia R. Notare Graduada em Matemática pela UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 1998. Mestre em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2001. Doutoranda em Informática na Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

Ela trabalha na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), atuando nas áreas de Matemática e Informática na Educação. Atua no curso de Especialização em Educação Matemática (UNISINOS). Atualmente, investiga os potenciais da EAD nas áreas de ciências exatas, em particular na Matemática.



Patrícia A. Behar Mestre e Doutora em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação/UFRGS, com ênfase em Informática na Educação, Porto Alegre, RS, Brasil.

Ela é pesquisadora do CNPq, professora da Faculdade de Educação (FACED) e dos Programas de Pós-Graduação em Informática na Educação (PGIE) e Educação (PPGEDu)/UFRGS. Atua nos cursos de Especialização Lato-senso em Informática na Educação (CINTED), Pedagogia a Distância (UFRGS), Curso de Extensão em Novas Tecnologias/EAD (Maranhão), Escola de Gestores/EAD (MEC), Pró-licenciaturas (REGERSD). Coordena o Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação da FACED.

ÍNDICE DE AUTORES

- A. Pérez-Navarro, 81
Adrián Fernández, 47
Alejandro Álvarez Melcón, 87
Alessandra F. M. Rosa, 127
Álvaro R. Figueira, 1
Ana Grasielle D. Corrêa, 115
Antônio Carlos da Rocha Costa, 109
Bruno dos S. Pastoriza, 127
Carlos M. Vaz de Carvalho, 95
César Ferri, 47
David Cañete Rebenaque, 87
David Estévez Villaverde, 101
E. Santamaría, 81
Eloína García Félix, 67
Emilio Insfran, 47
Emilio Insfran, 53
Emilio Sanvicente, 59
Eurico M. Carrapatoso, 95
F. Giménez, 81
Felipe García, 73
Fernando Fargueta Cerdá, 67
Fernando Quesada Pereira, 87
Gilda A. Assis, 115
Glaucius Décio Duarte, 109
Horacio P. Leone, 17
Iñigo Aguirre Porturas, 39, 31
Iñigo J. Oleagordia Aguirre, 39, 31
Isabel Cabrita, 9
Isabel S. Azevedo, 95
J. Cuartero, 81
J.A. Morán, 81
Jaime H. Sánchez, 135
Javier Portillo, 73
Jesús Romo, 73
Joanne B. Laranjeiro, 1
José C. Del Pino, 127
José I. San Martín Díaz, 39, 31
José Luis Gómez Tornero, 87
Júlia Marques Carvalho da Silva, 121
L. Porta, 81
Lucila Romero, 17
Luis de la Cruz, 59
M. Serra, 81
Manuel Benito, 73
Mara B. C de Araujo, 127
Mara Lúcia Fernandes Carneiro, 109
Márcia Rodrigues Notare, 143
Marilena do Nascimento, 115
Martín Llamas Nistal, 101
Mónica Moragón Serrano, 87
Natanael Bavaresco, 121
Nídia Salomé Morais, 9
Patrícia Alejandra Behar, 143
Paula Peres, 25
Pedro Pimenta, 25
Pilar Bonet Espinosa, 67
Pilar Cáceres González, 67
R. Beneito, 81
Ricardo Azambuja Silveira, 121
Roseli D. Lopes, 115
Silvia Abrahão, 53
Susana Martínez Naharro, 67
Suzana T. Amaral, 127
Tania D. M. Salgado, 127

