

TICAI 2006

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).

INDICE

	Introducción de los Editores	i
	Introdução dos Editores	iii
	Editors' Introduction	v
	Consejo Editorial	vii
1	O Poder das Simulações no Ensino de Hidráulica Oscar Eduardo Patrón Guillermo , Liane Margarida Rockenbach Tarouco Luiz Augusto Magalhães Endres	1
2	PAT: Um Agente Pedagógico Animado para Interagir Afetivamente com o Aluno Patrícia Augustin Jaques e Rosa Maria Vicari	9
3	Detección de Estudiantes con Comportamiento Atípico en Entornos de Aprendizaje e-Learning Félix Castro, Alfredo Vellido, Àngela Nebot, Julià Minguillón	23
4	ELEARNING-ONT: Metodología y Sub-ontologías Juan M. Santos, Luis Anido, y Martín Llamas, Senior Member, IEEE	31
5	Ferramentas de autoria de sistemas hipermídia adaptativos para aprendizagem: um ponto de situação Joel Pinho Lucas, Constantino Martins, Ricardo Silveira e Carlos Vaz de Carvalho	37
6	Portfolios Virtuales Basados en Wiki para Evaluación Continua y Evaluación por Compañeros Joan Borrell, Cristina Fernández, Fernando García, Ramon Martí, Jordi Pons, y Sergi Robles	45
7	Habilidades interpersonales y desarrollo profesional: la perspectiva de los estudiantes de ingeniería Cristina Casado Lumbreras y Ricardo Colomo Palacios	53
8	Novas Tecnologias para uma Nova Aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior E. L. Cardoso, P. Pimenta, e D. C. Pereira	59

9	La Adaptación del Primer Curso de la EUITT de Telecomunicación (UPM) al EEES: una mirada retrospectiva Irina Argüelles, Wilmar Hernandez, Member, IEEE, Carmen Ortiz, Gerardo Balabasquer, y Juan Blanco	67
10	Delfos, un Programa Interactivo para el Aprendizaje Semipresencial de Dispositivos Electrónicos y Fotónicos Vicente Jiménez, Joan Pons, Josep Calderer y Lluís Prat	75
11	Electrónica Física en la Universidad de Barcelona: Comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre una modalidad docente basada en clases expositivas o en docencia centrada en el trabajo del estudiante Francesca Peiró Martínez y Alberto Romano Rodríguez	81
12	Modificações em Jogos Digitais e seu Uso Potencial como Tecnologia Educacional para Ensino de Engenharia L. O. M. Ribeiro, M. I. Timm, e M. A. Zaro	89
13	Material Didáctico Basado en Virtual Test Bed para Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables Domingo Biel, Member, IEEE y Rafael Ramos, Member, IEEE	97
14	Uso de un sistema embebido como servidor Web para proyecto de estudiantes de Ingeniería en Telemática Víctor Sánchez Huerta, Javier Vázquez Castillo y Alejandro A. Castillo Atoche	105
15	Servicios de Alertas configurables en Entornos de M-Learning Rosa M. Carro y Nuria Andueza	111
16	Aplicando técnicas de aprendizaje automático para el análisis de actividades en entornos CSCL basados en discusión argumentativa Ana I. Molina, Rafael Duque, Miguel A. Redondo, Crescencio Bravo y Manuel Ortega	119

17	Editor web de objetos de aprendizaje soportado en .LRN para la plataforma educativa del proyecto E-LANE en la Universidad del Cauca (Colombia) Carlos A. Lucero A., Diego F. Pino M. y Mario F. Solarte S.	127
18	Diseño y Desarrollo de Herramientas para el Aprendizaje de Relaciones Semánticas presentes en el Lenguaje Natural Antonio Vaquero Sánchez, Francisco Alvarez Montero y Fernando Sáenz Pérez	135
19	Padi: Diseño instruccional mediante un EPSS Robert Pardo Silva	143
20	Desarrollo de la cognición espacial en invidentes congénitos con apoyo de dispositivos tecnológicos O. López, L. Sanabria, y J. Ibañez.	149

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, queremos lanzar la edición de un libro de periodicidad anual que recoja 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.

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 contaremos con destacados miembros de cada uno de los Comités de Organización o de Programa de los respectivos congresos.

El libro se llamará genéricamente TICAÍ (TICs Aplicadas para el aprendizaje de la Ingeniería), y en esta su primera edición: TICAÍ 2006. Aunque el objetivo es recopilar los mejores artículos del año, para esta primera edición lo ampliaremos excepcionalmente también a algunos congresos de finales de 2005. En ediciones sucesivas serán años naturales.

Los trabajos seleccionados han sido de los siguientes congresos:

- ICECE 2005 (International Conference on Engineering and Computer Education)
- SINTICE 2005 (Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación)
- TAEE 2006 (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica 2006) celebrado en Madrid (España)
- SAAEI06 (Seminario Anual de Electrónica, Electrónica Industrial e Instrumentación 2006)
- SIIE 2006 (Simposio Internacional de Informática Educativa 2006) celebrado en León (España)
- TISE 2006 (Taller Internacional de Software Educativo 2006)
- Congreso Iberoamericano de Informática Educativa RIBIE 2006, Costa Rica.
- V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, maio 2005.
- VI Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, novembro 2005.
- 1ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – CISTI 2006, Portugal.

- VII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, Julho 2006.

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 2006

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, pretende lançar a edição de um livro de periodicidade anual que recolha as contribuições mais significativas realizadas nos congressos mais importantes de língua espanhola e portuguesa no âmbito da Sociedade de Educação do IEEE.

Este âmbito centra-se na investigação de aplicações tecnológicas na educação, e compreende desde o desenho e investigação de novas ferramentas, materiais e técnicas que facilitam o ensino/aprendizagem até às aplicações, métodos pedagógicos e experiências concretas de uso destas novas técnicas e ferramentas. Com um enfoque principal no ensino/aprendizagem das disciplinas do contexto do IEEE, ou seja, as áreas de Engenharia Eléctrica, Engenharia Electrónica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Informática.

Cada capítulo dos livros passará duas revisões: primeiro de aceitação ao próprio congresso e, depois, uma segunda selecção de entre os artigos aceites pelo congresso. Para isso contamos com destacados membros de cada um dos Comités de Organização ou de Programa dos respectivos congressos.

O livro chamar-se-á genericamente TICAÍ (TICs Aplicadas à Aprendizagem da Engenharia) e, nesta sua primeira edição, TICAÍ 2006. Embora o objectivo fosse de compilar os melhores artigos do ano (2006), para esta primeira edição decidimos alargar excepcionalmente o âmbito a alguns congressos de finais de 2005. As próximas edições corresponderão já aos anos naturais.

Os trabalhos seleccionados correspondem aos seguintes congressos:

- ICECE 2005 (International Conference on Engineering and Computer Education)
- SINTICE 2005 (Simposio Nacional de Tecnologías da Informação e las Comunicaciones na Educação)
- TAAE 2006 (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza da Oectrónica 2006) coebrado en Madrid (España)
- SAAEI06 (Seminario Anual de Oectrónica, Oectrónica Industrial e Instrumentación 2006)
- SIIE 2006 (Simposio Internacional de Informática Educativa 2006) coebrado en León (España)
- TISE 2006 (Taller Internacional de Software Educativo 2006)
- Congreso Iberoamericano de Informática Educativa RIBIE 2006, Costa Rica.
- V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, maio 2005.
- VI Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, novembro 2005.
- 1ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – CISTI 2006, Portugal.
- VII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, Julho 2006.

A Sociedade de Educação do IEEE, através dos Capítulos Espanhol, Português e Colombiano, pretende assim contribuir para a selecção e difusão dos trabalhos que demonstrem o melhor conhecimento da comunidade iberoamericana no âmbito da aplicação da tecnologia no ensino/aprendizagem centrado na Engenharia, e assim gerar um aumento geral da excelência 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 2006

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 new edition of an annual book 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 name of this new publication is TICAÍ (TICs applied to learning of Engineering) and this is the first edition (TICAÍ 2006). Our main goal is to compile the best articles and technical papers of this year, also including some events and technical activities from 2005.

The selected papers were part of the following events:

- ICECE 2005 (International Conference on Engineering and Computer Education)
- SINTICE 2005 (National Symposium of TICs in Education)
- TAAE 2006 (Technologies Applied to Education in Electronics 2006), Madrid, Spain
- SAAEI06 (Annual Seminar of Electronics, Industrial Electronics and Instrumentation 2006)
- SIIE 2006 (International Symposium of Educational Informatics 2006) León, Spain
- TISE 2006 (International Workshop of Educational Software 2006)
- Iberoamerican Congress of Educational Informatics RIBIE 2006, Costa Rica
- 5th Congress of New Educational Technologies PGIE, 2005
- 6th Congress of New Educational Technologies PGIE, 2006
- 1st Iberoamerican Congress of Information Technologies – CISTI 2006, Portugal.
- 7th Congress of New Educational Technologies PGIE, 2006

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 2006

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
Álvaro Rocha, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Ricardo Silveira, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Manuel Ortega Cantero, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Jaime Sánchez, Universidad de Chile, Chile
Antonio José Mendes, Universidade de Coimbra, Portugal
Luis Panizo, Universidad de León, España
Baltasar Fernández Manjón, Universidad Complutense de Madrid, España
Iñigo Oleagordia, Universidad del País Vasco, España

Capítulo 1

O Poder das Simulações no Ensino de Hidráulica

Oscar Eduardo Patrón Guillermo , Liane Margarida Rockenbach Tarouco,
e Luiz Augusto Magalhães Endres

Title—The Power of the Simulations in the Hydraulics Teaching.

Abstract— This paper's objective is to show the need for developing new technological tools to teach hydraulics for engineers, more precisely the use of virtual simulations of the practices in hydraulic laboratories, and to highlight the advantages of simulations to complement traditional lectures, as well as the benefits in the process of teaching and learning by students exposed to this type of instructional material. To accomplish this, 3 simulators were created using the software Flash MX of Macromedia, representing 3 practices in a hydraulic laboratory. Two groups of students from the Engineering course at UFRGS used these simulators. It was shown that the simulators can be useful tools as aid to conventional lectures, and that in the area of Engineering, time and money should be invested in order to implement instructional materials of this type, aiming at better-quality teaching and a better understanding of the physical phenomena involved in laboratory practices, mainly in institutions that do not have hydraulic laboratories.

Keywords— simulations, simulations in engineering , teaching in hydraulics.

Resumo— Este trabalho tem como objetivo mostrar a necessidade de desenvolver novas ferramentas tecnológicas, para o ensino de hidráulica para engenheiros, mais precisamente a utilização de simuladores virtuais, das práticas em laboratórios de hidráulica; destacar as vantagens das simulações como complemento à aula tradicional expositiva, assim como o ganho no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, expostos a este tipo de material instrucional. Para isto foram elaborados 3 simuladores utilizando o software Flash MX da Macromedia,

Este trabajo fue presentado originalmente al V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, maio 2005.

O.E.P. Guillermo trabalha na Gerência de Rede - IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS - Brasil (e-mail: oepg@iph.ufrgs.br).

L.M.R. Tarouco trabalha no Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação - CINTED, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS - Brasil (e-mail: liane@penta.ufrgs.br).

L. A. M. Endres trabalha no Departamento de Hidromecânica e Hidrologia - IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS - Brasil (e-mail: endres@ufrgs.br).

representando 3 práticas laboratoriais de hidráulica. Duas turmas do curso de Engenharia da UFRGS, utilizaram estes simuladores. Pode-se afirmar que os simuladores podem ser ótimas ferramentas no auxílio à aula convencional e que na área da Engenharia deveria-se investir tempo e recursos para implementar materiais instrucionais deste tipo, para obter uma melhor qualidade no ensino, assim como para obter uma melhor compreensão de alguns fenômenos físicos ocorridos nestas práticas, principalmente em instituições que não disponham de laboratórios de hidráulica.

Palavras-chave— ensino em hidráulica, simulações, simulações na engenharia.

I. INTRODUÇÃO

A explorada no processo de ensino e aprendizagem de engenharia, trazendo com isto a necessidade de estudos para o seu desenvolvimento. A proposta deste trabalho foi de proporcionar aos alunos da disciplina Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107 da UFRGS, turma B, semestre 2004/02, além da realização normal dos experimentos práticos previstos em laboratório de hidráulica, o uso de simulações computacionais destes experimentos, tentando mostrar a necessidade de desenvolver novas ferramentas tecnológicas, para o ensino de hidráulica para engenheiros, mais precisamente a utilização de simuladores virtuais, das práticas em laboratórios de hidráulica; destacar suas vantagens como complemento à aula tradicional expositiva, assim como o ganho no processo de ensino aprendizagem dos alunos, expostos a este tipo de material instrucional.

O desenvolvimento de trabalhos de laboratório de hidráulica, na maneira como é normalmente efetuado e que já fornece bons resultados, exige dos alunos, além da absorção de conhecimentos em sala de aula, que leiam previamente um texto especialmente preparado para reforçar os conteúdos e orientar a prática a ser executada no laboratório. A realização prévia de simulações com auxílio da informática desses experimentos, em muito semelhantes às que serão posteriormente desenvolvidas na realidade do laboratório, permite unir os conteúdos vistos em aula, a leitura do texto (que acompanha o próprio experimento) e o interesse peculiar

dos estudantes pelo uso do computador como ferramenta de trabalho.

Embora as simulações desenvolvidas, no caso desta disciplina, não tenham o objetivo de substituir as práticas no laboratório de hidráulica, é possível supor que, depois de corrigidos pequenos problemas de forma e conteúdo no primeiro conjunto de resultados obtidos, esta ferramenta possa ser oferecida a outras pessoas e/ou instituições de ensino interessadas, principalmente para aquelas que não disponham do laboratório de hidráulica físico para trabalhar, mas que terão, com o uso do meio computacional e as simulações já otimizadas, possibilidade de visualização de fenômenos em muito facilitada. Vemos aqui então, o papel da instituição de ensino sendo cumprido com a universalização de conhecimentos, e de proporcionar meios e incentivar os interessados a usufruir das novas ferramentas tecnológicas aplicadas ao ensino.

II. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

As limitações do ensino público, principalmente financeiras, têm feito com que seja necessário enfrentar alguns problemas que acabam por prejudicar não só o ensino, mas também, o aprendizado de alunos universitários. Uma destas limitações é a falta de recursos para a aquisição e manutenção de laboratórios experimentais, utilizados na fixação dos conceitos teóricos, que na área da Engenharia é muito comum. Este fato tem dificultado o contato dos alunos com as práticas de laboratório já que, segundo Kleinhappel et al.(2004), os laboratórios experimentais ainda em funcionamento, da área de hidráulica e mecânica dos fluidos, remanescentes de épocas de maiores recursos destinados à educação, encontram-se espalhados entre algumas universidades.

A referência [1], cita que iniciativas desta natureza podem estreitar a distância entre os estudantes de engenharia de escolas relativamente ricas e que podem custear facilidades laboratoriais abrangentes a aquelas instituições que contam com menores recursos e faculdades comunitárias, que não podem oferecer facilidades laboratoriais abrangentes. Os programas de simulação propiciam aos estudantes, a interação com modelos e processos complexos de forma controlada (muitas vezes inviável em escala real), sem riscos que envolvam periculosidade ou gastos proibitivos, já que estes simuladores envolvem a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. Sendo assim, o potencial educacional deste tipo de ferramenta é muito superior ao dos programas tradicionais.

Os autores [2] relatam que as simulações podem permitir aos alunos construir, em suas mentes, modelos de sistemas físicos que, muitas vezes, não conseguem desenvolver de forma adequada apenas com a escuta do professor ou a leitura de manuais, recorrendo à memorização. A observação de simulações bem concebidas pode ajudar o aluno a mentalizar modelos melhor estruturados. As simulações podem despertar ou aumentar o interesse dos alunos já que, com o fato de poderem controlar determinadas simulações, é induzida uma aprendizagem

mais fácil e rápida, o aluno pode ver como se altera o comportamento do modelo em uma variedade de situações e condições.

Segundo [3], em seu trabalho “O uso de Simuladores e as Estruturas Cognitivas”, a simulação dá vida às aulas, fornecendo ferramentas com as quais os estudantes apreciam trabalhar, pois desta maneira aprendem fazendo. Trata-se de uma ferramenta de estudo interativa que ajuda a construir e trabalhar conceitos. O mesmo autor relata que em seus experimentos é possível dar acesso virtual a todos os componentes necessários para criar projetos de qualquer complexidade. Ao contrário dos equipamentos didáticos tradicionais, normalmente não é necessária a aquisição de componentes adicionais como, por exemplo, no caso de uma simulação mecânica real, a compra de um componente de maior custo.

Uma das vantagens do uso de softwares simuladores consiste na economia de tempo e dinheiro, pois não é preciso contar com laboratórios, equipamentos e técnicos, além de não ser preciso contratar ou treinar pessoal específico para a operação desses laboratórios. Também se dispensam a checagem e manutenção de equipamentos e evitam-se os possíveis erros de suas montagens e operações. Em contrapartida perde-se todo o conhecimento específico que decorre da inerente aleatoriedade associada aos fenômenos físicos, marcadamente em hidráulica e mecânica dos fluidos, e os relacionados a esses procedimentos “dispensáveis”, como o conhecimento sobre a montagem dos equipamentos e os cuidados de operação. Daí vem a importância do uso racional dos simuladores conforme os objetivos que se pretendam obter com seu uso. Através da simulação não é possível obter, de imediato, resultados que levem à otimização de um objetivo desejado. Entretanto, é possível simular, por meio do modelo, uma série de experimentos em diferentes condições e, posteriormente, escolher a condição cujos resultados sejam mais aceitáveis [4].

III. CONCEITUAÇÃO

Um simulador funciona como um dispositivo que reproduz virtualmente uma situação real (ou que poderia ser real) e dessa forma nos permite “experimentar” os efeitos de um determinado procedimento sem que a situação real esteja de fato ocorrendo. As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos, reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos estudantes. A simulação é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante observar o comportamento de um determinado sistema através de um modelo do mesmo, ou seja, de uma representação matemática, gráfica ou simbólica de um fenômeno. Neste contexto, as simulações podem exercer um papel minimizador do problema existente devido à falta de estrutura de parte das Faculdades de Engenharia do Brasil, em termos de laboratórios e equipamentos, para os cursos de graduação.

Segundo [5], uma simulação é um ambiente realístico no qual os estudantes executam uma tarefa significativa e

experimentam suas consequências, avaliando o comportamento deles/delas naquele ambiente. Numa simulação, os estudantes têm, frequentemente, ferramentas de ajuda e apoio embutidas na própria simulação, de como utilizar estas próprias ferramentas para realizar as tarefas. Estes autores ainda destacam que as simulações podem trazer alguns benefícios na aprendizagem dos alunos, tais como:

- Uma aprendizagem mais profunda, onde os estudantes simulam um problema complexo, resolvendo estratégias e integrando habilidades.
- Ambiente de baixo risco, pois os estudantes adquirem experiência com situações difíceis sem consequências caras ou irreversíveis, de modelos reais de alto custo.
- Os estudantes são emocionalmente mais envolvidos quando mergulham em uma experiência real do mundo que o cerca. Simulações trazem experiências de aprendizagem efetivas porque servem como uma ponte do ambiente de aprendizagem para realidade.

IV. MATERIAL E MÉTODOS

As simulações descritas neste trabalho, foram desenvolvidas utilizando o software Flash MX, da Macromedia, e aplicadas a uma turma da disciplina regular do curso de Engenharia da UFRGS – Mecânica dos Fluidos II - IPH 01107, turma B, semestre 2004/02; esta disciplina fornece conteúdos básicos para o estudo da Hidráulica, Fenômenos de Transporte, Hidrologia, Máquinas Hidráulicas, Saneamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para isto foram elaborados 3 simuladores, representando as práticas laboratoriais de hidráulica: Velocidade em Canal, Esvaziamento de Reservatório e Aferição de Venturi. Estas aulas no laboratório de hidráulica, funcionam como uma aplicação prática do conteúdo ministrado na disciplina e vão de encontro ao objetivo da mesma, que são os de fornecer aos alunos os conhecimentos básicos das propriedades dos fluidos, dos esforços mecânicos e das leis de conservação de massa, quantidade de movimento e energia, além de apresentar noções e conceitos básicos do escoamento real.

Flash é o padrão da Web para animação e imagens vetoriais. Com o Flash, pode-se rapidamente dar uma visão animada às páginas da Web, com imagens animadas e efeitos de texto; também permite incluir uma interatividade sofisticada aos sites sem programação de scripts complicada, para isto utiliza o ActionScript, que é a linguagem de criação de scripts do Macromedia Flash MX. Quando aliado ao projeto e desenvolvimento de material educacional, desde objetos de aprendizagem, simulações, a jogos educacionais, o Flash MX tem se mostrado um dos softwares mais completos e simples de ser usado, mesmo por aqueles que não têm experiência com linguagens de programação, sendo atualmente a ferramenta padrão no mercado para criação de tais aplicativos.

O ambiente de criação do Flash proporciona um conjunto completo de ferramentas para a construção de animações prontas para a Web. As ferramentas de desenho e texto permitem criar imagens e texto a partir do zero. Após

criar um filme completo no Flash, pode-se exportá-lo para o formato de arquivo compactado .swf e adicionar o filme a uma página da Web, ou até mesmo criando arquivos executáveis, como é o caso das simulações abordadas neste artigo, podendo assim executá-las independentemente em qualquer computador.

Todas as simulações deste trabalho, seguem um padrão de layout modular, onde cada uma delas tem os seguintes componentes: Tela principal – área ou tela inicial onde são mostrados os componentes do experimento, Seção Calculadora – calculadora básica para cálculos necessários, Seção Vídeos – contendo vídeos do experimento em questão e do laboratório de hidráulica, Seção Fotos – contendo fotos dos componentes do experimento, Seção Testes e Perguntas – onde permite responder uma série de questões relacionadas ao experimento, Seção Apostila – contendo um arquivo no formato do Adobe Acrobat (*.pdf) com a apostila da aula prática, Seção Bibliografia – com a relação de bibliografia recomendada e o Experimento propriamente dito – ou seja, a simulação da prática laboratorial, como mostra a Figura 1.



Figura 1. Menu padrão de navegação das simulações e suas seções.

A representação dos diversos experimentos, que são na realidade a própria simulação, foram obtidos através de algumas simplificações das equações que regem o comportamento dos fluidos, descritas nas respectivas apostilas de cada experimento laboratorial.

A turma foi dividida em 2 grupos, definidos pelo critério de ordem de chegada dos alunos, sendo que aproximadamente a primeira metade da turma que chegava ao laboratório de hidráulica, era direcionada para o laboratório de informática, desta maneira, estes alunos realizariam antes as simulações, e o restante da turma veria diretamente a prática real, no laboratório de hidráulica, assim formaram-se 2 grupos com 12 e 17 alunos cada um, sendo que o grupo de 12 alunos foi o que realizou primeiramente a prática e depois as simulações, chamado de grupo Hidra-Inf, e o grupo de 17 alunos, realizou primeiro as simulações e depois as práticas reais, chamado de grupo Inf-Hidra. Na aula seguinte, ocorreu a inversão, e os alunos que inicialmente realizaram as simulações, foram para o laboratório de hidráulica, sendo que os que tinham realizado a prática real, conheceram as simulações na sala de aula informatizada.

Após todos terem efetuado as aulas práticas (Laboratório de Hidráulica e Sala Informatizada com os simuladores), os alunos responderam a um questionário de avaliação do material instrucional, composto de 30 perguntas, das quais parte delas são avaliadas neste artigo.

Os alunos também tiveram como material de apoio, a disponibilidade de uma página na Internet, localizada em

<http://galileu.iph.ufrgs.br/iph107simula>, como mostra a Figura 2, nesta página Web encontram-se as simulações, apostilas e os vídeos das respectivas práticas laboratoriais, propiciando desta maneira, o acesso a estes recursos da casa dos próprios alunos, ou qualquer outro lugar com conexão à Internet e a qualquer momento, podendo repetir e rever as simulações quantas vezes forem necessárias, podendo haver assim um maior entendimento dos fenômenos ocorridos durante a experimentação.

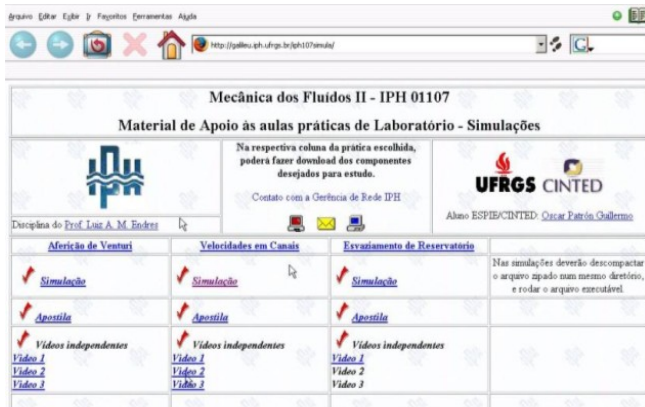


Figura 2. Página na Internet, com o material de apoio à aula presencial.

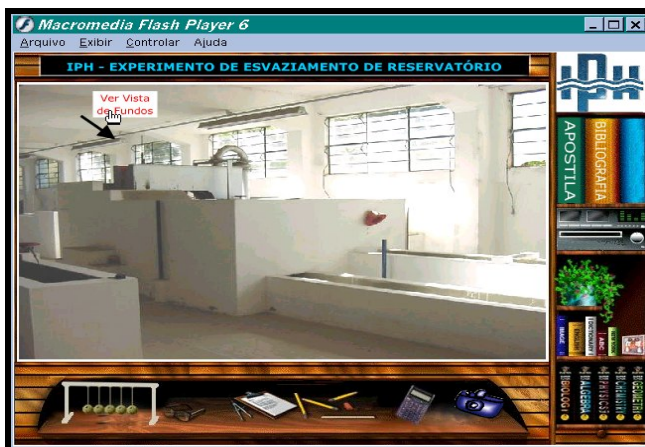


Figura 3. Simulador da prática de Esvaziamento de Reservatório.

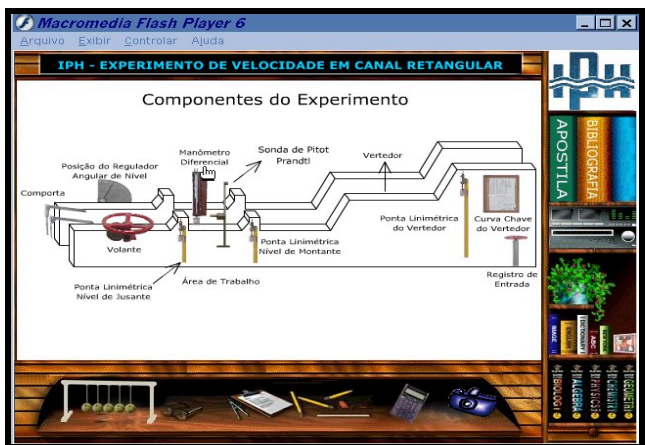


Figura 4. Simulador da prática de Velocidades em canais.

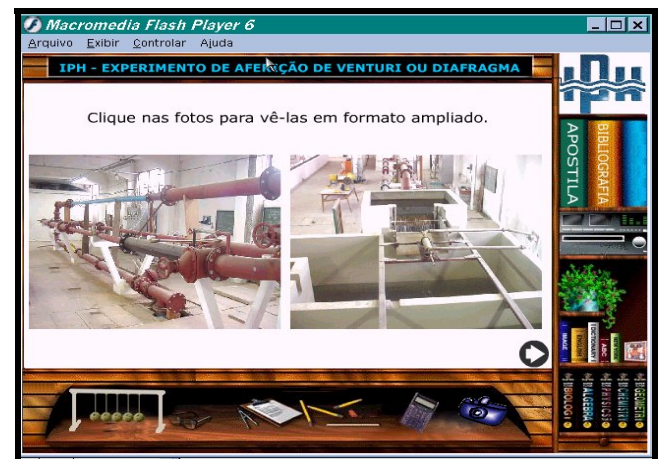


Figura 5. Simulador da prática de Aferição de Venturi.

As interfaces principal dos 3 simuladores são mostradas nas Figuras 3 a 5.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das respostas dos alunos, são analisados em termos percentuais, porém são apresentados também em relação ao número de alunos que responderam às opções fornecidas. A turma Hidra-inf estava composta de 12 alunos e a turma Inf-Hidra era composta de 17 alunos. Foi calculado o percentual de respostas dadas a cada opção, em relação ao número de alunos de cada turma, e após, apresentado em termos médios das 2 turmas.

Na tabela I pode-se ver que em média nas 2 turmas, 27% dos alunos disseram que o simulador foi *razoavelmente importante*, como ferramenta de apoio, e 73% afirmaram que é *muito importante* o uso deste tipo de simulador, tendo sido pouco significativa a diferença entre as turmas.

Já na tabela II verifica-se que em média nas 2 turmas, 25% dos alunos disseram que utilizar recurso multimídia como o simulador, é *razoavelmente importante*, porém 75% dos alunos acharam *muito importante*.

TABELA I
IMPORTÂNCIA DO APOIO MULTIMÍDIA NA HIDRÁULICA

Quão importante para você é ser exposto a uma ferramenta de apoio multimídia como um simulador, na área de hidráulica?				
				Média
Hidra-Inf >	Não importante	0		
	%	0		0
Inf-Hidra >	Não importante	0		
	%	0		
Hidra-Inf >	Razoavelmente importante	3		
	%	25		27
Inf-Hidra >	Razoavelmente importante	5		
	%	29		
Hidra-Inf >	Muito importante	9		
	%	75		73
Inf-Hidra >	Muito importante	12		
	%	71		

TABELA II
IMPORTÂNCIA DO USO DOS SIMULADORES

Quão importante para você é utilizar recursos multimídias como o simulador ?				
				Média
Hidra-Inf >	Não importante		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Não importante		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Razoavelmente importante		4	
	%		33	25
Inf-Hidra >	Razoavelmente importante		3	
	%		10	
Hidra-Inf >	Muito importante		8	
	%		67	75
Inf-Hidra >	Muito importante		14	
	%		82	

Na tabela III verifica-se que em média nas 2 turmas, 90% dos alunos disseram ser *muito importante* o uso de tecnologias diversas, como apoio ao processo de aprendizagem, e 10% afirmaram ter sido *razoavelmente importante*.

Já na tabela IV pode-se ver que em média nas 2 turmas, 50% dos alunos disseram terem *aprendido muito* com as simulações, enquanto que 50% informaram que *aprenderam praticamente o mesmo*, sendo que quando questionados em relação à prática tradicional, 56% disseram ter *aprendido muito mais* com as simulações, e 44% informaram que *aprenderam praticamente o mesmo*.

TABELA III
IMPORTÂNCIA DO USO DE TECNOLOGIAS DIVERSAS

Quão importante é o uso de tecnologias diversas, como apoio ao seu processo de aprendizagem?				
				Média
Hidra-Inf >	Não importante		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Não importante		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Razoavelmente importante		1	
	%		8	10
Inf-Hidra >	Razoavelmente importante		2	
	%		12	
Hidra-Inf >	Muito importante		11	
	%		92	90
Inf-Hidra >	Muito importante		15	
	%		88	

A tabela V mostra que em média nas 2 turmas, 90% dos alunos disseram ter gostado *muito* das simulações, e somente 10%, afirmaram ter gostado *razoavelmente*; Ao analisar os dados da tabela VI, verifica-se que em média nas 2 turmas, 96% dos alunos disseram valorizar muito mais, uma disciplina que explora novas tecnologias de ensino, e

tão somente 4% dos alunos, manifestaram que valorizam praticamente o mesmo, uma disciplina “tradicional” do que uma que usa novos recursos multimídia para a aprendizagem, destacando que 100% da turma que realizou primeiramente as simulações, valorizou muito mais uma disciplina mais “progressista”. Ao mesmo tempo, 90% da turma em média, manifestou que certamente recomendaria fazer uma disciplina, que utilizasse recursos como as simulações.

TABELA IV
QUANTIFICAÇÃO DO APRENDIZADO COM OS SIMULADORES

Quanto você aprendeu utilizando este tipo de recurso de ensino?				
				Média
Hidra-Inf >	Não muito		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Não muito		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Razoavelmente		7	
	%		58	50
Inf-Hidra >	Razoavelmente		7	
	%		41	
Hidra-Inf >	Muito		5	
	%		42	50
Inf-Hidra >	Muito		10	
	%		59	

Comparado a uma "prática tradicional", quanto você aprendeu?				
				Média
Hidra-Inf >	Muito menos		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Muito menos		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Praticamente o mesmo		5	
	%		42	44
Inf-Hidra >	Praticamente o mesmo		8	
	%		47	
Hidra-Inf >	Muito mais		7	
	%		58	56
Inf-Hidra >	Muito mais		9	
	%		53	

TABELA V
NÍVEL DE SATISFAÇÃO NO APRENDIZADO

Quanto você gostou deste recurso de simulação, introduzido nas aulas laboratoriais?				
				Média
Hidra-Inf >	Muito menos		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Muito menos		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Praticamente o mesmo		1	
	%		8	10
Inf-Hidra >	Praticamente o mesmo		2	
	%		12	
Hidra-Inf >	Muito mais		11	
	%		92	90
Inf-Hidra >	Muito mais		15	
	%		88	

TABELA VI
COMPARAÇÃO ENTRE USO DE SIMULAÇÕES E PRÁTICA TRADICIONAL

Comparado a uma " disciplina tradicional ", quanto você valorizaria uma disciplina que explora novas tecnologias e recursos de simulações no aprendizado ?				
				Média
Hidra-Inf >	Muito menos		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Muito menos		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Praticamente o mesmo		1	
	%		8	4
Inf-Hidra >	Praticamente o mesmo		0	
	%			
Hidra-Inf >	Muito mais		11	
	%		92	90
Inf-Hidra >	Muito mais		15	
	%		88	

Você recomendaria fazer esta disciplina em uma turma que utiliza este tipo de recurso, ou em uma que não o utiliza?				
				Média
Hidra-Inf >	Não		0	
	%		0	0
Inf-Hidra >	Não		0	
	%		0	
Hidra-Inf >	Talvez		1	
	%		8	10
Inf-Hidra >	Talvez		2	
	%		12	
Hidra-Inf >	Certamente		11	
	%		92	90
Inf-Hidra >	Certamente		15	
	%		88	

A tabela VII mostra que quando questionados os alunos, quanto a se deviam aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula de hidráulica, em média 96% dos alunos disseram que precisa-se elaborar mais materiais deste tipo, sendo que 4% (representando um único aluno) disse que não vê necessidade de elaborar matérias de apoio multimídia.

Finalmente, analisando a tabela VIII pode-se ver que quando os alunos foram questionados sobre a visão deles, a respeito da utilidade do novo material instrucional, em média 93% dos alunos, manifestaram que as simulações servem como complemento das práticas de laboratório, e 7% em média disseram que as simulações podem ser possíveis substitutos das práticas.

TABELA VII
RECOMENDAÇÃO PARA APERFEIÇOAMENTO E USO DE SIMULADORES

Você acha que devem aperfeiçoar-se materiais instrucionais deste tipo, para complementar a aula tradicional no ensino de hidráulica ?				
			Sim	Não
Hidra-Inf >			11	1
	%		92	8
			17	0
Inf-Hidra >	%		100	0
	Média		96	4

TABELA VIII
PAPEL DA SIMULAÇÃO NO ENSINO DE HIDRÁULICA

Você vê este tipo de material instrucional como: a) complemento da prática laboratorial ou, b) como possível substituto do laboratório, desde que represente bem a prática.				
		(a)	(b)	
Hidra-Inf >		11	1	
	%	92	8	
Inf-Hidra >		16	1	
	%	94	6	
	Média	93	7	

VI. CONCLUSÃO

O estudo de caso aqui apresentado demonstrou que as simulações são um ótimo complemento das aulas laboratoriais de hidráulica, permitindo aos alunos efetuarem os experimentos repetidamente, inclusive em suas residências, refletindo mais e melhor sobre os fenômenos investigados. Além disso, o ambiente dentro da sala de aula informatizada, foi muito propício e aberto para a discussão e debate sobre as inovações tecnológicas no ensino, principalmente pela postura dos alunos perante a utilização das simulações.

De maneira geral, toda a turma mostrou-se receptiva às simulações, com melhor aproveitamento por parte da turma Inf-Hidra. No entanto, não é possível afirmar, com os resultados até aqui levantados, se a ordem ideal é realizar antes as simulações do que a prática convencional. Novas experiências e avaliação de questionários com novas turmas talvez possam indicar este caminho. Na continuidade deste processo deverá ser analisada a receptividade de várias turmas a estas ferramentas, o que poderá permitir confirmações e conclusões mais abrangentes sobre o efeito que as simulações têm sobre o processo de ensino-aprendizagem dos alunos da Engenharia; no primeiro semestre de 2005 uma nova turma de graduandos da Engenharia realizou as simulações, porém os dados obtidos estão ainda sendo analisados.

Para a elaboração das simulações deverá existir uma equipe multidisciplinar abrangendo a área técnica do assunto em questão, a área pedagógica educacional e a área técnica da linguagem de desenvolvimento da simulação, em um ambiente de interação e colaboração entre os envolvidos. Por fim deve-se ressaltar que, além de servir como um ótimo material de apoio ou complemento da aula prática, para aquelas Instituições que dispõem de recursos laboratoriais, o uso das simulações poderá ser também, excelente para aquelas Instituições que não dispõem destes recursos. A utilização das simulações em aulas práticas informatizadas seria uma primeira aproximação para os alunos na avaliação dos fenômenos físicos estudados, contribuindo de maneira significativa para a qualidade do ensino como um todo.

REFERÊNCIAS

- [1] C. M. K. Mateus, J. B. Palhares, E. Luvizotto Júnior, "Laboratório virtual de mecânica dos fluidos", in *Anais 21º Congresso Latinoamericano de Hidráulica*, São Paulo, 2004.
- [2] A. Toval, M. Flores, "Computer systems simulation in education: description of an experience", *Computers & Education*, vol. 2, n.4, pp. 293-303, 1987.

- [3] L. Otoni. Educação Tecnológica - O uso de Simuladores e as Estruturas Cognitivas. PGIE/UFRGS e CEFET-RS. Disponível em: <http://cmi.cefetr.rs.br/~ribeiro/teste.htm>, - 2004, dez., 29.
- [4] P. J. Ehrlich, *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1976.
- [5] S. Vance, A. Bosworth. (2003). Replicating reality: the power of simulations. Salt Lake City. Available: <http://www.allencomm.com/webinars/moreinfo.aspx?CourseID=8>, - 2004, nov., 12.



O. E. P. Guillermo. Natural de Treinta y Tres - Uruguai, Engenheiro Agrônomo e de Sistemas. Especialista em Informática na Educação (2005), Especialista em Tecnologias, Gerência e Segurança de Redes de Computadores (2007), títulos obtidos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Também é aluno especial de Doutorado em Informática na Educação na mesma Universidade.

Professor do CTH do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS e coordenador do Núcleo de Desenvolvimento de Material Educacional –

NUDEME do mesmo Instituto, trabalhando com desenvolvimento de aplicações Web, desenvolvimento de objetos de aprendizagem, EAD e novas tecnologias aplicadas à Educação.



L. M. R. Tarouco. Dr em Engenharia Elétrica. (USP), MSc em Ciências da Computação (UFRGS). Professora Titular da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atuando junto aos Programas de Pós-Graduação Informática na Educação e de Ciência da Computação. Vice-Diretora do CINTED - Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação e Coordenadora do curso de especialização em Informática na Educação (UFRGS).



L. A. M. Endres. O autor é natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Obteve a graduação em Engenharia Civil em 1983, mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos em 1990 e doutorado em Mecânica dos Fluidos em 1997, títulos obtidos junto à Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Atua no ensino e pesquisa de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica, desde 1984, atualmente no Departamento de Hidromecânica e Hidrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Porto Alegre / RS – Brasil. O interesse atual, no tema ensino, é buscar otimização do ensino de disciplinas da área contando com apoio de material educacional a distância e investigação do retorno de impressões dos alunos beneficiados.

Capítulo 2

PAT: Um Agente Pedagógico Animado para Interagir Afetivamente com o Aluno

Patrícia Augustin Jaques e Rosa Maria Vicari

Title— Pat: an Animated Pedagogical Agent that Interacts Affectively with the Student.

Abstract— This work presents an animated pedagogical agent, called Pat, that has the role of providing emotional support to the student: motivating and encouraging him, making him believe in his self-ability, and promoting a positive mood in him, which fosters learning. This careful support of the agent, its affective tactics, is expressed through emotional behavior and encouragement messages of the lifelike character. In order to choose appropriate pedagogical tactics, the agent should know student's emotions. The agent infers the following emotions: joy/distress, satisfaction/disappointment, anger/gratitude, and shame, from the students' observable behavior, i. e. their actions in the interface of the educational system. The inference of emotions is pedagogically ground on the OCC model. Due to the dynamic nature of information about student affective states, we adopted the BDI model to implement the affective user model, the affective diagnosis and the selection of the affective tactics. Besides, in our work, we profit from the reasoning capacity of BDI to infer student's emotions.

Keywords— Intelligent tutoring systems, Animated Pedagogical Agents, Affective Computing, Inference of Emotions

Resumo— Este trabalho apresenta um agente pedagógico animado, chamado Pat, que possui o objetivo de fornecer suporte emocional ao aluno: motivando-o e encorajando-o, fazendo-o acreditar em suas próprias habilidades e promovendo um estado de espírito mais positivo no aluno que, de acordo com psicólogos e pedagogos, é melhor para o seu aprendizado. Este suporte do agente, suas táticas afetivas, é expresso através de comportamentos emotivos e mensagens de encorajamento do personagem animado. Para escolher as táticas afetivas adequadas, o agente deve conhecer as emoções do aluno. O agente proposto infere as seguintes emoções do aluno: alegria/tristeza, satisfação/frustração, raiva/gratidão e vergonha

Este trabajo fue presentado originalmente al V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, maio 2005.

Patrícia A. Jaques is with PIPCA – University of Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo - Brazil - CEP 93022-000 (phone: +55 (51) 3591-1100 ext. 1619, fax: +55 (51) 3590-8162, e-mail: pjaques@unisinos.br).

Rosa M. Vicari is with PGIE – Federal University of Rio Grande do Sul - Av. Paulo Gama, 110 - prédio 12105 - 3º andar sala 332 90040-060 - Porto Alegre (RS) – Brasil (e-mail: rosa@inf.ufrgs.br).

a partir do comportamento observável do aluno, isto é, das ações do aluno na interface do sistema educacional. A inferência das emoções é fundamentada psicologicamente no modelo OCC. Devido a natureza dinâmica da informação sobre o estado afetivo do aluno, nós adotamos uma abordagem BDI para implementar o modelo afetivo do usuário e o diagnóstico afetivo. Além disso, em nosso trabalho nós nos beneficiamos da capacidade de raciocínio do BDI para o agente inferir as emoções do aluno.

Palavras-chave— Agentes Tutores Inteligentes, Agentes Pedagógicos Animados, Computação Afetiva, Inferência de Emoções.

I. INTRODUÇÃO

Psicólogos e pedagogos têm destacado a maneira como as emoções afetam a aprendizagem [1-3]. Segundo Piaget [3], é incontestável o papel perturbador ou acelerador da afetividade na aprendizagem. Boa parte dos alunos que são fracos em matemática falha devido a um bloqueio afetivo. Os trabalhos de Izard [4] mostram que emoções negativas induzidas no aluno mostram prejudicar o seu desempenho em tarefas cognitivas e emoções positivas possuem um efeito contrário.

Por esta razão, vários sistemas educacionais têm buscado considerar as emoções do aluno através da inferência de emoções, bem como responder emocionalmente a ele, através da geração de emoção, mostrando a riqueza presente na interação afetiva entre aluno e tutor.

Com o propósito de contribuir aos trabalhos existentes em computação afetiva aplicada à educação, nós propomos um agente pedagógico animado responsável por motivar o aluno, fornecer suporte afetivo e promover emoções positivas no aluno que são mais adequadas ao seu aprendizado [4]. Para responder apropriadamente, esse agente infere e modela as seguintes emoções do aluno: satisfação e frustração, alegria e tristeza, gratidão e raiva e vergonha. Uma importante contribuição do trabalho é se beneficiar da capacidade de raciocínio da abordagem BDI (Belief-Desire-Intention) [5] para inferir as emoções do aluno através de suas ações na interface do sistema usando um modelo psicológico cognitivo: o modelo OCC [6]. O agente raciocina sobre as ações do aluno e eventos no sistema educacional e para que emoções

esses eventos levam de acordo com os objetivos do aluno. Este trabalho se beneficia de trabalhos prévios do nosso grupo de pesquisa em BDI que resultaram na ferramenta X-BDI [7], usada na implementação.

O agente proposto se chama PAT (Pedagogical and Affective Tutor). Como um caso de estudo, esse agente é implementado como o Agente Mediador da arquitetura multiagente do ambiente de aprendizagem MACES [8]. A implementação de sistemas educacionais usando arquiteturas multiagentes tem sido um dos tópicos de estudo do nosso grupo, como mostram os trabalhos de [9, 10].

Nas próximas seções são descritas as etapas necessárias para a inferência das emoções do aluno e concepção do agente pedagógico animado.

II. QUAL MECANISMO UTILIZADO PARA RECONHECER AS EMOÇÕES DO ALUNO?

A inferência das emoções do aluno é um passo necessário para adaptar este sistema a sua afetividade. Por exemplo, se o aluno está frustrado com o seu desempenho, ele irá provavelmente desistir de continuar realizando as atividades educacionais propostas. O agente precisa saber que emoções o aluno está sentindo em um dado momento para poder encorajá-lo a continuar suas atividades.

Para poder inferir as emoções do aluno, o agente proposto possui um sensor (software) responsável por identificar as emoções do aluno e armazena estas informações em um modelo afetivo do aluno.

As emoções do aluno podem ser inferidas por vários mecanismos que estão aptos a detectar emoções por voz, expressões faciais, tensão muscular (eletromiograma), condutividade da pele, respiração e pelo seu comportamento observável. Pat infere as emoções do aluno pelo seu comportamento observável, isto é, pelas ações do aluno na interface do sistema. São exemplos de comportamentos observáveis: tempo de execução de uma atividade, sucesso ou falha na execução de um exercício e pedido de ajuda. Nós escolhemos este método porque ele é a forma mais acessível atualmente para o aluno interagir com o sistema. As pessoas podem se sentir desconfortáveis com outros mecanismos, como video-câmeras, e isso pode interferir no reconhecimento. Além disso, equipamentos para reconhecimento de emoções do usuário são bastante caros e de difícil utilização. Esta abordagem foi também usada por outros grupos de pesquisa, como mostram os trabalhos de Vicente e Pain [11] e Martinho [12].

III. COMO RECONHECER AS EMOÇÕES DO ALUNO?

Como o agente proposto reconhece as emoções do aluno pelo seu comportamento observável, precisamos de uma teoria psicológica que fundamente. A abordagem cognitiva das emoções é adequada, pois ela considera que as emoções são disparadas por uma avaliação cognitiva (chamada *appraisal*) que um indivíduo faz baseado nos estímulos do mundo e no seu comportamento [13, 14]. Em especial, nós utilizamos o

modelo OCC [6] que é baseado na abordagem cognitiva das emoções e é possível de ser implementado computacionalmente, já que ele fornece informações de como construir uma interpretação de uma situação do ponto de vista do usuário e para qual emoção esta interpretação nos leva.

O modelo OCC nos permite inferir até 22 emoções (tais como alegre por outra pessoa, ressentido, alegre com a infelicidade de outra pessoa, piedade, esperança, entre outras). Neste trabalho, nós reconhecemos e modelamos as emoções satisfação e frustração, alegria e tristeza, gratidão e raiva e vergonha.

Segundo o modelo OCC, as emoções **alegria e tristeza** surgem quando uma pessoa foca na desejabilidade de um evento de acordo com os seus objetivos. O modelo OCC define que alegria ocorre quando uma pessoa está agradada com um evento desejável e tristeza quando está desagradada com o evento indesejável. Por exemplo, para um aluno que tem como objetivo agradar ao professor e aos seus pais, obter uma boa nota é um evento desejável e irá, provavelmente, disparar a emoção alegria. As emoções **satisfação e frustração** surgem quando uma pessoa tem a confirmação da realização (satisfação) ou confirmação de não realização (frustração) de um evento desejável que esperava que pudesse se realizar. As emoções **gratidão e raiva** são disparadas quando uma pessoa avalia as ações de outra em relação à interferência na realização de seus objetivos. Uma pessoa possui **gratidão** em relação a outra quando avalia que a ação da outra pessoa foi boa e teve consequência positiva para si. **Raiva** surge quando a ação de alguém é avaliada como censurável e tendo ainda uma consequência negativa para si. Se a ação avaliada é a própria ação, emoções como vergonha ou orgulho podem ser disparadas. **Orgulho** surge quando uma pessoa aprova sua própria ação e **vergonha** em caso contrário.

Então, para reconhecer as emoções, tristeza e alegria por exemplo, é necessário verificar quando um evento do ambiente educacional é desejável ou indesejável (de acordo com os objetivos do aluno) e quando o aluno está agradado porque este evento desejável aconteceu ou desagradado porque um evento indesejável aconteceu. Desta maneira, precisamos definir (1) os *eventos* que podem acontecer no ambiente educacional, (2) os *objetivos do aluno* (para saber se os eventos são desejáveis ou não) e a (3) *desejabilidade dos eventos* (de acordo com os objetivos do aluno) para inferir as emoções do aluno. Nas próximas seções, descrevemos esses passos.

A. Determinando os Eventos do Ambiente Educacional

O modelo OCC diz, por exemplo, que as emoções **alegria e tristeza** são disparadas quando eventos do mundo são avaliados de acordo com a sua desejabilidade em relação aos objetivos do aluno. Assim, um primeiro passo é determinar os eventos do ambiente educacional. Em um ambiente educacional, os eventos do mundo são as situações que podem ocorrer como, por exemplo, aluno realizar um exercício com

sucesso, falhar, pedir ajuda ou negar ajuda, entre outros. Neste trabalho nós escolhemos um número limitado de eventos, mas que nos são suficientes para validar a nossa proposta. Nas Tabelas I e II podemos ver os eventos que ocorrem no ambiente MACES e que são analisados neste trabalho.

TABELA I
EVENTOS QUE PODEM DISPARAR AS EMOÇÕES SATISFAÇÃO/FRUSTRAÇÃO E ALEGRIA/TRISTEZA.

S E Ç Ã O	Aluno inicia seção (login)			
	Conteúdo Pedagógico	Iniciar conteúdo pedagógico (pode ser formado por muitos capítulos)		
		Novo capítulo	Conteúdo Exemplos	Correto
			Exercícios	Respostas
		Finalizar capítulo	Aluno não o iniciou Aluno não o realizou	
	Aluno não o finalizou			
Finalizar Conteúdo Pedagógico	Aluno não o iniciou Aluno não o realizou Aluno não o finalizou			
Finalizar seção (logout)				

Na Tabela I podemos visualizar os eventos que podem disparar as emoções satisfação, frustração, alegria e tristeza. O conteúdo pedagógico é formado por vários itens pedagógicos, por exemplo, um capítulo ou uma seção. Cada capítulo (ou outro item) é composto de um conteúdo pedagógico, exemplos e exercícios. Eles são escolhidos pelo Agente de Diagnóstico¹. Em cada capítulo, o aluno solicita ao agente para ir ao próximo capítulo ou retornar ao anterior.

A Tabela II mostra os eventos no ambiente educacional que são causados pelo agente e pelo próprio aluno. Quando estes eventos são avaliados pelo aluno, eles podem disparar emoções de raiva ou gratidão em relação ao agente que os causou, neste caso, Pat. Os eventos causados pelo próprio aluno podem disparar a emoção vergonha.

O aluno pode pedir ajuda ou o agente pode decidir oferecer ajuda ao aluno. Esta ajuda pode ser do tipo específica ou genérica. Uma ajuda genérica fornece exemplos, fórmulas e explicações para um conteúdo pedagógico. A ajuda específica mostra como realizar um exercício. O aluno pode negar a ajuda do agente, mas o agente sempre fornece ajuda quando o aluno a solicita.

Como o agente é um agente animado com voz artificial, ele pode apresentar comportamentos animados e mensagens de encorajamento ao aluno.

O sistema está disponível na Internet, desta maneira o aluno deve se logar toda vez que desejar acessá-lo.

¹ O agente de Diagnóstico é um outro agente que compõe a arquitetura multiagente do ambiente educacional onde Pat está inserida: MACES (Andrade et al., 2001). Ele tem o objetivo de realizar o diagnóstico cognitivo e escolher as táticas de *scaffold*.

TABELA II
EVENTOS QUE PODEM DISPARAR AS EMOÇÕES RAIVA, GRATIDÃO E VERGONHA.

A G E N T E	Ajuda	Agente oferece ajuda	Aluno nega ajuda do agente
			Aluno aceita
			Ajuda Específica Ajuda Genérica
		Aluno pede ajuda	Ajuda Específica Ajuda Genérica
	Mensagem	Agente apresenta uma mensagem de encorajamento ou de motivação ao aluno	
	Comportamento	Agente apresenta uma sequência de animações. Este comportamento é usualmente apresentado juntamente com uma mensagem.	

B. Objetivos do Aluno

Numa primeira etapa do trabalho, determinamos os eventos que contribuem para a geração de emoções no aluno. Uma segunda etapa é determinar os objetivos do aluno a fim de sabermos se os eventos são desejáveis de acordo com estes objetivos e quando o aluno está agradado/desagradado com a ocorrência ou não destes eventos.

De acordo com Ames [15], os alunos podem ter objetivos orientados à **aprendizagem** ou ao **desempenho** que são razões pelas quais eles se engajam no seu aprendizado.

Alunos que têm **objetivo de aprendizagem** são orientados a desenvolver novas habilidades, tentar entender seu trabalho, aperfeiçoar o seu nível e competência e aprender novas coisas. Estes indivíduos tentam fazer mais esforços para aprender algo novo ou quando se defrontam com tarefas desafiantes. Quando eles enfrentam dificuldades, eles aumentam os seus esforços porque acreditam que o esforço é necessário para o sucesso. Eles são chamados também de motivados intrinsecamente.

Os alunos que possuem **objetivos de desempenho** acreditam que o desempenho é importante e eles querem mostrar que tem capacidade. Eles sentem que obtiveram sucesso quando agradam o professor ou pais ou quando se saem melhores que seus colegas, ao invés de quando aprenderam algo novo. Quando enfrentam dificuldades, eles não aumentam os seus esforços porque isso significa falta de capacidade para eles. Eles também são conhecidos como motivados extrinsecamente.

A orientação motivacional do aluno (extrínseco e intrínseco) é determinada pelo questionário MSLQ [16] que é aplicado no início da utilização do sistema pelo aluno.

C. Desejabilidade dos Eventos

Nas seções anteriores, vimos como determinar os eventos do ambiente de aprendizagem e os objetivos do aluno, mas ainda precisamos determinar a desejabilidade dos eventos para

saber que emoção é disparada. Quando um evento é desejável, ele dispara a emoção alegria; e quando é indesejável dispara a emoção tristeza.

Determinamos a **desejabilidade** (ou indesejabilidade dos eventos) baseado no que sabemos dos objetivos de alunos orientados à aprendizagem ou ao desempenho, citados por pedagogos, tais como Meece e Mccolskey [17] e Ames [15]. Quando um evento promove os objetivos do aluno, ele é desejável. Quando ele impede a concretização dos objetivos, ele é indesejável. Por exemplo, para um aluno orientado ao desempenho que tem o objetivo de agradar seus pais, fornecer uma resposta correta para um exercício é um evento desejável porque promove seu objetivo e, pela mesma razão, não fornecer uma resposta correta é um evento indesejável.

D. Intensidade das Emoções

Uma emoção tem sempre uma determinada intensidade. De acordo com o modelo OCC, a intensidade das emoções depende de algumas variáveis. A intensidade das emoções *tristeza e alegria* depende principalmente *do quanto o evento é desejável*. A intensidade das emoções *satisfação e frustração* também depende *do grau de desejabilidade de um evento*, *do esforço* realizado pelo aluno para a concretização do evento e *do grau de realização do evento*. A intensidade das emoções *gratidão e raiva* depende também *da desejabilidade do evento*. Além disso, a teoria OCC considera que há outros fatores globais (que afetam todas as emoções do modelo OCC) que também devem ser considerados, tais como *quanto o evento é inesperado* (coisas boas inesperadas são avaliadas mais positivamente que as esperadas).

O *grau de desejabilidade de um evento* pode ser medido através da informação que temos sobre alunos orientados a performance ou a aprendizagem. Por exemplo, sabemos que alunos orientados a aprendizagem desejam mais fortemente obter uma nota alta. Para medir o *esforço do aluno*, nós usamos o modelo de esforço de del Soldato [18]. O esforço do aluno é inferido através da sua persistência na realização de atividades e nos pedidos de ajuda e pode ter um dos seguintes graus: mínimo, pouco, médio, grande e máximo. A *variável realização* pode também ser considerada. Por exemplo, quando um aluno motivado extrinsecamente deseja obter uma nota ótima para agradar o professor, se ele obter uma nota não tão boa, ele alcança parcialmente o seu objetivo. Para alunos orientados ao desempenho que sempre recebem uma nota mediana, receber uma nota máxima é um evento muito inesperado e por isso dispara emoção satisfação com maior intensidade.

Devido a complexidade de determinar a intensidade das emoções através de alguns indicadores de comportamento observável do aluno, a versão corrente do protótipo identifica somente dois graus de intensidade: médio e alto. Mas, a fim de determinar as emoções disparadas e sua intensidade com maior precisão, o sistema prevê a inserção de sensores fisiológicos, tais como sensores que medem a condutividade da pele e os batimentos cardíacos.

IV. AS EMOÇÕES DO ALUNO

A Tabela III mostra as emoções que são disparadas, para cada evento, para os alunos que têm objetivo orientado à aprendizagem e a Tabela IV apresenta as emoções que são disparadas quando o aluno possui objetivo orientado ao desempenho. Na coluna "eventos" nós apresentamos os eventos que podem acontecer. Uma vez que nós sabemos os objetivos e os eventos, podemos determinar a desejabilidade do evento. Este processo é necessário para inferir o *appraisal* do aluno, isto é a avaliação cognitiva que dispara as emoções. Cada evento é classificado como desejável (marcado com um D na tabela), indesejável (marcado com um U), ou com nenhuma reação à situação (marcada com um N) na coluna "desejabilidade do evento". Algumas vezes, a fim de determinar se um evento é desejável ou não, o agente necessita fazer perguntas ao aluno ou acessar outro tipo de informação (por exemplo, o esforço do aluno). Estas perguntas são apresentadas na coluna "perguntas do agente". Na coluna "respostas do aluno", as respostas possíveis dadas pelo aluno são apresentadas. A coluna "variáveis de intensidade" descreve as variáveis que afetam a intensidade de cada emoção e, finalmente, a coluna "emoções" apresenta as emoções disparadas. As emoções podem ser tristeza ou alegria, frustração (marcado com Frustr) ou satisfação (marcada com Satisf), gratidão ou raiva, e vergonha.

Ainda, para as emoções satisfação e frustração, é necessário saber quando o evento é esperado se realizar ou não. A maioria dos eventos educacionais pode disparar emoções de satisfação e frustração porque são esperados. Por exemplo, quando o aluno realiza um exercício, ele espera obter uma boa nota ou não. Quando o aluno está agradado, em intensidade suficiente, porque um evento desejável e previsto aconteceu, ele sente a emoção satisfação. Quando está desagradado porque o evento desejável não aconteceu, ele tem a emoção frustração. Às vezes, o aluno pode ver um evento indesejável como um evento desejável e previsto que não aconteceu. Este é o exemplo do evento "o aluno não forneceu uma resposta correta para um exercício". Se o evento "fornecer uma resposta correta para o exercício" for um evento muito desejável e previsto, o aluno pode interpretar o evento "o aluno não forneceu uma resposta correta para um exercício" como um evento desejável que não aconteceu e assim é disparada a emoção frustração. As emoções do aluno que são disparadas para cada evento são mostradas na coluna "emoções".

A satisfação e a frustração, a alegria e a tristeza, e as emoções da raiva e gratidão têm valência opostas. O aluno não pode experimentar frustração e satisfação ao mesmo tempo. Desta maneira, quando o aluno tem a emoção frustração, a emoção de satisfação morre. Como o agente tem como objetivo promover um estado de espírito positivo no aluno, ele age a fim de cancelar as emoções negativas do aluno. Assim, nós consideramos que as intervenções do agente sempre anulam as emoções negativas do aluno.

E. Emoções Disparadas quando o Aluno Possui Objetivo Orientado à Aprendizagem

Os eventos 1, 2 e 3, mostrados na Tabela III, dizem respeito à realização das tarefas pelos alunos que têm objetivo orientado à aprendizagem. Se o aluno realizar a tarefa incorretamente ou não a terminar (eventos 1 e 3), é necessário saber se é importante para ele aprender sobre o assunto pedagógico relacionado à tarefa, já que os alunos orientados à aprendizagem são motivados a aprender aqueles assuntos que eles acham interessantes. Se possuir o objetivo de aprender esse assunto, o evento é indesejável. Quando o evento é indesejável, as emoções disparadas são tristeza e frustração. A intensidade destas emoções depende do *grau de realização* do evento, do *grau de expectativa* de que o evento aconteça, e

também da *desejabilidade* evento. A variável de realização pode ser determinada pela nota obtida pelo aluno no exercício. O grau de realização é mais elevado, se a resposta for 70% incorreta, do que quando a resposta for 50% incorreta e, assim, o aluno fica mais frustrado na primeira situação. Nós consideramos que o grau de realização é mais forte para as respostas em que o grau de incorreção é superior a 50%. O grau de não expectativa pode ser medido pelo desempenho real do aluno. O evento "não fornecer uma resposta correta para um exercício" é mais inesperado quando o aluno está tendo um desempenho excelente. Nós consideramos que quando uma ou mais destas variáveis têm um grau mais elevado, uma emoção com uma intensidade mais elevada é disparada (marcado com um ++).

TABELA III
EMOÇÕES DISPARADAS QUANDO O ALUNO POSSUI OBJETIVO ORIENTADO À APRENDIZAGEM

Aluno possui Objetivo orientado à Aprendizagem						
Objetivo do Aluno: aprender o conteúdo						
Evento		Questões do Agente	Resp. Alun	Desejab. Evento	Variáveis de Intensidade	Emoções do Aluno
1	Aluno forneceu uma resposta incorreta para o exercício	perguntar ao aluno se é importante para ele aprender o conteúdo relacionado a tarefa.	Sim	U	realização não expectativa	Tristeza/Frust
			Não	N		NE
2	Aluno forneceu uma resposta correta para o exercício	esforço	Alto	D	realização não expectativa	Alegria/Satisf++
			Baixo	D		Alegria/Satisf
3	Aluno não realizou a atividade	perguntar ao aluno se é importante para ele aprender o conteúdo relacionado a tarefa.	Sim	U	realização não expectativa	Tristeza/Frust
			Não	N		NE
4	Aluno desistiu de seguir o capítulo	perguntar ao aluno se é importante para ele aprender o conteúdo relacionado a tarefa.	Sim	U	realização não expectativa	Tristeza/Frust
			Não	N		NE
5	Aluno finalizou o capítulo			D	realização não expectativa	Alegria/Satisf
6	Aluno pediu ajuda			N		NE
7	Após ajuda do agente	perguntar ao aluno se “a ajuda foi adequada”	Sim	D		Gratidão
			Não	U		Raiva
8	Aluno negou ajuda do agente	perguntar ao aluno se o agente está o incomodando	Sim	U		Raiva
			Não	N		NE
9	Aluno aceitou ajuda do agente			D		Gratidão
10	Aluno desabilitou o agente			U		Raiva
11	Aluno habilitou o agente			D		Gratidão

Se o aluno realizou a tarefa corretamente, que é um evento desejável, é importante saber se ele fez um esforço elevado (evento 2). Os alunos com objetivo de aprendizagem tornam-se mais satisfeitos com os resultados bons obtidos nas tarefas que fizeram mais esforços. O grau de realização e de não-expectativa interfere também. É necessário verificar a nota obtida (se elevada, é mais alta a intensidade das emoções satisfação/alegria) e a não expectativa (se o aluno obtém sempre notas boas).

Um assunto pedagógico é composto de capítulos (seções do estudo). Se o aluno terminar o capítulo (evento 5), quando fez todas as tarefas e seguiu todo o índice apresentado, o evento é desejável e dispara emoções de satisfação/alegria. Se ele

desistiu ou não obteve uma nota boa (o evento 4), o evento é indesejável. Neste caso é também necessário verificar o grau de realização (nota) e a não expectativa do evento. O grau de desejabilidade pode também ser medido pela interferência deste evento na nota final do curso.

Quando o aluno pede ajuda (evento 7), é importante saber se a ajuda foi adequada para o aluno, assim nós temos um evento desejável, caso contrário o evento é indesejável. O ato de pedir ajuda (o evento 6) é um evento sem reação afetiva para o aluno orientado à aprendizagem.

Se o aluno aceitar a ajuda do agente (evento 9), a proposta é um evento desejável e o aluno tem a emoção gratidão. Quando o aluno negar a proposta de ajuda do agente (evento 8), não há

reação afetiva. Mas, se o agente oferecer ajuda muitas vezes e o aluno não a necessitar, o agente pode estar perturbando o aluno. Assim, este evento transforma-se em um evento indesejável e o aluno sente a emoção raiva.

Se o aluno desabilitar o personagem PAT (evento 10), isso significa que a presença do personagem é indesejável e que o aluno tem raiva do agente. Quando o aluno habilita o personagem (evento 11), as ações do agente são desejáveis porque o aluno pensa que o agente é útil e que pode o ajudar. Neste último caso, o aluno sente a emoção gratidão. Note que nestas últimas situações (eventos 6 a 11), o aluno foca no personagem como um agente dos eventos e neste caso ele têm emoções relacionadas ao julgamento de ações de uma pessoa (raiva e gratidão).

F. Emoções Disparadas quando o Aluno Possui Objetivo Orientado ao Desempenho

A Tabela IV trata das emoções para os alunos que têm objetivo orientado ao desempenho. Para um aluno orientado ao desempenho, o evento "não realizou a tarefa corretamente ou não a terminou" é indesejável (eventos 1 e 3) e dispara as emoções tristeza e frustração. Estes eventos são mais indesejáveis se o aluno realizou um esforço maior e disparam assim emoções com intensidade mais elevada. Se ele realizou a tarefa corretamente, é importante saber se fez esforços (evento 2). Os alunos orientados ao desempenho tornam-se mais satisfeitos pelos bons resultados obtidos nas tarefas em que fizeram menos esforço porque implica em habilidade elevada [17]. Mas, se ele fez esforços, ele espera mais fortemente ter sucesso e, então, o evento dispara uma emoção de intensidade mais elevada, caso isso não aconteça.

Se o aluno terminar o capítulo com sucesso (evento 5), o evento é desejável e a emoção disparada é alegria/satisfação.

Se o aluno terminar o capítulo sem sucesso ou desistir (evento 4), o evento é indesejável e dispara emoções de tristeza/frustração. A intensidade da emoção depende da variável de realização. Quanto mais elevada a nota, mais elevado o nível de realização e, conseqüentemente, (mais elevada) a intensidade da emoção positiva. Diferentemente, se

a emoção for negativa, a intensidade é mais elevada quando o aluno obtém uma nota mais baixa. A variável esforço afeta também a intensidade da emoção. O esforço elevado implica que a intensidade da emoção é mais elevada. A variável não expectativa interfere também na intensidade da emoção. O grau de não expectativa pode ser medido pelo desempenho do aluno. O evento "aluno forneceu uma resposta incorreta para um exercício" é menos esperado quando o aluno está tendo um desempenho excelente. Nós consideramos que quando uma ou mais destas variáveis têm um grau mais elevado, uma emoção com uma intensidade mais elevada é disparada.

Quando o aluno pede ajuda (evento 6), é importante perguntar ao aluno se ele se sente desconfortável ao fazê-lo. Pedir ajuda pode significar para o aluno orientado ao desempenho que ele não é capaz de poder realizar a tarefa sozinho. Se o aluno responder que se sente confortável, não há nenhuma reação afetiva. Se ele se sentir desconfortável, significa que ele desaprova sua atitude de mostrar a Pat que ele não pode realizar as atividades sozinho, e então ele sente vergonha. Se a ajuda não for apropriada (evento 7), o aluno está desagradado, já que o objetivo de receber uma ajuda apropriada pelo agente não se realizou. Neste caso o aluno sente raiva.

Quando o aluno não aceita a ajuda do agente (evento 8), é também importante saber se o aluno está desconfortável com a ajuda e se o agente o está perturbando. Se ele se sente confortável, não é disparada nenhuma emoção, mas se ele se sentir incomodado, o evento é indesejável e o aluno torna-se irritado com o agente, já que o agente oferecer ajuda pode significar ao aluno que o agente está sugerindo que ele não pode realizar a tarefa sozinho. Se o agente estiver perturbando o aluno, o aluno torna-se também irritado com o agente.

Se o aluno aceitar a ajuda do agente (o evento 9), o aluno sente gratidão porque a ajuda do agente foi útil para ele. Se o aluno desabilitar o personagem PAT (evento 10), significa que ele está irritado com o personagem, e porque ele teme o que o agente pode estar "pensando" sobre o seu desempenho. Quando o aluno habilita o personagem (evento 11), ele sente gratidão em relação às ações do agente, e pensa que pode confiar no agente, que ele é engraçado e que pode o ajudar.

TABELA IV
EMOÇÕES DISPARADAS QUANDO O ALUNO POSSUI OBJETIVO ORIENTADO AO DESEMPENHO

Aluno possui Objetivo orientado ao Desempenho					
Objetivo do Aluno: ter sucesso e obter recompensa					
Evento	Questões do Agente	Resp. Alun	Desejab. Evento	Variáveis de Intensidade	Emoções do Aluno
1	Aluno forneceu uma resposta incorreta para o exercício		U	Realização não expectativa esforço indesejabilidade	Tristeza/Frust
			N		NE
2	Aluno forneceu uma resposta correta para o exercício		D	Realização não expectativa esforço indesejabilidade	Alegria/Satisf++
			D		Alegria/Satisf
3	Aluno não realizou a		U	Realização	Tristeza/Frust

	atividade			N	não expectativa esforço indesejabilidade	NE
4	Aluno desistiu de seguir o capítulo		sim	U		Tristeza/Frust
			não	N	Realização não expectativa esforço indesejabilidade	NE
5	Aluno finalizou o capítulo			D	Realização não expectativa esforço indesejabilidade	Alegria/Satisf
6	Aluno pediu ajuda	o aluno se sente desconfortável por pedir ajuda	sim	U	Desprezabilidade	NE
			não	N		
7	Após ajuda do agente	a ajuda foi apropriada	sim	D		Gratidão
			não	U	Indesejabilidade Desprezabilidade	Raiva
8	Aluno negou ajuda do agente	o aluno se sente desconfortável pelo agente oferecer ajuda e se o agente o está incomodando	sim	U	Indesejabilidade Desprezabilidade	Raiva
			não	N		NE
9	Aluno aceitou ajuda do agente			D	Desejabilidade Merecimento	Gratidão
10	Aluno desabilitou o agente			U	Indesejabilidade Desprezabilidade	Raiva
11	Aluno habilitou o agente			D	Desejabilidade Merecimento	Gratidão

V. TÁTICAS AFETIVAS DE APRENDIZAGEM

As táticas afetivas são determinadas de acordo com as emoções do aluno, o evento que aconteceu (por exemplo, aluno forneceu uma resposta errada para o exercício) e sua orientação motivacional (orientado ao desempenho ou à aprendizagem). A Figura 1 ilustra os fatores que determinam a seleção das táticas afetivas.

um comportamento físico (o que o agente faz) de Pat. Por exemplo, quando o aluno orientado ao desempenho está alegre e satisfeito porque forneceu uma resposta correta ao exercício, Pat apresenta a tática “congratula-aluno”. Essa tática é composta pelo comportamento verbal do tipo “congratulação” e o comportamento físico do tipo “congratulação”.

As siglas CV e CF na tabela representam:

CV = comportamento verbal (o que o agente fala)

CF = comportamento físico (o que o agente faz)

Tabela V mostra as táticas afetivas. Cada tática afetiva é composta de um comportamento verbal (o que o agente fala) e

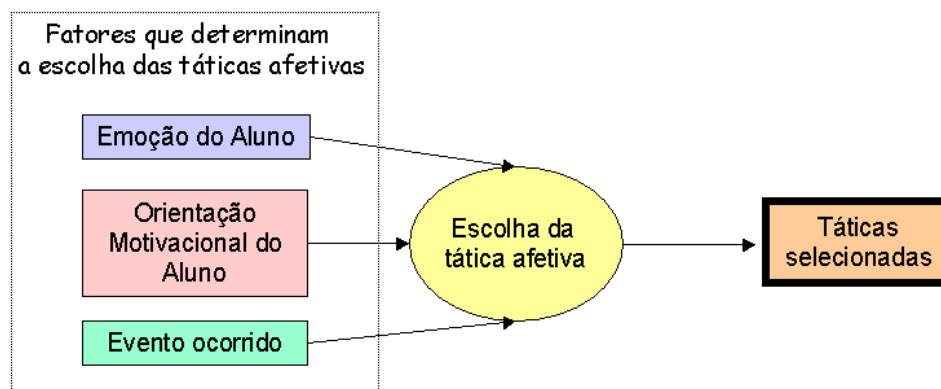


FIGURA 1: FATORES QUE DETERMINAM A ESCOLHA DAS TÁTICAS AFETIVAS.

TABELA V
TÁTICAS AFETIVAS DE APRENDIZAGEM

Evento	Motivação Intrínseca (Objetivos de Aprendizagem)	Motivação Extrínseca (Objetivos de Desempenho)
1) Aluno forneceu uma resposta incorreta para o exercício	Tristeza/Frustração: 1) Reconhece-esforço-aluno CV: Reconhece-esforço-aluno CF: Empático 2) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Fala NE: Agente aplica tática sugerida pelo Agente de Diagnóstico	Tristeza/Frustração: 1) Aumenta-auto-eficácia-aluno CV: Aumenta-auto-eficácia-aluno CF: Encorajamento 2) Aumenta-esforço-aluno CV: Aumenta-esforço-aluno CF: Fala 3) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Dá-ajuda
2) Aluno forneceu uma resposta correta para o exercício	Alegria/Satisfação: 1) Congratula-aluno CF: Congratulação (moderada) CV: Congratulação (moderada) 2) Mostra-aluno-novas-habilidades-adquiridas CV: Nova-habilidade CF: Nova-habilidade	Alegria/Satisfação: 1) Congratula-aluno CF: Congratulação CV: Congratulação
3) Aluno não realizou a atividade	Tristeza/Frustração: 1) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Encorajamento 2) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Dá-ajuda NE: 1) Mostra-aluno-novas-habilidades-adquiridas CV: Nova-habilidade CF: Nova-habilidade 2) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Dá-ajuda	Tristeza/Frustração: 1) Aumenta-auto-eficácia-aluno CV: Aumenta-auto-eficácia-aluno CF: Encorajamento 2) Aumenta-esforço-aluno CV: Aumenta-esforço-aluno CF: Fala
4) Aluno desistiu de seguir o capítulo	NE: 1) Mostra-curiosidade-sobre-assunto CV: Mostra-curiosidade CF: Mostra-curiosidade Tristeza/Frustração: 1) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Fala 2) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Dá-ajuda	NE: Se (esforço-aluno != alto) 1) Aumenta-esforço-aluno CV: Aumenta-esforço-aluno CF: Encorajamento. Senão 1) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Encorajamento Tristeza/Frustração: Se (esforço-aluno != alto) 1) Aumenta-auto-eficácia-aluno CV: Aumenta-auto-eficácia-aluno CF: Encorajamento 2) Aumenta-esforço-aluno CV: Aumenta-esforço-aluno CF: Fala Senão se (esforço-aluno == alto) 1) Aumenta-auto-eficácia-aluno CV: Aumenta-auto-eficácia-aluno CF: Encorajamento 2) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Fala

5) Aluno finalizou o capítulo	Alegria/Satisfação: 1) Congratula-aluno CF: Congratulação CV: Congratulação	Alegria/Satisfação: 1) Congratula-aluno CF: Congratulação CV: Congratulação
6) Aluno pediu ajuda	NE: 1) Dá-ajuda CV: Dá-ajuda CF: Dá-ajuda	Vergonha: 1) Explica-importância-ajuda CV: Explica-importância-ajuda CF: Empático 2) Dá-ajuda CV: Dá-ajuda CF: Dá-ajuda NE: 1) Dá-ajuda CV: Dá-ajuda CF: Dá-ajuda
7) Após ajuda do agente	Raiva: 1) Agente-está-triste-por-não-ajudar CV: Triste-por-não-ajudar. CF: Triste. 2) Informa ao Agente de Diagnóstico que a ajuda não foi apropriada Gratidão: 1) Agente-está-alegre-por-ajudar-student CV: Alegre-por-ajudar CF: Alegre-por	Raiva: 1) Agente-está-triste-por-não-ajudar CV: Triste-por-não-ajudar. CF: Triste. 2) Informa ao Agente de Diagnóstico que a ajuda não foi apropriada NE: 1) Agente-está-alegre-por-ajudar-student CV: Alegre-por-ajudar CF: Alegre-por
8) Aluno negou ajuda do agente	Raiva: <i>se (agente_está_atrapalhando)</i> 1) Triste-por-atrapalhar CV: Triste-por-atrapalhar CF: Triste	Raiva: <i>se (agente_está_atrapalhando)</i> 1) Triste-por-atrapalhar CV: Triste-por-atrapalhar CF: Triste <i>senão se (aluno_sente_descnfortável)</i> 1) Explica-importância-ajuda CV: Explica-importância-ajuda CF: Empático 2) Oferece-ajuda CV: Oferece-ajuda CF: Dá-ajuda
9) Aluno aceitou ajuda do agente	Gratidade: 1) Dá-ajuda CV: Dá-ajuda CF: Dá-ajuda	Gratidade: 1) Dá-ajuda CV: Dá-ajuda CF: Dá-ajuda
10) Aluno desabilitou o agente	Raiva: 1) Aluno-desabilita-agente CV: Aluno-desabilita-agente CF: Triste	Raiva: 1) Aluno-desabilita-agente CV: Aluno-desabilita-agente CF: Triste
11) Aluno habilitou o agente	Gratidade: 1) Aluno-habilita-agente CV: Aluno-habilita-agente CF: Alegre-por	Gratidade: 1) Aluno-habilita-agente CV: Aluno-habilita-agente CF: Alegre-por
12) Enquanto o aluno está realizando uma atividade	1) Agente-observa-aluno CV: Agente-observa-aluno CF: Agente-observa-aluno 2) Mostra-curiosidade-sobre-assunto CV: Mostra-curiosidade CF: Mostra-curiosidade	1) Agente-observa-aluno VB : Agente-observa-aluno PV : Agente-observa-aluno 2) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Fala
13) Aluno fez grande esforço para uma atividade	1) Reconhece-esforço-aluno CV: Reconhece-esforço-aluno CF: Empático	1) Reconhece-esforço-aluno CV: Reconhece-esforço-aluno CF: Reconhece-esforço-aluno 2) Encoraja-aluno CV: Encorajamento CF: Fala
14) Aluno é ocioso	1) Aluno-ocioso	1) Aluno-ocioso

CV: Ocioso. CF: Ocioso. 2) Mostra-curiosidade-sobre-assunto CV: Mostra-curiosidade CF: Mostra-curiosidade	CV: Ocioso CF: Ocioso 2) Aumenta-esforço-aluno CV: Aumenta-esforço-aluno CF: Fala
--	--

Quando o aluno que possui orientação intrínseca se sente frustrado porque ele não realizou a tarefa corretamente (evento 1), o agente apresenta uma expressão facial empática mostrando que ele entende as dificuldades que o aluno está tendo. Como o aluno intrínseco geralmente faz grandes esforços, o agente oferece uma ajuda ao aluno. O tipo da ajuda (específica ou genérica) é fornecido pelo Agente de Diagnóstico. O aluno que possui motivação extrínseca sente que ele não é capaz de realizar a atividade proposta quando ele falha. Geralmente não faz muitos esforços quando tem dificuldades porque realizar mais esforços significa falta de competência para ele. O agente apresenta uma mensagem para aumentar as crenças do aluno sobre a sua competência e diz para o aluno que ele é capaz de realizar a tarefa com um pouco mais de esforço. A idéia é mostrar para o aluno com motivação extrínseca que se ele não teve sucesso na atividade, isso não significa falta de competência, mas que ele pode obter resultados melhores com mais esforço.

Quando o aluno que tem motivação intrínseca está satisfeito porque ele cumpriu uma tarefa que lhe interessava com sucesso (evento 2), o tutor mostra qual a nova habilidade que foi adquirida, uma vez que o aluno está motivado para aprender novas coisas. O aluno que tem motivação extrínseca sempre está satisfeito pelo sucesso nas tarefas, uma vez que ele pensa que isto comprova a sua competência. Nestes casos, o agente o parabeniza fortemente por seu desempenho a fim de manter a sua motivação, desde que tais alunos precisam da aprovação de seu tutor.

Uma vez que alunos que têm orientação intrínseca usualmente fazem grandes esforços, o fato de eles não cumprirem uma tarefa (evento 3) não significa falta de esforço, mas uma dificuldade para efetuá-la. Por isso o tutor apresenta uma mensagem de incentivo para que o aluno continue se empenhando, bem como uma ajuda para auxiliar o aluno a superar suas dificuldades. Quando um aluno intrinsecamente motivado está emocionalmente indiferente (ele não está nem satisfeito nem desmotivado, pois acredita que o tema não é importante nem interessante), o tutor lhe apresenta a nova habilidade que poderá adquirir com o tal tema para motivá-lo, bem como uma ajuda específica para lhe ajudar a continuar na solução do problema. O aluno orientado ao desempenho se decepçiona quando não termina uma tarefa, pois avalia isso como uma falta de competência. Nesse caso o agente apresenta uma mensagem com a finalidade de aumentar a sua auto-eficácia (a imagem que ele tem de si próprio, de suas competências), uma vez que as crenças do aluno que dizem respeito a sua competência diminuíram com o fracasso. O tutor também tenta incentivar o aluno a fazer mais esforço, pois estes alunos se esforçam menos, já que associam esforço à falta de competência da parte deles. Caso o aluno não esteja decepçionado, é que ele não achou o assunto

interessante; neste caso o agente destaca as curiosidades do assunto. Brewster e Farger [19] sugerem que apresentar as curiosidades de um assunto que sejam relevantes à vida do aluno é uma tática eficiente para motivá-lo.

Quando um aluno intrínseco desiste de finalizar um capítulo (evento 4), se ele está emocionalmente indiferente, isso significa que ele não está interessado no tema relacionado ao assunto e, nesse caso, o agente apresenta algumas curiosidades sobre o assunto para motivá-lo. Se ele está frustrado, o agente o encoraja a continuar tentando e oferece uma ajuda. Se o aluno extrínseco realizou grande esforço, o agente o encoraja a continuar se esforçando, caso contrário o agente o estimula a se esforçar mais.

Quando os alunos (extrínsecos e intrínsecos) estão contentes porque finalizaram um capítulo com sucesso (evento 5), o agente os congratula.

Quando um aluno pede ajuda (evento 6), o agente oferece ajuda. Se o aluno extrínseco está com vergonha de pedir ajuda porque para ele isso significa falta de competência, o agente explica a importância da ajuda, além de oferecer ajuda.

Após a ajuda (evento 7), se o aluno está com raiva porque a ajuda não foi eficiente, o agente mostra uma mensagem explicando que sente por não ajudar. Se a ajuda foi eficiente o agente diz que está feliz por ajudar.

Se o aluno nega ajuda do agente (evento 8) e ele está com raiva porque o agente o está incomodando, o agente se desculpa por atrapalhar o aluno. Caso o aluno extrínseco está com vergonha e nega ajuda porque se sente desconfortável ao aceitá-la, o agente explica a importância da ajuda e oferece ajuda ao aluno novamente.

Caso o aluno aceita ajuda do agente (evento 9), o agente fornece a ajuda.

Se o aluno desabilita o agente (evento 10), isso significa que ele está zangado com o agente. Neste caso, o agente apresenta uma mensagem explicando que está triste por não poder ajudar o aluno. No ambiente o aluno pode escolher não ter o acompanhamento do agente animado. O agente pergunta porque o aluno não deseja mais a sua ajuda a fim de saber como poder o ajudar melhor futuramente.

Se o aluno habilita o agente (evento 11), o agente diz para o aluno que está alegre por poder servir ao aluno novamente.

Enquanto o aluno está realizando uma tarefa (evento 12), o agente o observa. Ele pode ainda mostrar curiosidades ao aluno intrínseco para despertar o seu interesse no assunto, e encorajar o aluno extrínseco a fazer maiores esforços.

Se o aluno fez grandes esforços em uma atividade (evento 13), o agente reconhece os seus esforços e encoraja o aluno extrínseco a manter os seus esforços.

Se o aluno está algum tempo ocioso (evento 14) e é intrínseco, isso pode significar que ele não está achando o conteúdo suficientemente interessante, então nesse caso o

tutor mostra uma curiosidade sobre o assunto. Se ele é extrínseco, ele deve estar parado porque a tarefa necessita de mais esforço, assim o tutor o incentiva a fazer mais esforços.

Para cada tática, existem mais de um comportamento possível de ser exibido. Por exemplo, para a tática de congratulação (elogio) o agente pode aplaudir o aluno ou mostrar uma cena em que as pessoas o estão aplaudindo. A idéia é tornar o agente mais credível, ou seja, mais real e não tão robótico [20]. Para isso, ele deve ter um número variado

de falas e animações para uma mesma situação para que o seu comportamento não seja previsível.

VI. A ARQUITETURA DO AGENTE

Figura 2 mostra a arquitetura do Agente Medidor. A arquitetura do agente é dividida em 2 partes: o módulo Corpo (Body) e o módulo Mente (Mind).

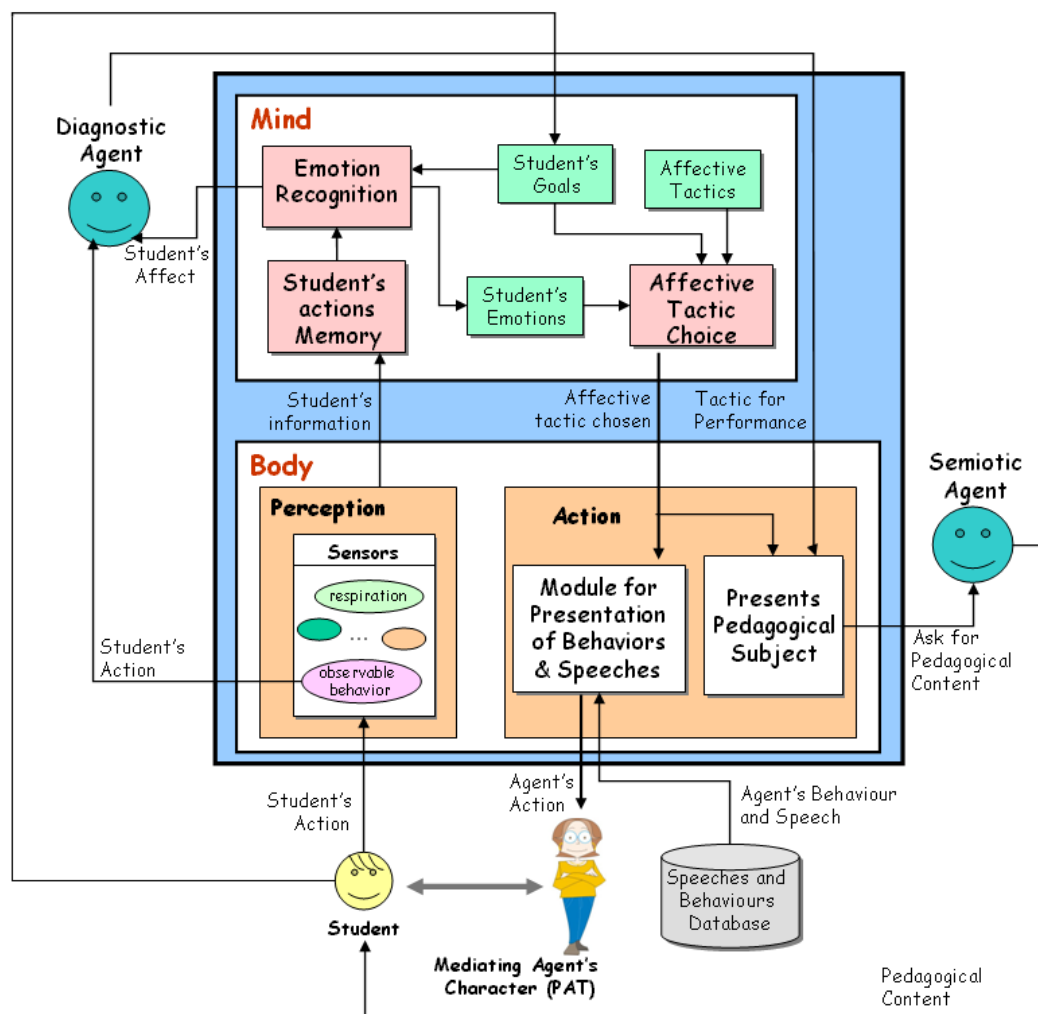


FIGURA 2: A ARQUITETURA DE PAT

O Corpo do agente é responsável por capturar as ações do aluno na interface do sistema, realizar a comunicação com os outros agentes e mostrar os comportamentos animados e mensagens escolhidos pelo módulo Mente. Este módulo foi implementado em Java².

O módulo Mente é responsável por inferir os estados afetivos do aluno a partir de seu comportamento observável e escolher as táticas pedagógicas afetivas de acordo com o modelo afetivo do aluno. Neste trabalho foi utilizada a abordagem BDI (belief-desire-intention) para a

implementação da mente do agente (responsável pela inferência das emoções do aluno e escolha das táticas afetivas) e para a implementação do modelo afetivo. A abordagem BDI é baseada em descrever o processamento interno do agente através de estados mentais (crenças, desejos e intenções) e definir a arquitetura de controle que racionalmente seleciona o curso de ações do agente (Giraffa, 1999). Para a modelagem e implementação em BDI da mente, utilizamos a ferramenta X-BDI desenvolvida em nosso grupo de pesquisa pela tese de Michael Mora [21]. A abordagem BDI foi escolhida por apresentar algumas vantagens: permite a implementação em uma linguagem de altíssimo nível e permite tratar a

² <http://java.sun.com>

dinamicidade das emoções, pois comporta freqüente revisão e modificação das informações sobre o aluno [22]. Mais informações sobre o uso da abordagem BDI para a inferência de emoções pode ser encontrado no artigo [23, 24]. Como a mente do agente foi implementada em BDI (mais especificamente em Prolog) e o corpo em Java, foi desenvolvida uma interface de comunicação entre esses dois módulos.

Durante todo o tempo, Pat observa o aluno a fim de capturar dados que serão usados para inferir os estados afetivos do aluno. Estes dados são capturados por sensores que compõem o módulo de Percepção (Perception). Alguns exemplos de sensores são: ferramentas para observar respiração e ritmo cardíaco. Em nosso protótipo, o agente infere as emoções do aluno a partir de seu comportamento observável; assim o sensor é apenas um software responsável por observar as ações do aluno na interface do sistema.

As ações do aluno capturadas pelo módulo de Percepção são enviadas ao Agente de Diagnóstico e ao módulo Mente de Pat. A Mente do agente reconhece as emoções do aluno, atualiza o modelo afetivo e também escolhe as táticas afetivas a serem aplicadas.

Primeiramente, quando a Mente recebe o comportamento observável do aluno, armazena a informação na Memória de Ações do Aluno (Student's Actions Memory) e inicia o processo de reconhecimento das emoções. Algumas vezes, uma emoção é reconhecida através de algum padrão que é formado por um conjunto seqüencial de ações. Desta maneira, é necessário que ações passadas sejam armazenadas no sistema na Memória de Ações Passadas para futura recuperação.

O processo de reconhecimento de emoção verifica se ele pode inferir um estado afetivo a partir da informação recebida (com ou sem ações passadas). As informações recebidas são analisadas de acordo com os objetivos do aluno seguindo o modelo OCC. Se alguma emoção é detectada, ela é mantida no modelo afetivo e se inicia o processo de escolha das táticas afetivas. O estado afetivo do aluno é também enviado ao Agente de Diagnóstico que usará esta informação para melhor definir as habilidades do aluno que estão na ZDP [8]. A tática é enviada ao módulo Ação (Action).

Se a tática afetiva do aluno é a apresentação de um comportamento emocional (por exemplo, congratular o aluno pelo sucesso no exercício), o Módulo de Seleção de Comportamentos e Falas (Module of Selection of Behaviour and Speeches) procura na base de dados o comportamento a ser apresentado de acordo com a tática escolhida. Maiores informações sobre esse módulo podem ser encontradas em [25].

Pat também é responsável por receber as táticas de competência e desempenho do Agente de Diagnóstico. Se a tática é a apresentação de um conteúdo pedagógico, ele faz uma requisição ao Agente Semiótico e exibe o conteúdo ao aluno.

VII. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Como observamos nos trabalhos mencionados neste artigo, as emoções possuem um papel importante na aprendizagem e, dessa maneira, não podem ser negligenciadas por professores e ambientes computacionais de ensino. Entretanto, inferir as emoções dos alunos em ambientes computacionais não é uma tarefa simples. Por exemplo, para inferir as emoções nós precisamos de um modelo psicológico de emoções para fundamentar o processo de reconhecimento. O maior desafio está em encontrar um modelo de emoções que possa ser implementado computacionalmente. Neste trabalho nós adotamos o modelo OCC porque foi projetado para ser implementado computacionalmente, ao contrário de outros. Ainda em relação a inferência de emoções, determinar a intensidade das emoções pelo comportamento observável do aluno é uma tarefa difícil e inexata. Nós acreditamos que a inserção de sensores fisiológicos o qual detectam expressões corporais de emoções podem ser utilizados juntamente com a informação inferida através do comportamento observável do aluno (baseado em um modelo cognitivo de emoções) para determinar a intensidade das emoções com mais precisão. Os sensores corporais podem ser úteis para identificar quando o aluno está sentindo uma emoção, a valência e a intensidade destas emoções.

Em relação ao modelo afetivo do aluno, este modelo deve ser dinâmico o suficiente para considerar as mudanças no estados emocionais do aluno. Já que a motivação e a afetividade do aluno podem variar de maneira muito dinâmica (o aluno pode se sentir insatisfeito em um dado momento e mais satisfeito em um outro), o uso da abordagem BDI para a implementação de modelos de aluno mostra ser muito conveniente, pois permite simples revisão e freqüente modificação da informação relativa ao aluno [22]. O modelo de aluno é construído dinamicamente a partir de cada interação em tempo-real. A abordagem BDI tem sido usada pelo nosso grupo de pesquisa na UFRGS como uma ferramenta para modelagem das habilidades cognitivas do aluno [26] e também sua motivação [22].

Nós também pretendemos implementar uma versão da Pat independente de plataforma. A tecnologia Flash parece ser uma boa ferramenta para desenhar agentes animados para a web. As falas do agente podem ser gravadas previamente em um formato independente de domínio (como mp3) e podem ser armazenadas como audio-clips, em uma base de dados, que serão tocados quando o agente deve falar. Estes audio-clips irão resolver o problema de falta de entonação dos sintetizadores de voz, que foi apontado na avaliação deste trabalho.

Nós acreditamos que um trabalho futuro é a extensão do modelo crença-desejo-intenção (BDI), mais especificamente a ferramenta X-BDI (a ferramenta BDI usada na implementação deste trabalho), a fim de também incluir traços de personalidade, emoções e humor. De acordo com de Rosis [27], esta abordagem oferece várias vantagens. A primeira é abrir a oportunidade de dirigir comportamentos consistentes

do agente a partir do modelo de seu estado cognitivo: o sistema de crenças, desejos e intenções pode disparar as emoções, regular a decisão de quando mostrá-las ou escondê-las e, finalmente, dirigir ações externalizadas. Neste caso, nós estamos incorporando uma arquitetura de emoções (síntese de emoções) no agente para ele gerar comportamento afetivo mais consistente e credível.

REFERÊNCIAS

- [1] L. S. Vygotsky, *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press, 1962.
- [2] D. Goleman, *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books, 1995.
- [3] J. Piaget, "Les relations entre l'intelligence et l'affectivité dans le développement de l'enfant," in *Les Émotions*, B. Rimé and K. Scherer, Eds. Paris: Niestlé, 1989, pp. 75-95.
- [4] C. E. Izard, "Emotion Cognition relationship and human development," in *Emotions, cognition and behavior*: Oxford University Press, 1994, pp. 59-67.
- [5] M. E. Bratman, "What is intention?," in *Intentions in Communication*, P. R. Cohen, J. Morgan, and M. E. Pollack, Eds.: MIT Press, 1990, pp. 15-32.
- [6] A. Ortony, G. Clore, and A. Collins, *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.
- [7] M. C. Móra, J. G. Lopes, R. M. Viccari, and H. Coelho, "BDI Models and Systems: Reducing the Gap," in *International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*. vol. 1555/2000 Paris, France, 1998, pp. 11-27.
- [8] A. Andrade, P. A. Jaques, R. Viccari, R. Bordini, and J. Jung, "A Computational Model of Distance Learning Based on Vygotsky's Socio-Cultural Approach," in *AI-ED 2001 MABLE Workshop (Multi-Agent Based Learning Environments)* San Antonio, 2001.
- [9] L. M. Giraffa and R. M. Viccari, "Tutor Behavior in a multi-agent ITS guided through mental states activities," in *ITS Workshop on Pedagogical Agents*, 4 ed San Antonio, 1998, pp. 48-52.
- [10] R. A. Silveira and R. M. Viccari, "Developing distributed intelligent learning Environment with JADE - Java Agents for Distance Education Framework," in *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Biarritz, 2002, pp. 105-118.
- [11] A. d. Vicente and H. Pain, "Motivation Self-Report in ITS," in *Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, 1999, pp. 648-650.
- [12] C. Martinho, I. Machado, and A. Paiva, "A Cognitive Approach to Affective User Modeling," in *Affective Interactions*. vol. 1814, A. Paiva, Ed. Springer: LNCS, 2000, pp. 64-75.
- [13] G. Clore and A. Ortony, "Cognition in emotion: Always, sometimes, or never?," in *The Cognitive Neuroscience of Emotion*, L. Nadel, R. Lane, and G. L. Ahern, Eds. New York: Oxford University Press, 1999.
- [14] K. Scherer, "Appraisal Theory," in *Handbook of Cognition and Emotion*, T. Dalgleish and M. Power, Eds. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- [15] C. Ames, "Motivation: What teachers should know," in *Teachers College Record*. vol. 91: Spring, 1990, pp. 409-421.
- [16] P. e. a. Pintrich, "A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire," The Reg. of the University of Michigan 1991.
- [17] J. Meece and W. McColskey, "Improving Student Motivation," 2001.
- [18] T. d. Soldato and B. d. Boulay, "Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems," *Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 6, pp. 337-378, 1995.
- [19] C. Brewster and J. Fager, "Increasing Student Engagement and Motivation: From Time-on-Task to Homework," Northwest Educational Laboratory, Portland 2000.
- [20] J. Bates, "The role of emotion in believable agents," *Communication of ACM*, vol. 37, pp. 122-125, 1994.
- [21] M. C. Móra, "Um modelo de agente executável," in *CPGCC*. vol. PhD. Thesis Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2000.
- [22] M. Bercht and R. M. Viccari, "Pedagogical agents with affective and cognitive dimensions," in *Congreso Iberoamericano de Informatica Educativa* Santiago: Universidad de Chile, 2000.
- [23] P. A. Jaques and R. M. Viccari, "A BDI approach to infer student s emotions in an intelligent learning environment," *Computers & Education*, vol. 49, pp. 360-384, 2007.
- [24] P. A. Jaques and R. M. Viccari, "A BDI Approach to Infer Student's Emotions," in *Ibero-American Conference on Artificial Intelligence (IBERAMIA)*. vol. 3315 Puebla, Mexico: Springer-Verlag, 2004, pp. 901-911.
- [25] E. Bocca, P. A. Jaques, and R. M. Viccari, "Modelagem e Implementação da Interface para Apresentação de Comportamentos Animados e Emotivos de um Agente," *Renote Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 1, 2003.
- [26] L. M. Giraffa and R. M. Viccari, "The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems," in *International Conference of the Chilean Computer Science Society*, Antofagasta, Chile, 1998, pp. 76-83.
- [27] F. de Rosis, "Toward Merging Cognition and Affect in HCI," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 16, pp. 487-494, 2002.



Patrícia Augustin Jaques concluiu o doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2004. Atualmente é professora assistente e pesquisadora no Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPCA) na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Atua na área de Ciência da Computação, com ênfase em Inteligência Artificial na Educação. Os seus interesses de pesquisa são: Sistemas Tutores Inteligentes, Sistemas Multiagentes e Computação Afetiva.



pesquisa são: Sistemas Computação Afetiva.

Rosa Maria Viccari recebeu seu título de doutor em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Universidade de Coimbra, Portugal, em 1990. Atualmente, é professora adjunta na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ela publicou 20 artigos em periódicos científicos, 159 trabalhos em eventos, 10 capítulos de livros, e possui 7 livros publicados. Ela também orientou 24 trabalhos de mestrado e 10 teses de doutorado em Ciência da Computação. Os seus interesses de pesquisa são: Sistemas Tutores Inteligentes, Sistemas Multiagentes e Computação Afetiva.

Capítulo 3

Detección de Estudiantes con Comportamiento Atípico en Entornos de Aprendizaje e-Learning

Félix Castro, Alfredo Vellido, Àngela Nebot, Julià Minguillón

Title—Detecting atypical student behaviour on an e-learning system

Abstract—E-learning systems such as virtual campus environments have established themselves as a strong alternative to traditional distance university education. In this scenario, the Internet allows the gathering of information on many aspects of students' online behaviour in nearly real time. The knowledge extracted from this information can be used to define personalization strategies tailored to the students' needs and requirements. In this chapter we introduce a model to detect atypical behaviour on the grouping structure of the users from two real courses of the Open University of Catalonia (UOC) and the Center of Studies in Communication and Educational Technologies (CECTE). Experiments carried out on these data indicate that atypical students' behaviour can be identified and interpreted with a novel model that, simultaneously, neutralizes the negative impact of outliers on the data clustering process.

Keywords—e-Learning, Students' Learning Behaviour, Outliers, Clustering Methods, Soft Computing, Data Mining.

Resumen—Los sistemas e-learning representan una alternativa real a los sistemas tradicionales de educación a distancia, debido a que aprovechan las ventajas de Internet y permiten la distribución y recolección de información en diferentes formas y prácticamente en tiempo real. El conocimiento extraído puede ser utilizado para definir estrategias de personalización y retroalimentación a los estudiantes y profesores, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este capítulo se presenta un modelo para

detectar estudiantes con comportamiento atípico como parte del proceso de agrupamiento de estudiantes con características de aprendizaje similar, el cual es aplicado a datos de dos cursos reales: uno impartido por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) y otro por el Centro de Estudios en Comunicación y Tecnologías Educativas (CECTE). Los experimentos realizados con estos datos muestran que es posible detectar e interpretar comportamientos atípicos de los estudiantes mediante un modelo novedoso que, a un tiempo, minimiza el impacto negativo de los casos atípicos en el algoritmo de agrupamiento.

Palabras clave—e-Learning, Comportamiento de Aprendizaje de Estudiantes, Outliers, Métodos de Agrupamiento, Soft Computing, Minería de Datos.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas e-learning representan una alternativa real a los sistemas tradicionales de educación a distancia (ED), debido a que aprovechan las ventajas de Internet y permiten la distribución y recolección de información en diferentes formas y prácticamente en tiempo real. El conocimiento extraído de dicha información puede ser utilizado para definir estrategias de personalización y retroalimentación a los estudiantes y profesores, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El tipo de ED más utilizado por las instituciones educativas para impartir cursos y compartir conocimiento es la educación basada en Web. Sin embargo, en su intento por implantar estrategias *e-learning*, muchas instituciones han fracasado, debido a que los costos se han disparado por el mayor tiempo de dedicación requerido de los profesores para proporcionar una retroalimentación eficiente a los estudiantes.

Por tal motivo se ha dedicado un gran esfuerzo de investigación al desarrollo de herramientas de apoyo a los profesores a distancia. Las mejoras en los sistemas educativos basados en Web se pueden agrupar en dos grandes categorías:

- 1) Métodos cuyo objetivo es *mejorar de la interfaz de los sistemas e-learning*. En este campo se propone la utilización de técnicas avanzadas de multimedia y Realidad Virtual, así como Agentes Pedagógicos (AP), con el propósito de optimizar la interacción entre los usuarios y el ambiente educativo. Un AP es un caso particular de un agente de software, que de manera autónoma interactúa dinámicamente con el estudiante y le

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO SINTICE 2005. Félix Castro, Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas (CITIS), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México (Tel: (+34) 93 413 78 39; fax: (+34) 93 413 78 33; e-mail: fcastro@lsi.upc.edu). Félix Castro es becario del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) perteneciente a la Secretaría de Educación Pública en México.

Alfredo Vellido, Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics (LSI), Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España (avellido@lsi.upc.edu). Alfredo Vellido es investigador del programa Ramón y Cajal del Ministro de Educación y Ciencia en España.

Àngela Nebot, Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics (LSI), Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España (angela@lsi.upc.edu).

Julià Minguillón, Estudis d'Informàtica i Multimedia, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, España (jminguillona@uoc.edu).

propone alternativas educativas con el propósito de mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje [20].

- 2) Enfoques que, basándose en los datos generados por los usuarios al utilizar el sistema de *e-learning*, tienen como objetivo descubrir patrones de utilización del sistema y, en general, extraer conocimiento de los datos que sirva para mejorar el proceso de aprendizaje.

Este capítulo se centra en la segunda categoría, donde la mayoría de los estudios utilizan técnicas de Minería de Datos para el análisis de los datos. Los enfoques de investigación desarrollados para analizar el proceso enseñanza-aprendizaje de sistemas *e-learning* se pueden agrupar en:

- 1) Métodos para clasificar a los estudiantes basándose en los patrones de utilización del sistema [5], [9], [12].
- 2) Enfoques orientados a la personalización del sistema [18]. Por ejemplo, en [14] se propuso un modelo basado en redes neuronales para recomendar la mejor estrategia de navegación, con base en los patrones de utilización del sistema. Algoritmos evolutivos fueron utilizados en [7] y [8] para mejorar el desempeño de los cursos mediante estrategias de adaptación.
- 3) Métodos para detectar de manera automática estudiantes con comportamiento de aprendizaje atípico. Un modelo de Distribución Predictiva Bayesiana fue propuesto en [16] para detectar procesos de comportamiento irregular basándose en el tiempo de respuesta de los estudiantes. El algoritmo de agrupamiento Expectation-Maximization (EM) se ha utilizado para detectar comportamientos atípicos en sistemas de ED [21].

Aunque existen herramientas comerciales y de laboratorio que proporcionan control, análisis, y ayuda a la toma de decisiones basándose en los datos generados por los participantes en cursos *e-learning*, existe aun un largo camino por recorrer en el desarrollo de métodos y técnicas que optimicen la interacción de los usuarios de los sistemas *e-learning*, y que además permitan una retroalimentación en tiempo real a los estudiantes y profesores.

Este problema se puede abordar mediante métodos que permitan detectar similitudes en el comportamiento de aprendizaje y agrupar a los estudiantes con base en las mismas. Tal estrategia permitiría a los profesores proporcionar recomendaciones a los estudiantes para optimizar su labor, así como disminuir la carga de trabajo de los profesores, al proporcionarles una herramienta para el envío grupal de la retroalimentación.

Disminuir la carga de trabajo de los profesores de cursos *e-learning* es uno de los problemas abiertos a los que más esfuerzo de investigación se ha dedicado en los últimos años. Esto se debe a que es muy difícil y requiere demasiado tiempo de los profesores el analizar todas las actividades realizadas por los estudiantes. La evaluación de la estructura y contenido del curso y su relación con el proceso de aprendizaje es un proceso aun más complicado, si cabe. Sin embargo, mediante un proceso de análisis de los datos generados por los estudiantes al utilizar el sistema *e-learning*, se podría obtener valiosa información sobre los comportamientos de uso, lo cual

permitiría valorar, en cierta medida, la relación entre los materiales educativos y el aprendizaje de los estudiantes [17].

La obtención de patrones de uso de los sistemas *e-learning* abre nuevas posibilidades para los desarrolladores Web y los encargados del diseño del currículo académico, proporcionándoles valiosa información para crear y organizar los cursos. Esto daría pie a personalizar el curso basándose en las características y necesidades de los estudiantes. La personalización se ha abordado en otras áreas de los sistemas Web [10] como el comercio electrónico y es una de las características mas deseadas en tales entornos. En *e-learning*, la personalización se puede lograr mediante la extracción de patrones del comportamiento navegacional de los estudiantes, lo que permitirá mostrar de manera dinámica el contenido educativo más adecuado a sus características.

La detección de comportamientos atípicos en entornos de aprendizaje *e-learning* es un objetivo de investigación actual. Es posible obtener información muy valiosa del comportamiento normal de los estudiantes de un curso a distancia, que luego se puede integrar en las siguientes versiones del curso para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje. Así mismo, se puede obtener información muy relevante de los comportamientos de aprendizaje atípicos de los estudiantes. El conocimiento extraído de comportamientos atípicos proporciona indicios de qué puede estar fallando en el curso, o herramientas que pueden faltar en el entorno de aprendizaje.

Para obtener patrones de utilización del sistema y, específicamente, comportamientos atípicos de los estudiantes, las herramientas de Minería de Datos son la mejor alternativa. En este capítulo se propone la utilización del modelo de Mapeo Topográfico Generativo (GTM, por sus siglas en inglés) [5]. GTM es un modelo de agrupamiento y visualización no supervisado de datos multivariable que representa una alternativa probabilística a los bien conocidos Mapas Auto-Organizativos (SOM) [19]. GTM al igual que todos los modelos de mezcla de distribuciones gaussianas pierde robustez cuando existen *outliers* (observaciones atípicas) en los datos [9]. Como una alternativa mas robusta para la agrupación de datos similares que incluyan outliers, recientemente se ha propuesto el uso de distribuciones *t*-Student para reemplazar a las gaussianas [9]. Para abordar los problemas anteriores, en este estudio se propone utilizar una variante de GTM, redefinido como un modelo de mezcla de distribuciones del tipo *t*-Student, denominada *t*-GTM.

t-GTM se utiliza en este estudio para agrupar a los estudiantes con comportamiento de navegación similar, así como para detectar comportamientos atípicos a partir de los datos generados por éstos al utilizar el campus virtual de la *Universitat Oberta de Catalunya* (UOC) y el Centro de Estudios en Comunicación y Tecnologías Educativas (CECTE).

El contenido del resto del capítulo está organizado de la siguiente forma: la sección 2 presenta una descripción de los datos obtenidos para los cursos analizados; el modelo *t*-GTM se describe en la sección 3. Los resultados obtenidos se

presentan y discuten en la sección 4; finalmente, en la sección 5 se presentan algunas conclusiones obtenidas de los experimentos realizados.

II. CURSOS E-LEARNING

Los cursos *e-learning* reales analizados en el presente capítulo provienen de dos instituciones reconocidas en el área de educación a distancia: la UOC y el CECTE. En los siguientes sub-apartados se describe cada uno de ellos.

A. Curso e-learning de la UOC

La *Universitat Oberta de Catalunya* es un campus completamente virtual que ofrece 19 titulaciones oficiales a nivel licenciatura, así como estudios de posgrado. La comunidad virtual de la UOC agrupa más de 3,500 estudiantes y alrededor de 1,500 miembros en su *staff* académico, incluyendo diseñadores instruccionales, profesores, tutores y técnicos. El campus virtual de la UOC es un entorno *e-learning* integral, que permite a los usuarios comunicarse entre sí mediante un sistema de correo electrónico, incluye además, una agenda, un sistema de noticias, un aula virtual, una biblioteca digital, entre otras herramientas que facilitan el aprendizaje en entornos virtuales.

La información referente a la interacción de los estudiantes con el campus virtual, con otros estudiantes y con los profesores, se obtiene de la bitácora del servidor Web utilizado (en este caso, Apache). Para el experimento presentado, se utilizó un grupo de 111 estudiantes del área de ciencias computacionales inscritos en el curso de "Compiladores I".

TABLA I
VARIABLES ANALIZADAS EN LOS EXPERIMENTOS DE LA UOC

Variable	Descripción
EDAD	Edad del estudiante.
CONTSES	Número de sesiones creadas por el estudiante en el campus virtual.
PROMENT	Numero promedio de entradas del estudiante en cada sesión.
PROMDUR	Número de minutos promedio en cada sesión.
PROM2SES	Tiempo de retraso promedio entre 2 sesiones consecutivas.
NUMMENS	Numero de mensajes escritos en los foros.
TACCESO	Tiempo de retraso entre el momento en que se publicó el ejercicio y que el estudiante accedió a éste.

En el curso seleccionado, a los estudiantes se les presentaron, durante la segunda semana, una serie de ejercicios opcionales que deberían ser resueltos y enviados al profesor en menos de 12 días después de su publicación en la Web. Se lograron medir algunas variables de este proceso, que se muestran en la tabla I.

B. Curso e-learning del CECTE

El Centro de Estudios en Comunicación y Tecnologías Educativas (CECTE) pertenece al Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) y es el área encargada de ofrecer cursos de posgrado y educación continua a nivel Latinoamérica.

El modelo educativo del CECTE incluye la modalidad semi-presencial y a distancia. En la modalidad semi-presencial, el estudiante debe asistir semanalmente a una sede para observar las telesecciones y formar grupos de trabajo e interactuar con sus compañeros. El CECTE cuenta con más de 20 sedes en México y los otros 12 países afiliados. El CECTE proporciona un sistema e-learning denominado WCECTE en el que los estudiantes acceden a los materiales educativos del curso, realizan una serie de actividades en línea relativas al curso, además de interactuar con sus compañeros mediante las herramientas colaborativas incluidas en éste.

Para los experimentos presentados en este estudio, se seleccionó un subconjunto de 982 estudiantes inscritos en el curso de "Planeación Didáctica". Los estudiantes realizaron un conjunto de actividades a lo largo de las 15 sesiones que

TABLA II
VARIABLES ANALIZADAS EN LOS EXPERIMENTOS DEL CECTE

Variable	Descripción
CF	Calificación final obtenida por el estudiante.
PAR	Porcentaje de actividades realizadas por el estudiante, con respecto al número total de actividades del curso.
PAS	Porcentaje de asistencia a sesiones con respecto al número total de sesiones del curso.
EDAD	Edad del estudiante.
PTS	Calificación promedio del estudiante en las actividades realizadas en sede.
PF	Calificación promedio del estudiante en las actividades evaluadas mediante el foro, que incluye sólo temas relacionados al curso.
PPCF	Calificación promedio del estudiante en el plan de clase final.
PC	Calificación promedio del estudiante en las actividades enviadas por e-mail.

constaba el curso. Las variables obtenidas de las actividades del curso se muestran en la tabla II.

III. MODELO DE MAPEO TOPOGRÁFICO GENERATIVO PARA VISUALIZACIÓN Y AGRUPAMIENTO DE DATOS

GTM [5] se formuló originalmente como una alternativa probabilística a los mapas auto-organizativos (SOM) [19]. Los SOM se han utilizado en contextos educativos, especialmente e-learning en [1], [13] y [15]. GTM puede ser visto como un modelo de mezcla de distribuciones con constricciones. Tales constricciones permiten a GTM superar las limitaciones de los modelos de mezcla de distribuciones finitas, durante el proceso de agrupamiento y visualización. GTM es un modelo no-lineal de variables latentes que define un mapeo desde un espacio latente a un espacio de datos multivariable (datos observados), generando en el proceso una densidad de probabilidad en este último. En tal sentido, es un modelo generativo. El mapeo se logra mediante un conjunto de funciones base no-lineales, que generan una densidad de probabilidad. La forma funcional del mapeo se define como un modelo de regresión lineal:

$$y_d(u, W) = \sum_m^M \phi_m(u) w_{md} \quad (1)$$

donde Φ son M funciones base

$\Phi(\mathbf{u}) = (\phi_1(\mathbf{u}), \dots, \phi_M(\mathbf{u}))$; $\mathbf{W}$ es la matriz de pesos adaptativos w_{md} que definen el mapeo; y $\mathbf{u}$ es un punto en el espacio latente. Para lograr un tratamiento computacionalmente económico y lograr un espacio de visualización y agrupamiento similar al de SOM, el espacio latente se define en GTM como una retícula regular de nodos $\mathbf{u}_k$ con probabilidad *a priori*:

$$P(\mathbf{u}) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \delta(\mathbf{u} - \mathbf{u}_k) \quad (2)$$

La densidad de probabilidad para un punto de datos $\mathbf{x}$, inducido por la distribución latente descrita en la ecuación 2, puede ser escrita mediante la expresión:

$$p(\mathbf{x}|\mathbf{u}, \mathbf{W}, \beta) = \left(\frac{\beta}{2\pi}\right)^{D/2} \exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}-\mathbf{y}\|^2\right\} \quad (3)$$

Para obtener una función de densidad de probabilidad para el modelo GTM, se marginan los puntos latentes $\mathbf{u}$ y, utilizando la ecuación 2:

$$p(\mathbf{x}|\mathbf{W}, \beta) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(\frac{\beta}{2\pi}\right)^{D/2} \exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}-\mathbf{y}_k\|^2\right\} \quad (4)$$

Por lo tanto, la log-likelihood completa se define como:

$$L_c(\mathbf{W}, \beta|\mathbf{X}) = \sum_{n=1}^N \log \left\{ \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(\frac{\beta}{2\pi}\right)^{D/2} \exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_k\|^2\right\} \right\} \quad (5)$$

El algoritmo EM puede ser utilizado para estimar los parámetros adaptativos $\mathbf{W}$ y β . Mediante la definición de $\mathbf{Z}$ como el indicador que describe la falta de información de que punto latente $\mathbf{u}_k$ es responsable de generar los datos $\mathbf{x}_n$, la log-likelihood completa puede ser re-escrita como:

$$L_c(\mathbf{W}, \beta|\mathbf{X}, \mathbf{Z}) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K z_{kn} \log \left[\left(\frac{\beta}{2\pi}\right)^{D/2} \exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_k\|^2\right\} \right] \quad (6)$$

El valor esperado de z_{kn} se calcula mediante:

$$\hat{z}_{kn} = P(k|\mathbf{x}_n, \mathbf{W}, \beta) = \frac{\exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_k\|^2\right\}}{\sum_{k'=1}^K \exp\left\{-\frac{\beta}{2}\|\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_{k'}\|^2\right\}} \quad (7)$$

Las expresiones $\mathbf{W}$ y β se calculan en el paso de maximización del algoritmo EM. Para una descripción más detallada de GTM, se sugiere [5].

A. Modelo *t*-GTM definido como una mezcla de distribuciones *t*-Student con constricciones

Al igual que todos los modelos de mezcla de distribuciones generales, GTM, al ser definido mediante una mezcla de distribuciones gaussianas con constricciones, ve limitada su capacidad de manejar *outliers* dentro del conjunto de datos analizados. Para proporcionar una mayor robustez a GTM al trabajar con datos atípicos, el modelo puede ser redefinido

utilizando distribuciones del tipo *t*-Student [2], [3]. El modelo *t*-GTM preserva el mapeo del GTM original, pero las funciones base Φ son ahora definidas como distribuciones del tipo *t*-Student. Por lo tanto, la probabilidad de los datos se define ahora como:

$$P(\mathbf{x}|\mathbf{W}, \beta, \nu) = \int P(\mathbf{x}|\mathbf{u}, \mathbf{W}, \beta, \nu) P(\mathbf{u}) d\mathbf{u} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{\Gamma\left(\frac{\nu_k}{2} + \frac{D}{2}\right) \beta^{D/2}}{\Gamma\left(\frac{\nu_k}{2}\right) (\nu_k \pi)^{D/2}} \left(1 + \frac{\beta}{\nu_k} \|\mathbf{y}_k - \mathbf{x}\|^2\right)^{-\frac{\nu_k + D}{2}} \quad (8)$$

El parámetro adaptativo ν representa una medida de la “gaussianidad” de las distribuciones (para una gaussiana, $\nu \rightarrow \infty$); $\Gamma(\cdot)$ es la función *gamma*. Por lo que la log-likelihood completa se expresa como:

$$L_c(\mathbf{W}, \beta, \nu|\mathbf{X}) = \sum_{n=1}^N \log \left\{ \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{\Gamma\left(\frac{\nu_k}{2} + \frac{D}{2}\right) \beta^{D/2}}{\Gamma\left(\frac{\nu_k}{2}\right) (\nu_k \pi)^{D/2}} \left(1 + \frac{\beta}{\nu_k} \|\mathbf{y}_k - \mathbf{x}_n\|^2\right)^{-\frac{\nu_k + D}{2}} \right\} \quad (9)$$

Los parámetros adaptativos $\mathbf{W}$, β y ν se pueden estimar utilizando el algoritmo EM. Un análisis más detallado se puede encontrar en [3]. Utilizando distribuciones del tipo *t*-Student, *t*-GTM neutraliza el efecto negativo de los outliers durante la identificación y descripción de los *clusters* (grupos) de datos.

Basándose en la formulación hecha por Peel y McLachlan [9], un punto n puede ser considerado un *outlier* si el valor de $O_n = \sum_k \hat{z}_{kn} \beta \|\mathbf{y}_k - \mathbf{x}_n\|^2$ es suficientemente grande. Nótese que $\hat{z}_{kn}$ es la responsabilidad asumida por un *cluster* k por la generación del punto n , y es calculado en el paso Expectation del algoritmo EM.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados del conjunto de experimentos realizados utilizando el modelo *t*-GTM con los datos descritos en la sección 2. Primero se muestran algunos de los parámetros y consideraciones más importantes para ejecutar *t*-GTM y, posteriormente, se analizan los resultados obtenidos.

A. Análisis de los resultados del curso de la UOC

En este sub-apartado se presenta la discusión de los resultados obtenidos para el curso de “Compiladores I” impartido en la UOC.

1) Consideraciones y parámetros del modelo *t*-GTM

Antes de ejecutar *t*-GTM es necesario proporcionar una serie de parámetros, los cuales para asegurar la replicabilidad de los resultados, se inician siguiendo el procedimiento estándar descrito en [5]. Por lo tanto, la matriz $\mathbf{W}$ se inicializa con la finalidad de minimizar la diferencia entre los centros de las distribuciones Gaussianas en el espacio de datos $\mathbf{y}_k$ y las proyecciones en el espacio de datos generadas por un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés)

parcial. La varianza, β^{-1} se inicializa con el valor del 3^{er} componente principal más grande, obtenido por PCA. La estructura de visualización de GTM se fijó en una retícula cuadriculada de 5x5 nodos (es decir, 25 componentes de mezcla). La retícula de las funciones base ϕ_n consta de 3x3 nodos.

2) Análisis de resultados

Como se describe en el apartado A de la sección III, para determinar si un dato es un *outlier* o no, se utiliza la estadística O_n . En la figura 1 se muestra un histograma con dicha estadística. El histograma muestra una estructura claramente definida que hace una diferencia entre un gran número de estudiantes con valores bajos de O_n y una minoría con valores altos de tal estadística. En *t*-GTM la decisión de donde establecer el umbral para diferenciar *outliers* y datos típicos depende de las metas de investigación del experimento. En este estudio, por motivos ilustrativos, el umbral se definió en $O_n = 70$, obteniendo alrededor de 14% de estudiantes con comportamiento atípico.

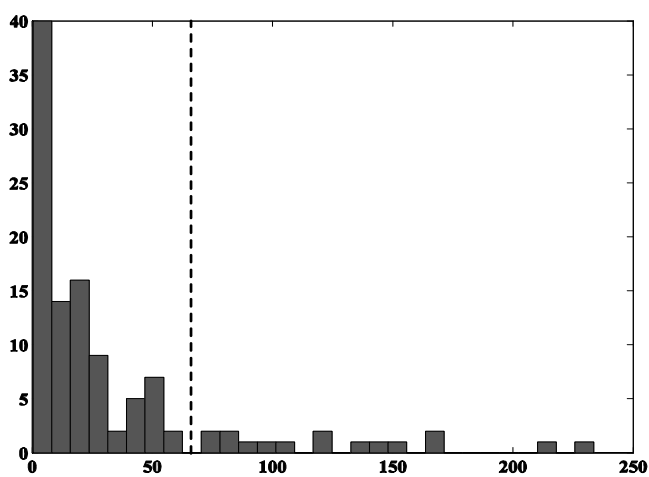


Fig. 1. Histograma de la estadística O_n para los 111 estudiantes, indicando su nivel de atipicidad. El umbral se definió en $O_n = 70$ (línea punteada).

El objetivo del estudio presentado en este capítulo es detectar aquellos estudiantes que presenten un comportamiento de uso atípico del sistema, con la finalidad de caracterizarlos y poder utilizar el conocimiento obtenido de ellos en la mejora de las siguientes versiones del curso. Para lograr la identificación de comportamientos atípicos, en la figura 2 (izquierda) se visualizan todos los estudiantes en el mapa de visualización de *t*-GTM. Como se observa en la figura 2 (izquierda), la organización de grupos se extiende de manera muy homogénea, e indica que los estudiantes atípicos no dominan el mapeo, lo cual era de esperar debido a la propia definición de *t*-GTM, a diferencia de un mapeo basado en GTM con distribuciones gaussianas, el cual estaría dominado por grandes grupos, focalizados en áreas muy específicas del mapa de visualización y rodeados por grupos muy pequeños

(*outliers*) que ocuparían el resto, como se ha reportado en anteriores trabajos de investigación [11].

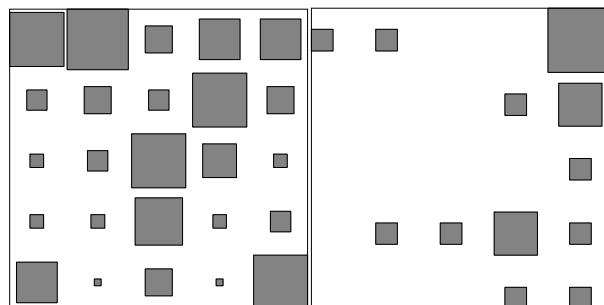


Fig. 2. Representación del mapa de visualización de *t*-GTM (5x5), donde los 111 estudiantes han sido representados (izquierda). En el mapa derecho de la figura se muestran únicamente los estudiantes considerados como atípicos, basándose en la estadística ilustrada en la figura 1.

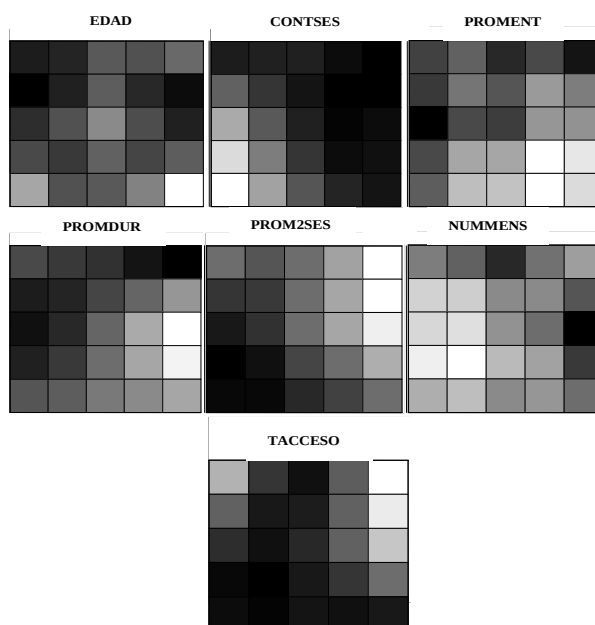


Fig. 3. Mapas de referencia para cada variable analizada para el curso de Compiladores I impartido en la UOC.

En la parte derecha de la figura 2, se muestran los estudiantes identificados como *outliers* (basándose en el umbral de la figura 1). Se observa en la figura 2 (derecha), que salvo muy pocas excepciones, los estudiantes atípicos ocupan la parte derecha del mapa de visualización; lo que significa que han sido claramente identificados y posicionados por el modelo *t*-GTM en su mapa de visualización. La localización y posicionamiento adoptado por *t*-GTM, simplifica la interpretación y caracterización de los *outliers*, en términos de los mapas de referencia de cada variable analizada (figura 3).

En la figura 3 cada nodo k en la retícula de 5x5 del espacio de visualización es responsable de la generación de un punto $y_k = \phi(u_k)W$ o vector de referencia en el espacio multivariable. El vector de referencia consiste de 7 elementos, uno para cada

variable original (tabla I). Los vectores de referencia están codificados en una escala de grises, donde negro representa los valores más bajos y blanco los más altos. El esquema de los vectores de referencia, posee una correspondencia directa con los mapas de grupos resultantes (figura 2), lo que permite una mejor interpretación de los resultados.

El tamaño relativo de cada grupo (cuadro) en GTM es un indicador de la proporción de los estudiantes asignados a cada nodo por el modelo (figura 2). La asignación se basa en modos, $\mathbf{u}_n^{\text{mode}} = \arg \max_{\mathbf{u}_k} r_{kn}$ que indican que cluster tiene la

mayor responsabilidad para un dato específico. Lo anterior hace más interpretable la estructura de grupos.

Por brevedad, nos centraremos en 2 grupos con una alta presencia de outliers. De acuerdo con los mapas de referencia de la figura 3, el cluster de la esquina superior derecha del mapa de visualización de la figura 2 (derecha) está principalmente caracterizado por valores muy bajos del número total de sesiones creadas por el estudiante en el campus virtual (CONTSES) y del promedio de duración en cada sesión (PROMDUR). Por el contrario, el mismo grupo está caracterizado por valores muy altos del tiempo de retraso promedio entre 2 sesiones consecutivas (PROM2SES) y el tiempo de retraso entre el momento en que se publicó el ejercicio y que el estudiante accedió a éste (TACCESO). Lo anterior significa que el grado de atipicidad de estos estudiantes, tiene que ver con su bajo nivel de participación en las actividades del campus virtual.

Si se analiza el cluster de la esquina inferior derecha del mapa de visualización de grupos (figura 2, izquierda), se observa que está caracterizado por estudiantes con una edad adulta (EDAD), valor muy bajo de CONTSES, valor bastante alto de PROMENT y valor muy bajo de TACCESO, mientras que el resto de las variables poseen valores intermedios. Interesantemente, en este caso, el patrón de comportamiento atípico parece, en este caso, estar relacionado con la utilización del campus virtual por los estudiantes de más edad, quienes realizan pocas sesiones pero de mayor duración que el estudiante promedio.

B. Análisis de los resultados del curso del CECTE

En este sub-apartado se presenta la discusión de los resultados obtenidos para el curso de “Planeación Didáctica” impartido en CECTE. Para evitar duplicidad, en este experimento se presentaran las figuras resultantes de aplicar el modelo *t*-GTM sin entrar en un mayor detalle de lo que representan, ya que previamente se ha explicado en el apartado A de la sección IV. Sin embargo, sí se realiza una interpretación de los resultados.

1) Análisis de resultados

Para asegurar la replicabilidad de los resultados obtenidos, en este curso se inicializaron los parámetros con los mismos valores que en el curso de Compiladores I de la UOC, es decir, la estructura de visualización de GTM se fijó en un esquema cuadriculado de 5x5 nodos y la retícula de las

funciones base ϕ_m se definió en una representación de 3x3 nodos.

En la figura 4 se presenta un histograma de la estadística O_n para representar a los estudiantes considerados con comportamiento atípico. Al igual que en el experimento anterior, la selección del umbral para discriminar a los *outliers* de los que no lo son, depende del problema. En este experimento el umbral se definió en $O_n = 1,75 \times 10^7$ obteniendo 43 estudiantes (alrededor del 4.3%) considerados como atípicos.

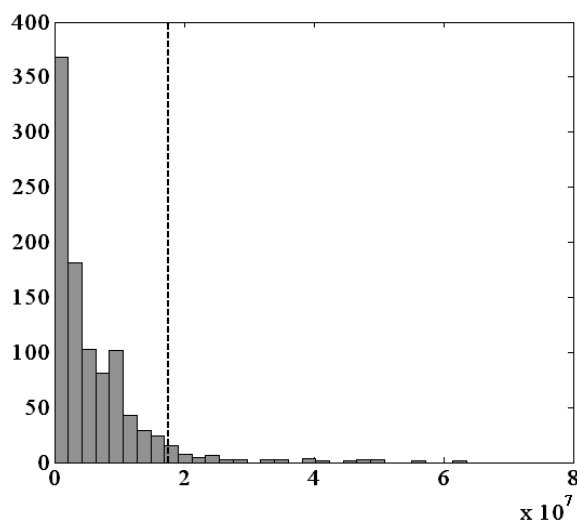


Fig. 4. Histograma de la estadística O_n para los 982 estudiantes, indicando su nivel de atipicidad. El umbral se definió en $O_n = 1,75 \times 10^7$ (línea punteada).

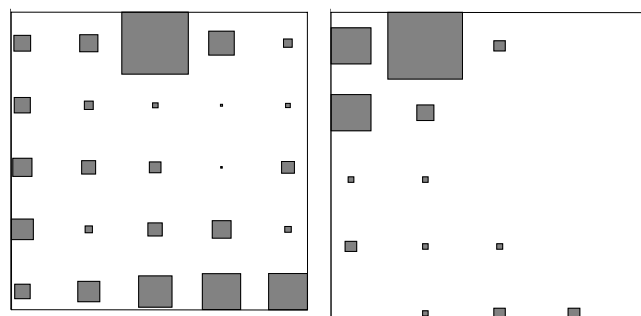


Fig. 5. Representación del mapa de visualización de *t*-GTM (5x5), donde los 982 estudiantes han sido representados (izquierda). En el mapa derecho de la figura se muestran únicamente los estudiantes considerados como atípicos, basándose en la estadística ilustrada en la figura 4.

Al igual que en el experimento del curso de la UOC, el objetivo principal es identificar y caracterizar a los estudiantes con comportamiento de aprendizaje atípico. Para lograrlo, en la parte izquierda de la figura 5 se visualizan todos los estudiantes en el mapa de visualización de *t*-GTM; en la parte derecha sólo se presentan los datos considerados como *outliers*, cuya localización facilita la interpretación y caracterización de los outliers, en términos de los mapas de referencia de cada variable analizada. En la figura 6 se

presentan los mapas de referencia de cada una de las variables analizadas.

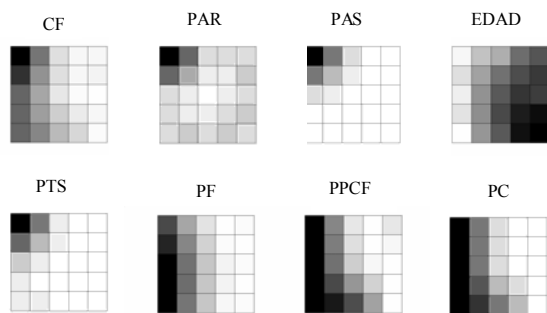


Fig. 6. Mapas de referencia para cada variable analizada para el curso de Planeación didáctica impartido en el CECTE.

Para caracterizar los patrones de comportamiento atípico, nos centraremos en analizar los 4 grupos localizados en la esquina superior izquierda (figura 5, derecha), que tienen una gran presencia de *outliers*. La interpretación basándose en los mapas de referencia de la figura 6 es bastante clara, los grupos seleccionados (esquina superior izquierda) se caracterizan por valores que van desde medios a muy bajos en todas las variables, excepto la variable EDAD que posee un valor medio-alto. Lo anterior significa que el grado de atipicidad de estos estudiantes viene dado por su bajo nivel de actividad en el campus virtual, y parece estar asociado a los estudiantes de más edad. Es importante resaltar que la distribución de los principales grupos de *outliers* se caracteriza por valores bajos para las variables CF, PPCF y PC y valores altos para la EDAD. Los resultados obtenidos son coherentes con la percepción de los profesores del CECTE, donde se entiende que los estudiantes de mayor edad carecen de experiencia en el uso de la tecnología, al menos al principio del curso, lo cual limita su actividad en el mismo.

V. CONCLUSION

La posibilidad de rastrear el comportamiento de navegación de los usuarios de entornos *e-learning*, hace posible la minería Web de las bases de datos resultantes. Esto proporciona nuevas herramientas a los diseñadores instruccionales y pedagógicos para crear y organizar los contenidos de los cursos; una de las más interesantes aplicaciones de estos procesos es la personalización del proceso de *e-learning*.

La presencia de datos u observaciones atípicas en el conjunto de datos analizados puede distorsionar los resultados obtenidos, por lo que el analista se vería beneficiado por el uso de modelos que permitan un estudio robusto de los datos, especialmente cuando existan *outliers*. En este capítulo se ha propuesto el uso de un modelo de mezcla de distribuciones *t*-Student con constricciones, denominado *t*-GTM, el cual simultáneamente proporciona un agrupamiento y visualización robusta de los datos, además de permitir una interpretación más intuitiva de los resultados. Así mismo, *t*-GTM permite neutralizar los efectos negativos de los *outliers* de manera eficiente.

En el estudio presentado, se obtuvieron datos de dos cursos *e-learning* reales, y se analizaron utilizando el modelo *t*-GTM. Los resultados obtenidos con ambos cursos fueron analizados por expertos en educación tanto de la UOC como del CECTE, coincidiendo con su propia percepción del comportamiento de aprendizaje de sus cursos. Los resultados del modelo permitieron automáticamente identificar y caracterizar a los estudiantes con comportamientos de navegación y aprendizaje atípicos.

Los resultados experimentales han demostrado que es posible extraer valioso conocimiento de los datos, utilizando una combinación de herramientas de agrupación y visualización, así como de detección de *outliers*. El conocimiento extraído puede ser utilizado en cursos reales, para personalizar la navegación de los estudiantes y ayudar a los profesores a encontrar patrones de comportamientos de los estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] A. Drigas, J. Vrettaros. "An Intelligent Tool for Building E-Learning Content-Material Using Natural Language in Digital Libraries". In WSEAS Transactions on Information Science and Applications, Issue 5, Volume 1, 2004.
- [2] A. Vellido, P. J. G. Lisboa, and D. Vicente. "Handling outliers and missing data in brain tumor clinical assessment using *t*-GTM", In Proc. of the ESANN 2005, Bruges, Belgium, 2005.
- [3] A. Vellido. "Generative Topographic Mapping as a constrained mixture of Student *t*-distributions: Theoretical developments", Technical Report LSI-44-7-R, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, Spain, 2004.
- [4] B. Minaei-Bidgoli, W. F. Punch. "Using Genetic Algorithms for Data Mining Optimization in an Educational Web-based System", Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2003.
- [5] C. M. Bishop, M. Svensén, C. K. I. Williams. "GTM: The Generative Topographic Mapping", Neural Computation 10(1) (1998a), pp. 215-234.
- [6] C. Romero, S. Ventura, P. de Bra, C. de Castro. "Discovering Prediction Rules in AHA! Courses". Proceedings of the User Modeling Conference, Johnstown, Pennsylvania, June 2003, pp. 35-44.
- [7] C. Romero, S. Ventura and P. De Bra. "Knowledge Discovery with Genetic Programming for Providing Feedback to Courseware", User Modeling and User-Adapted Interaction, 14(5), 2004, pp. 425-464.
- [8] D. Mullier. "A Tutorial Supervisor for Automatic Assessment in Educational Systems", International Journal on E-Learning, 2003.
- [9] D. Peel, G. J. McLachlan. "Robust Mixture modelling using the *t* distribution". Statistics and Computing 10, 2000, pp. 339-348.
- [10] D. Riecken. "Personalized views of personalization". Communications of the ACM, 43(8):27-28, Aug., 2000.
- [11] F. Castro, A. Vellido, A. Nebot and J. Mingüillón. "Finding relevant features to characterize student behavior on an e-learning system". The 2005 International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS'05), Las Vegas, Nevada, USA, 2005.
- [12] G. D. Stathacopoulou and M. Grigoriadou. "Neural Network-Based Fuzzy Modeling of the Student in Intelligent Tutoring Systems". Proceeding of International Joint Conference on Neural Networks, Washington, July 1999.
- [13] H. Shi, S. Revithis and S. S. Chen. "An Agent Enabling Personalized Learning in e-Learning Environments". In Proc. of the AAMAS'02, Bologna, Italy, 2002, pp. 847-848.
- [14] K. Mizue and O. Toshio. "N3: Neural Network Navigation Support-Knowledge-Navigation in Hyperspace: The Sub-symbolic Approach", Journal of Educational Multimedia and Hypermedia 10(1), 2001, pp. 85-103.
- [15] M. Nakayama, H. Sanematsu, and Y. Shimizu. "A document indexing and retrieval method based on a teaching guideline for keyword searching educational information". Transactions of the Institute of

- Electronics, Information and Communication Engineers D-I, 2000, pp. 225-233.
- [16] M. Ueno. "LMS with irregular learning processes detection system". World Conference on E-Learning in Corp., Govt., Health, & Higher Ed. 2003(1), pp. 2486-2493.
- [17] O. R. Zaïane, J. Luo. "Towards evaluating learners' behaviour in a Web-based distance learning environment", in Proc. of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'01), Madison, WI, August 6-8, 2001, pp 357-360.
- [18] P. Brusilovsky. "Adaptive hypermedia". User Modeling and User Adapted Interaction, Ten Year Anniversary Issue, 11 (1/2), 2001, pp. 87-110.
- [19] T. Kohonen. "Self-organizing Maps", 3rd Ed., Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- [20] T. Lang. "Software Agents for Distance Education and Institutional Support", Society for Information Technology and Teacher Education International Conference, 2001, pp. 526-531.
- [21] Teng, C., Lin, C., Cheng, S., & Heh, J. "Analyzing User Behavior Distribution on E-Learning Platform with Techniques of Clustering". Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2004(1), 3052-3058.



Félix Castro es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Huatabampo (ITHUA) en Sonora, México. Realizó la Maestría en Ciencias Computacionales en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Morelos, México. Actualmente es estudiante del Doctorado en Inteligencia Artificial en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en Barcelona, España. Desde el año 2001 es profesor-investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en

México. Sus líneas de investigación incluyen el desarrollo de técnicas de extracción automática de reglas; reducción de la dimensionalidad en sistemas complejos, mediante la detección de variables relevantes; aplicación de técnicas de soft computing para mejorar algunos procesos en sistemas de aprendizaje a distancia del tipo e-learning. Desde el 2004, es becario del programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública de México. Félix Castro es miembro de la Academia Nacional de Ciencias Computacionales (ANACC) en México.



Alfredo Vellido es licenciado en Ciencias Físicas, en la especialidad de Electrónica y Control Automático, por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en España. Completó un doctorado en Computación Neuronal en el 2000, en la Liverpool John Moores University del Reino Unido. Sus áreas de investigación actual incluyen, entre otras, el estudio y desarrollo de modelos de Statistical Machine Learning, así como su aplicación a problemas médicos, medioambientales, de e-learning y de negocio.

Desde el 2003, es investigador del programa Ramón y Cajal del Ministerio de Educación y Ciencia en la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona, España.



Ángela Nebot recibió el grado de doctora en informática por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en 1994. Se incorporó al departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la UPC en 1998 como profesora Titular de Universidad. Actualmente es la responsable del grupo "Soft Computig" de la UPC y su investigación se centra en los sistemas difusos, neuro-difusos, algoritmos genéticos, simulación, aprendizaje a distancia y cambio climático. La Dra. Nebot forma parte del área editorial de las revistas Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International y International Journal of General Systems. También colabora como revisora en otras revistas internacionales como IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Fuzzy Sets and Systems, etc. La Dra. Nebot es autora de más de 80 publicaciones técnicas en revistas y congresos internacionales.

Desde el 2001 es profesora Titular de Universidad en la Universitat Oberta de Catalunya donde realiza tareas docentes en las áreas de programación, lenguajes y compiladores. Ha participado en la realización de recursos docentes sobre programación orientada al objeto, estructura de la información y tipos abstractos de datos y compiladores. Desde Noviembre del 2006 es el Director Adjunto del Internet Interdisciplinary Institute de la UOC. Sus intereses de investigación incluyen la descripción y estandarización del proceso de aprendizaje mediante ontologías, los objetos de aprendizaje para la personalización mediante itinerarios formativos, y el modelado del comportamiento de los usuarios de un entorno de aprendizaje virtual. Ha sido el organizador de la segunda edición del simposio sobre objetos de aprendizaje, SPDECE 2005, y del III y IV Seminario Internacional de la Cátedra UNESCO de la UOC sobre recursos educativos en abierto y web 2.0. Actualmente está dirigiendo el proyecto PERSONAL financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia sobre personalización del proceso de aprendizaje mediante itinerarios adaptativos usando objetos de aprendizaje reutilizables y ontologías, y el proyecto OLCOS financiado por la Unión Europea sobre recursos educativos en abierto.



Julián Minguillón es doctor por la Universidad Autónoma de Barcelona desde Septiembre de 2002. En el año 2001 se incorpora como profesor propio a la Universitat Oberta de Catalunya donde realiza tareas docentes en las áreas de programación, lenguajes y compiladores. Ha participado en la realización de recursos docentes sobre programación orientada al objeto, estructura de la información y tipos abstractos de datos y compiladores. Desde Noviembre del 2006 es el Director Adjunto del Internet Interdisciplinary Institute de la UOC. Sus intereses de investigación incluyen la descripción y estandarización del proceso de aprendizaje mediante ontologías, los objetos de aprendizaje para la personalización mediante itinerarios formativos, y el modelado del comportamiento de los usuarios de un entorno de aprendizaje virtual. Ha sido el organizador de la segunda edición del simposio sobre objetos de aprendizaje, SPDECE 2005, y del III y IV Seminario Internacional de la Cátedra UNESCO de la UOC sobre recursos educativos en abierto y web 2.0. Actualmente está dirigiendo el proyecto PERSONAL financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia sobre personalización del proceso de aprendizaje mediante itinerarios adaptativos usando objetos de aprendizaje reutilizables y ontologías, y el proyecto OLCOS financiado por la Unión Europea sobre recursos educativos en abierto.

Desde el 2001 es profesor propio a la Universitat Oberta de Catalunya donde realiza tareas docentes en las áreas de programación, lenguajes y compiladores. Ha participado en la realización de recursos docentes sobre programación orientada al objeto, estructura de la información y tipos abstractos de datos y compiladores. Desde Noviembre del 2006 es el Director Adjunto del Internet Interdisciplinary Institute de la UOC. Sus intereses de investigación incluyen la descripción y estandarización del proceso de aprendizaje mediante ontologías, los objetos de aprendizaje para la personalización mediante itinerarios formativos, y el modelado del comportamiento de los usuarios de un entorno de aprendizaje virtual. Ha sido el organizador de la segunda edición del simposio sobre objetos de aprendizaje, SPDECE 2005, y del III y IV Seminario Internacional de la Cátedra UNESCO de la UOC sobre recursos educativos en abierto y web 2.0. Actualmente está dirigiendo el proyecto PERSONAL financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia sobre personalización del proceso de aprendizaje mediante itinerarios adaptativos usando objetos de aprendizaje reutilizables y ontologías, y el proyecto OLCOS financiado por la Unión Europea sobre recursos educativos en abierto.

Capítulo 4

ELEARNING-ONT: Metodología y Sub-ontologías

Juan M. Santos, Luis Anido, y Martín Llamas, *Senior Member, IEEE*

Title—ELEARNING-ONT: Methodology and Sub-ontologies.

Abstract— This paper discusses the application of Semantic Web techniques to the area of e-learning, focusing on the problematic of the intermediation among a user who looks for an educational resource and those suppliers which could offer it. More specifically, we describe a core element for taking advantage these techniques: the definition of an appropriate ontology that allows the semi-automation of intermediation processes in a distributed environment as the WWW. This ontology, named as ELEARNING-ONT, is composed by a set of sub-ontologies that eases the individual treatment of the different issues to be considered, taking into account the most relevant specifications of the e-learning standardization process.

Keywords— Brokerage, Educational technology, Knowledge engineering, Standards

Resumen— Este artículo presenta la aplicación de técnicas de la Web Semántica al ámbito del e-learning, centrándose en la problemática de la intermediación entre un usuario que busque un recurso educativo y aquellos proveedores que puedan ofertárselo. En particular se describe un elemento central para el uso de estas técnicas: la definición de una ontología apropiada que permita la semi-automatización de los procesos de intermediación en un entorno distribuido como la WWW. Esta ontología, bautizada como ELEARNING-ONT, está constituida por un conjunto de sub-ontologías que facilitan el tratamiento separado de los diferentes aspectos a considerar, teniendo en cuenta, además, las especificaciones más relevantes en el campo de la estandarización de las tecnologías educativas.

Palabras clave— Intermediación, Tecnologías de la educación, Ingeniería del conocimiento, Estándares

Este trabajo fue presentado originalmente en el Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2005).

Juan M. Santos es Profesor Ayudante del Dept. de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, E.T.S.E. Telecomunicación, Campus Universitario S/N, 36310, Vigo, Pontevedra (e-mail: Juan.Santos@det.uvigo.es).

Luis Anido es Profesor Titular del Dept. de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, E.T.S.E. Telecomunicación, Campus Universitario S/N, 36310, Vigo, Pontevedra, España (e-mail: Luis.Anido@det.uvigo.es).

Martín Llamas es Profesor Titular del Dept. de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, E.T.S.E. Telecomunicación, Campus Universitario S/N, 36310, Vigo, Pontevedra, España (e-mail: Martin.Llamas@det.uvigo.es).

I. INTRODUCCIÓN

ANTE un panorama donde coexisten una creciente multitud de instituciones que ofrecen servicios educativos (total o parcialmente) a través de Internet, se hace necesaria la presencia de sistemas de intermediación (o Brokers) especializados que recojan e integren la oferta educativa existente y ofrezcan a sus usuarios servicios automatizados y personalizados que alivien las tareas de búsqueda y localización de aquellos cursos más apropiados a sus necesidades, preferencias y particularidades individuales.

En este sentido, nuestro grupo de investigación está trabajando en la definición y diseño de un sistema de intermediación para el dominio del Aprendizaje Electrónico que, integrando las últimas especificaciones y recomendaciones definidas en el proceso de estandarización de las Tecnologías de la Educación y haciendo uso de las técnicas y mecanismos de la Web Semántica [3], proporcionen servicios de alto valor añadido a los usuarios que buscan cursos on-line adecuados a sus necesidades.

Tanto el Modelo de Negocio como la Arquitectura Funcional de nuestra propuesta inicial de un Sistema de Intermediación para el dominio del Aprendizaje Electrónico aparecen descritos en [17]. El sistema proyectado extiende y complementa los trabajos previos de los autores en el campo de la intermediación [1][2] mediante la incorporación de mecanismos semánticos e inferenciales. Entre las características más destacables de nuestra propuesta podemos mencionar:

- La utilización de las últimas especificaciones procedentes del mundo de la estandarización de las tecnologías educativas, como los modelos de metadatos para describir recursos educativos, esquemas para intercambio de información sobre los estudiantes o modelos de datos para describir preferencias y características de accesibilidad.
- El empleo de información contextual (como fechas de matriculación, descripción de las instituciones que proporcionan los servicios educativos, descripción de las plataformas y herramientas de e-learning utilizadas

para impartir los cursos, etc.), además de las propias descripciones de los cursos, para parametrizar las búsquedas.

- La mejora de los mecanismos de búsqueda tradicionales mediante la incorporación de técnicas de la Web Semántica.
- El empleo de recomendaciones y especificaciones internacionales que permiten la interoperabilidad de sistemas mediante protocolos (tales como los Web Services [6] definidos por el W3C) y prácticas normalizadas (como las descritas en la especificación IMS Digital Repositories [16]).

Este artículo se enfoca en la descripción del desarrollo de las ontologías [4] que conforman el elemento central, la Base de Conocimiento, de cualquier Sistema Experto (c.f. Figura 1), como puede ser un Sistema de Intermediación Semántico, a partir del cual se pueden desarrollar servicios de alto valor añadido.

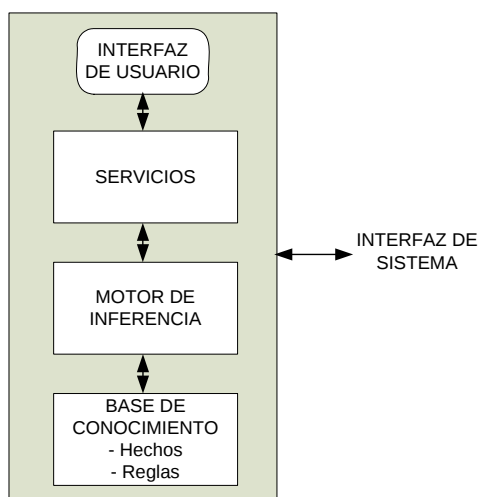


Figura 1. Arquitectura básica de un sistema experto

La organización del artículo es como sigue: en la Sección 1 se introduce la motivación del presente trabajo; en la Sección 2 se trata la metodología utilizada para obtener la ontología; la Sección 3 describe brevemente las clases y propiedades identificadas en la ontología; y por último en la Sección 4 se establecen algunas conclusiones y líneas futuras.

II. METODOLOGÍA

Un requisito fundamental para la construcción de un sistema experto es la definición y uso de ontologías. Las ontologías se vislumbran como el mecanismo canónico en la Web Semántica para representar la semántica de los recursos Web de tal forma que esta información pueda ser procesada por aplicaciones inteligentes. Una ontología [4] define los términos utilizados para describir y representar un área de conocimiento (como podría ser el dominio de la medicina, manufacturación de herramientas, reparación de automóviles, gestión financiera, etc.), incluyendo definiciones

“interpretables” por máquinas de los conceptos básicos en el dominio y las relaciones existentes entre los mismos.

Aunque durante los últimos años se han propuesto varios lenguajes para la definición de ontologías (ver [5]), en Febrero del 2004 el W3C ha estandarizado OWL (Ontology Web Language) [10] como lenguaje para la descripción semántica de recursos en la Web Semántica. De este modo, OWL es el lenguaje utilizado para desarrollar nuestra ontología.

ELEARNIG-ONT es una ontología, desarrollada en OWL, que integra en un marco común algunos de los modelos de datos estandarizados más relevantes en el campo del e-learning con el fin de definir los conceptos para representar y describir cursos (y otros recursos educativos), alumnos, proveedores de servicios educativos, plataformas de e-learning, competencias, planificaciones temporales, dispositivos de acceso, etc.

La creación de una ontología es un proceso y, como tal, está compuesta de una serie de actividades que se realizan en orden, con un determinado fin. El desarrollo de una ontología es un proceso necesariamente iterativo: se realizará un primer esbozo de lo que puede ser la ontología, que posteriormente se irá refinando.

No existe una única metodología para la construcción de ontologías. La empleada en nuestro caso (siguiendo las recomendaciones expuestas tanto en [15] como en [9]) se puede estructurar en los siguientes pasos:

1. Determinación del propósito y el ámbito de aplicación de la ontología: Es necesario responder a una serie de preguntas: a) ¿Cuál será el ámbito de aplicación de la ontología? b) ¿Para qué utilizaremos la ontología? c) ¿Quién utilizará y mantendrá la ontología? En nuestro caso, la ontología se ha elaborado con el fin de posibilitar la construcción de sistemas de intermediación semánticos que faciliten a sus usuarios fundamentalmente la búsqueda y localización automática de cursos on-line adecuados a sus necesidades, preferencias y nivel de conocimiento.
2. Consideración sobre la reutilización de ontologías existentes: Es importante considerar aquello que otras personas han hecho e intentar refinarlo y extenderlo para el caso particular que se esté tratando. La reutilización de las ontologías existentes es un requisito inexorable ya que nuestro sistema necesita interactuar con otras aplicaciones (básicamente proveedores de servicios educativos) que ya se han comprometido con determinados esquemas y vocabularios, en este caso, los modelos de datos estandarizados en el dominio del e-learning.
3. Enumeración de los términos más importantes en la ontología: Resulta muy útil poner por escrito una lista de los conceptos más fundamentales que debieran aparecer en la ontología. En nuestro caso, estos conceptos son los “Recursos Educativos”, “Usuarios”, “Preferencias de Usuario”, “Cursos”, “Calendarios Escolares”, “Proveedores de Servicios Educativos” y “Plataformas de E-learning”. Para estos conceptos es

necesario establecer las propiedades que permitan caracterizarlos y, por tanto, describirlos.

4. Definición de las clases y las jerarquía de éstas: Existen varias posibilidades para el desarrollo de la jerarquía de clases: top-down, bottom-up y una combinación de ambas. En nuestro caso, debido a que ya existen modelos de datos de uso común con los que la ontología debe ser “compatible” y de la que se extraen la mayoría de las clases y propiedades que conforman ELEARNING-ONT, se ha optado por una técnica que combina ambas metodologías. En concreto, la identificación nuevas clases se realiza a partir de la identificación de nuevos parámetros de búsqueda que vienen dados por el refinamiento sucesivo de los casos de uso posibles para un cliente del servicio de intermediación (en [2] se describe el proceso obtención de estos casos de uso).
5. Definición de las propiedades de las clases: Las clases por sí solas no proporcionan suficiente información para responder a las preguntas que se planteaban en el primer paso de la construcción de ontologías. Una vez que se han definido las clases es necesario establecer la estructura interna de los conceptos.
6. Definición de las características de las propiedades: Las propiedades pueden tener diferentes características, tales como el rango de valores permitidos o la cardinalidad. Algunas de estas características son altamente dependientes de la aplicación final que va a hacer uso de la ontología.
7. Creación de instancias: El último paso consiste en crear instancias de las clases en la jerarquía. La definición de una instancia individual de una clase requiere elegir la clase, crear la instancia de esa clase y rellenar los valores de las propiedades. En nuestro caso, será fundamentalmente el propio sistema de intermediación el encargado de crear estas instancias a partir de un proceso de transformación de los datos recogidos de los proveedores de servicios educativos y de los propios usuarios del sistema (ver [17]).

III. DESCRIPCIÓN DE ELEARNING-ONT

La ontología construida, que se describe en este apartado, incluye la definición de los conceptos, y sus relaciones, necesarios para desarrollar servicios de intermediación en el dominio del e-learning.

Debido a la gran cantidad de términos identificados, la ontología se organiza en varios espacios de nombres (o sub-ontologías). Existe un espacio de nombres base, donde se definen los conceptos fundamentales tales como “Recurso Educativo”, “Curso” o “Proveedor de Servicios Educativos” (c.f. Figura 2), y una serie de espacios de nombres subordinados o sub-ontologías que incluyen las propiedades, con sus vocabularios correspondientes, que pueden ser utilizadas para describir en detalle las instancias de las clases más básicas.

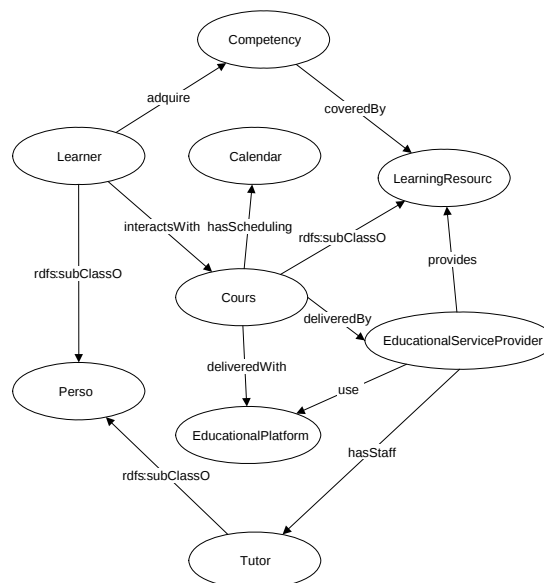


Figura 2. Vista parcial de la ontología base

A. Ontología de usuarios

En esta sub-ontología se incluyen las propiedades y clases relacionadas directamente con la caracterización de los usuarios del sistema de intermediación. Los términos recogidos en este espacio de nombres se han extraído fundamentalmente de los modelos de datos Learning Information Package [13] y Accessibility [14], ambos desarrollados por el consorcio IMS. El primero de estos modelos identifica los elementos necesarios para describir las características de un (potencial) estudiante, mientras que el segundo extiende al anterior con elementos que permiten especificar determinadas preferencias de usuario.

Utilizando las clases y propiedades incluidas en esta ontología es posible realizar declaraciones OWL que especifican la siguiente información del usuario: los datos identificativos (propiedad *lip:identification*), sus objetivos pedagógicos (*lip:goal*), calificaciones (*lip:qcl*), afiliaciones (*lip:affiliation*), intereses (*lip:interest*), claves de seguridad (*lip:securityKey*), competencias (*lip:competency*) y las actividades educativas (*lip:activity*) realizadas por el estudiante.

La existencia de una ontología sobre usuarios en ELEARNING-ONT (c.f. Figura 3) posibilita al sistema de intermediación la realización de búsquedas adaptadas a las necesidades y preferencias de los usuarios, obteniéndose de este modo resultados más relevantes para el mismo.

B. Ontología de Cursos y Recursos Educativos

La obtención de esquemas de metadatos que permitan describir y caracterizar recursos educativos (y por extensión cursos) ha sido, durante los últimos años, una de las actividades más prolíficas en el proceso de estandarización de las tecnologías de la educación. Actualmente, el modelo Learning Object Metadata (LOM) [7], desarrollado conjuntamente por varias de las instituciones involucradas en este proceso, es ya un estándar oficial del IEEE. Este estándar,

y más en concreto su binding RDF, desarrollado por Nilsson et al [12], ha sido utilizado como base para la sub-ontología de ELEARNING-ONT que incluye las clases y propiedades destinadas a caracterizar los recursos educativos y, por extensión, los cursos académicos (c.f. Figura 4).

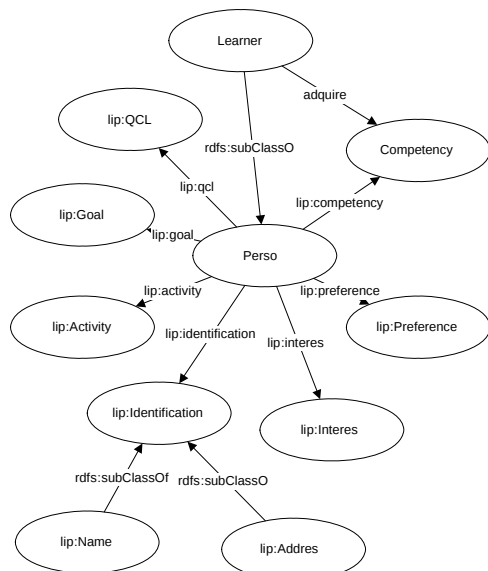


Figura 3. Vista parcial de la ontología de usuarios



Figura 4. Vista parcial de la ontología de cursos y recursos educativos

Esta ontología está formada por 10 espacios de nombres que agrupan las clases y propiedades relativas a un determinado aspecto de los cursos: *lom-base* (que incluye únicamente clases de carácter muy general utilizadas en los demás espacios de nombres), *lom-general* (con propiedades que permiten especificar el nivel de agregación y el tipo de estructura de los recursos educativos), *lom-lifecycle* (con propiedades y clases orientadas a la descripción del ciclo de

vida del recurso/curso), *lom-metametadata* (que contiene clases y propiedades para describir el esquema de metadatos utilizado), *lom-technical* (que hace referencia a los requisitos técnicos necesarios para la existencia del recurso educativo), *lom-educational* (que es el espacio de nombres más importante y en el que se definen clases y propiedades que describen aspectos pedagógicos de los recursos/cursos), *lom-rights* (centrado principalmente en los costes y las restricciones de tipo legal existentes sobre el recurso educativo), *lom-relation* (que consta simplemente de una propiedad, *isBasisFor*), *lom-annotation* (que se utilizará principalmente para hacer comentarios sobre los recursos/cursos) y por último *lom-classification* (cuyo principal objetivo es indicar el sistema de clasificación en el que se puede encuadrar el recurso).

C. Ontología de Proveedores de Servicios Educativos

En esta sub-ontología se reúnen los términos que permiten realizar descripciones sobre los proveedores de servicios educativos. Estos son las entidades u organizaciones que imparten los cursos on-line a través de una plataforma de e-learning determinada. Debido a que no existen en el campo del e-learning modelos conceptuales estandarizados en este sentido, se ha recurrido al dominio del comercio electrónico para localizar esquemas de uso común que permitan la descripción de empresas. En nuestro caso nos hemos basado fundamentalmente en la Enterprise Ontology [18], desarrollada por el Artificial Intelligence Applications Institute de la Universidad de Edimburgo para definir las clases y propiedades de nuestra sub-ontología.

Estas propiedades y clases permiten especificar los datos pertinentes de un proveedor de servicios educativos, como puedan ser el tipo de proveedor que es, sus datos identificativos, la estructura de la organización, los recursos que ofrece o sus objetivos (c.f. Figura 5).

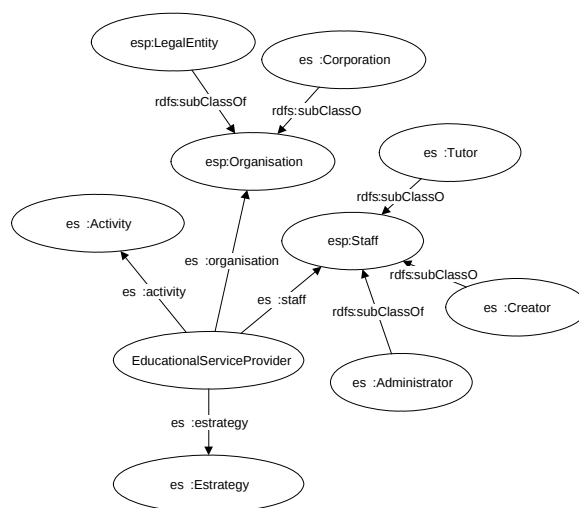


Figura 5. Vista parcial de la ontología de proveedores de servicios educativos

D. Ontología de Plataformas Educativas

Los contenidos de los cursos on-line son ofrecidos a los estudiante a través de plataformas de e-learning. Una plataforma de e-learning es una aplicación Web que aglutina herramientas y servicios propios de Internet en un espacio acotado específicamente configurado y organizado para soportar el aprendizaje de forma conveniente y satisfactoria.

Para la elaboración de la sub-ontología que permite caracterizar estas aplicaciones se han utilizado diversas comparativas de las que se han tomado los términos que se han considerado más convenientes. La experiencia de los autores en la construcción de plataformas de e-learning ha sido fundamental a este respecto. Estos términos permiten definir fundamentalmente las herramientas disponibles en una plataforma. A modo de ejemplo, en la Figura 6 se representan algunas de las clases relacionadas con la caracterización de las herramientas de comunicación.

E. Otras ontologías y Taxonomías

Además de las sub-ontologías mencionadas, se han utilizado como soporte otros vocabularios y taxonomías de uso común. Entre ellos, se ha empleado un subconjunto del esquema de clasificación del conocimiento Universal Decimal Classification [11] para su utilización como vocabulario de varias de las propiedades definidas en ELEARNING-ONT. También se ha importado la ontología DAML-Time [8] para representar conceptos temporales (los términos definidos en esta ontología permiten definir calendarios de impartición de cursos). Asimismo, se está considerando la posible utilización de ontologías que permitan describir los dispositivos de acceso de los usuarios.

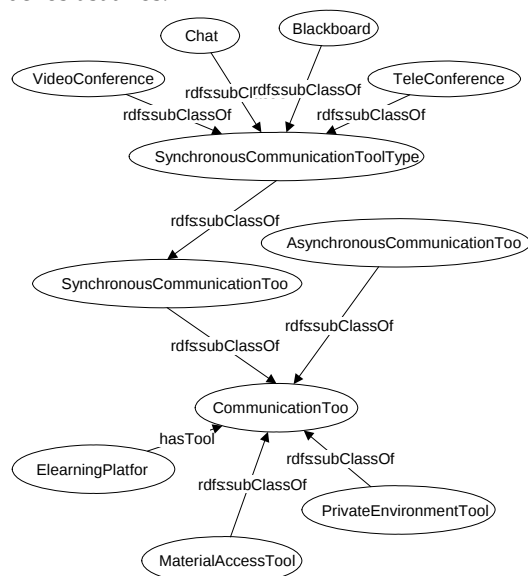


Figura 6. Vista parcial del vocabulario para caracterizar herramientas de comunicación

IV. CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas de Web Semántica abre nuevas posibilidades de exploración científica en diferentes ámbitos. El dominio del aprendizaje electrónico no es una excepción y

aquí hemos presentado un elemento fundamental a la hora de llevar a cabo la aplicación de estos conceptos: la definición de una ontología apropiada. En particular nos hemos centrado en uno de los aspectos más problemáticos en éste y otros dominios, la localización de recursos u objetos apropiados a las necesidades específicas de un usuario, sin necesidad de realizar búsquedas manuales utilizando los motores de búsqueda convencionales. En un escenario ideal de aplicación de la Web Semántica, no se trataría sólo de un servicio de localización sino de intermediación, en el cual el sistema se encarga de realizar todas las acciones que son necesarias desde que el usuario siente la necesidad de acceder a un recurso y finalmente consigue acceder a aquél que mejor se adapta a sus necesidades y condiciones tanto generales como temporales.

Esta ontología, a la que hemos llamado ELEARNING-ONT consta de una serie de sub-ontologías que nos permiten tratar por separado diferentes aspectos a tener en cuenta. Las principales son:

- Las características y peculiaridades de los alumnos.
- La información existente sobre los diferentes recursos u objetos educativos disponibles.
- Datos sobre las instituciones responsables de la ejecución de los cursos.
- Características sobre las plataformas de e-learning o LMSs sobre las que se ejecutan estos cursos.

El tratamiento de estas sub-ontologías mediante reglas de inferencia adecuadas (c.f. Figura 1) permite optimizar los resultados de una intermediación en un entorno distribuido como puede ser el WWW. En trabajos previos se han aplicado los mismos conceptos en entornos tecnológicos anteriores [1][2] y se ha presentado la arquitectura soporte [17] para el uso de ELEARNING-ONT.

En el momento de escribir este artículo nos encontramos en las fases finales en la definición de la ontología y reglas de inferencia y comenzando el desarrollo de un prototipo conforme a la arquitectura presentada en otros trabajos. La intención del equipo de investigación es poder realizar comparaciones entre el uso del sistema propuesto y otros existentes en la actualidad y de reconocido prestigio internacional como ARIADNE [20] o CELEBRATE [19] para lo cual contamos con el acceso a estos sistemas a través de la participación del equipo en proyectos como LIFE [21] o en grupos como el CEN/ISSS WS-LT [22].

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al "Ministerio de Educación y Ciencia" por su apoyo parcial a este trabajo a través del proyecto "MetaLearn: metodologías, arquitecturas y lenguajes para servicios adaptativos para E-learning" (TIN2004-08367-C02-01) así como a la European Commission, Directorate-General for Education and Culture (DG EAC) por su soporte a través del proyecto Learning Interoperability Frameworks for Europe (LIFE).

REFERENCIAS

- [1] L. Anido, M.J. Fernández, M. Caeiro, J.M. Santos, J. Rodríguez, M. Llamas, "Educational metadata and brokerage for learning resources". *Computers and Education*, vol. 38, no. 4, pp. 351-374, May 2002.
- [2] L. Anido, J. Rodríguez, M. Caeiro, J.M. Santos, "High-level brokerage services for the e-learning domain". *Computer Standards & Interfaces*, vol. 25, no. 4, pp. 303-327, August 2003.
- [3] T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, "The Semantic Web". *Scientific American*, May issue, 2001.
- [4] B. Chandrasekaran, J.R. Josephson, V.R. Benjamins, "What Are Ontologies and Why Do We Need Them". *IEEE Intelligent Systems*, vol. 14, no. 1, pp. 20-26, January 1999.
- [5] A. Gómez-Pérez, O. Corcho, "Ontology Languages for the Semantic Web". *IEEE Intelligent Systems*, vol. 17, no. 1, pp. 54-60, January-February 2002.
- [6] H. Haas, E. Newcomer, M. Champion, F. McCabe, D. Orchard, D. Booth, C. Ferris C, "Web Services Architecture". W3C Working Group Note, 11 February 2004.
- [7] W. Hodgins, E. Duval E, "Learning Object Metadata Standard". IEEE 1484.12.1, 2002.
- [8] J. Hobbs, "A DAML Ontology of Time". DAML Technical Report, 2004.
- [9] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh. *The Unified Software Development Process*, Addison-Wesley, 1999.
- [10] D.L. McGuinness, F. van Harmelen, "OWL Web Ontology Language Overview". W3C Recommendation, 10 February 2004.
- [11] I.C. McIlwaine, "The Universal Decimal Classification: guide to its use". UDC Publication, no. P035, 2000.
- [12] M. Nilsson, M. Palmér, J. Brase, "The LOM RDF binding: principles and implementation". Proc. of the 3rd Annual ARIADNE Conference, Leuven, Belgium, 20-21 November 2003.
- [13] M. Norton, J. Treviranus, "IMS Learner Information Package Information Model Specification". IMS Technical Report, 2001.
- [14] M. Norton, J. Treviranus, "IMS Learner Information Package Accessibility for LIP Information Model". IMS Technical Report, 2003.
- [15] N.F. Noy, D.L. McGuinness, "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". Stanford-Protégé Project Report, 2000.
- [16] K. Riley, M. McKell, "IMS Digital Repositories Interoperability - Core Functions Best Practice Guide". IMS Technical Report, 2003.
- [17] J.M. Santos, L. Anido, M. Llamas, "Hacia un Sistema de Intermediación Semántico en el Campo del E-learning". Proc. of the 6º Simposio Internacional de Informática Educativa, Cáceres, 2004.
- [18] M. Uschold, M. King, S. Moralee, Y. Zorgios, "The Enterprise Ontology". *The Knowledge Engineering Review*, vol. 13, special issue on Putting Ontologies to Use, 1998.
- [19] F. Van Assche, D. Massart, "Federation and brokerage of learning objects and their metadata". Proc. of 4º International Conference on Advanced Learning Technologies, Joensuu, Finland, August 30 - September 1 2004.
- [20] Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe (ARIADNE) Web Site at <http://www.ariadne-eu.org/>
- [21] Learning Interoperability Framework for Europe (LIFE) Web Site at <http://life.eun.org/>
- [22] CEN Information Society Standardization System WSLT Web Site at <http://www.cenorm.be/cenorm/businessdomains/businessdomains/issv/activity/wslt.asp>



Juan M. Santos es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Vigo (1998) en la especialidad de Ingeniería Telemática. Desde el 2000 forma parte, actualmente como Ayudante de Universidad, del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, donde ha impartido docencia en asignaturas relacionadas con la programación de ordenadores, la ingeniería del software y la arquitectura de ordenadores. Ha participado en numerosos proyectos de I+D+i, tanto de carácter nacional como internacional, fundamentalmente en los ámbitos del aprendizaje electrónico y del comercio electrónico. Actualmente está en la última fase de elaboración de su tesis doctoral que lleva por título "Contribución a los Sistemas de Intermediación en el ámbito del Aprendizaje Electrónico utilizando Tecnologías Semánticas".



Luis Anido es natural de Lugo (21 de junio de 1973). Es Ingeniero de Telecomunicación (1997) por la Universidad de Vigo en las especialidades de Telemática y Comunicaciones y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2001) por la Universidad de Vigo (sobresaliente cum laude por unanimidad). Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo. Asimismo ocupa el puesto de Director del Área de Innovación Educativa de la Universidad de Vigo.



Martín Llamas es Ingeniero de Telecomunicación (1986) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (1994) por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde Marzo de 1987 es profesor contratado del Área de Ingeniería Telemática en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo, y desde Septiembre de 1996, Profesor Titular de Universidad. 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 100 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 5

Ferramentas de autoria de sistemas hipermídia adaptativos para aprendizagem: um ponto de situação

Joel Pinho Lucas, Constantino Martins, Ricardo Silveira e Carlos Vaz de Carvalho

Title—Authoring Tools For Adaptive Learning Hypermedia Systems: An Overview

Abstract—A Adaptive Hypermedia System (SHA – in Portuguese) adjusts the presentation of contents and navigation to the specific characteristics of the user. An SHA aims at guiding the user to the most relevant information, hiding uninteresting or too complex information. Thus, the use of SHA for learning is very efficient due to its ability to offer accurate cognitive encouragement to the students. This survey highlights current characteristics of authoring tools for SHA and helps the reader to select the most appropriate for a specific task and to identify fragilities.

Keywords—Adaptation, Adaptive Hypermedia Systems, Learning

Resumo—Um Sistema Hipermídia Adaptativo (SHA) define-se como sendo um sistema de visualização em que os conteúdos a apresentar, a sua forma de apresentação e navegação são ajustados de acordo com as características de cada utilizador, com o objetivo de guiá-lo para a informação mais relevante, desviando-o de informação menos interessantes ou que ele não conseguiria entender. A utilização de SHA em processos de Ensino/Aprendizagem (SHAA) torna-se assim bastante eficaz, pela capacidade de oferecer ao aluno os estímulos cognitivos corretos no momento adequado, facilitando o trajeto construtivista de aprendizagem. Este estudo debruça-se sobre as características atuais das ferramentas de autoria de SHAA, permitindo determinar as mais adequadas para uma determinada finalidade e, ao mesmo tempo, detectar eventuais fragilidades.

Este trabajo fue presentado originalmente al VI Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, Novembro 2005.

Joel Pinho Lucas, Bacharel em Ciência da Computação – UFPEL; Doutorando em Informática y Automática, Universidad de Salamanca (USAL), Espanha; joelpl@gmail.com

Constantino Martins, Mestre em Gestão de Informação - Universidade do Porto; Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) - Portugal; const@dei.isep.ipp.pt

Ricardo Silveira, Doutor em Ciência da Computação - Dep. de Informática e Estatística da UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; silveira@inf.ufsc.br

Carlos Vaz de Carvalho, Doutor em Tecnologias e Sistemas de Informação - Universidade do Minho; Professor do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) – Portugal; cmc@isep.ipp.pt

Palavras-chave—Adaptação, Sistema Hipermídia Adaptativo, Aprendizagem

I. INTRODUÇÃO

Paul de Bra [8], [9] refere que a principal motivação para a utilização de SHA tem a ver com a inadequação de sítios da Web que apresentam as mesmas informações, da mesma forma, para todos os usuários. Sendo assim, torna-se necessária uma personalização dos conteúdos digitais que são proporcionados aos usuários, visto que estes têm diferentes objetivos e distintos graus de conhecimento. Quando se trata de informação hipermídia, tal necessidade torna-se ainda maior pois a variedade de materiais providos nestes sistemas é bastante ampla.

Henze et. al. [10] propõe que os SHA ampliam a funcionalidade dos sistemas hipermídia usuais, personalizando-os a cada usuário individual, proporcionando, a cada um, uma visão e possibilidades de navegação e interação diferente com o sistema. Os SHA definem/utilizam um modelo de usuário para guardar informações sobre o conhecimento prévio, objetivos de aprendizagem, experiências, estilos de aprendizagem, etc., a fim de adaptar o conteúdo e a estrutura de navegação a cada usuário individual [15].

Para Brusilovsky [1], [2], o processo de design e autoria de SHA para aprendizagem (SHAA) é mais complexo que o design de SH educacionais tradicionais, pois para prover adaptação é necessário especificar o conhecimento inerente às páginas de hipermídia, devendo ser feita a conexão destes elementos com o espaço do conhecimento. A existência de instrumentos que auxiliem os desenvolvedores de SHA no processo de autoria e design é fundamental para que o esforço despendido para incorporar a adaptação nos seus cursos seja eficaz e produza resultados reutilizáveis [3]. No entanto, mesmo sendo a Educação sendo um campo de estudo primário para o desenvolvimento de SHA, ainda não existe atualmente um número considerável de ferramentas para a autoria de SHAA [2].

Justifica-se assim a realização de um estudo com o intuito de fornecer uma análise que facilite o processo de escolha de uma ferramenta de autoria de SHA. Por um lado permitirá adequar essa escolha de acordo com os objetivos e necessidades do sistema que se deseja desenvolver; por outro proporcionará uma visão global sobre o estado da arte, indicando caminhos de pesquisa e desenvolvimento que possam eliminar fragilidades detectadas.

II.FERRAMENTAS PARA A AUTORIA DE SHA

Neste estudo são descritas seis ferramentas: AHA! [8], MOT [4], AdaptWeb [14], ATLAS [11], MEDEA [17] e NetCoach [13]. Os critérios de seleção destas ferramentas levaram em conta o estado atual de pesquisa e desenvolvimento das mesmas, a disponibilidade de fontes científicas para consulta e a disponibilidade de utilização das mesmas.

Procurou-se destacar a forma como cada ferramenta possibilita o design do modelo de domínio, do modelo de usuário e do modelo de adaptação. Também se observaram as técnicas utilizadas para fornecer adaptação, assim como aspectos gerais do funcionamento e instalação de cada uma das ferramentas. Além disso, descreveu-se como cada ferramenta permite que os materiais educacionais sejam conectados aos elementos do modelo de domínio, tomando-se como base a abordagem definida por Brusilovsky [2].

A.AHA!

O AHA!¹ é um sistema de autoria de SHA baseado na Web e na tecnologia Java Servlets, desenvolvido por Paul De Bra, da Eindhoven University of Technology. A ferramenta necessita de um servidor Web (com o sistema operacional Windows ou Linux) que possua suporte para Java Servlets. O utilizador, por sua vez, precisa de um navegador que suporte Java Runtime Environment (JRE). O armazenamento de dados pode ser feito através do SGBD MySQL ou por arquivos XML.

Um sistema modelado com o AHA! é composto por três elementos: um modelo do domínio, um modelo de usuário e um modelo de adaptação. O modelo do domínio é formado por conceitos e relações entre eles (um requisito é uma relação entre conceitos), utilizando-se uma abordagem multi-concept indexing, ou seja, cada página deve incluir pelo menos um conceito. Tal página pode ser dividida em fragmentos e dependendo do perfil do aluno, alguns desses fragmentos podem ser omitidos. As páginas são agrupadas em seções, capítulos ou outra estrutura de maior nível.

O modelo de usuário consiste de atributos que podem representar conhecimento ou interesse do usuário acerca do conceito. Para cada conceito existente no modelo do domínio, existe um correspondente no modelo de usuário, o qual ainda pode conter conceitos que não possuem significado no domínio – overlay [2].

O AHA! possibilita adaptação ao aluno na apresentação de conteúdos e nos caminhos de navegação. Na apresentação de conteúdos, a adaptação é realizada através da definição de regras associadas a elementos no modelo de aluno, definindo-se quais fragmentos serão exibidos ao aluno. A adaptação fornecida na navegação é feita através do preenchimento ou não de requisitos no estado atual do modelo de usuário.

O processo de autoria no AHA! é baseado na construção de uma hierarquia de conceitos e um sistema de regras. Cada regra define a variação de um determinado parâmetro de um conceito após o aluno o ter “visitado”. Essa variação pode ser associada a avaliação de alguma atividade realizada sobre o conceito.

Para dar suporte à autoria de modelos, o AHA! dispõe de três ferramentas: o “Form Editor”, o “Concept Editor” e a “Graph Authoring Tool”. A primeira possibilita a criação de formulários para alterar o modelo de aluno que está sendo composto. A segunda permite a criação de conceitos, atributos e regras. Este é o componente que possui o maior número de funcionalidades, porém apresenta um nível de abstração baixo, fato que dificulta uma visualização mais global e intuitiva do sistema. Por fim, o Graph Authoring Tool permite a criação de conceitos e relações entre os mesmos. Este componente serve como um auxílio no início do processo de design do sistema, tornando tal processo mais intuitivo, pois possibilita uma definição gráfica da estrutura do sistema. Após, o que foi projetado na Graph Authoring Tool pode ser exportado para o Concept Editor, podendo assim descrever mais detalhadamente o sistema.

B.MOT

O MOT² (My On-line Teacher) é uma ferramenta igualmente desenvolvida na Eindhoven University of Technology (TU/e), implementada em Perl e com armazenamento de dados através do SGBD MySQL. O acesso do usuário ao MOT é feito através de um navegador Web. O MOT é disponibilizado como um software livre sob a licença GNU GPL. A ferramenta possui uma interface gráfica, na qual, através de formulários, é possível fazer o design de um sistema adaptativo sem ter conhecimentos específicos sobre HTML e XML.

O MOT baseia-se e procura alcançar a especificação proposta pelo Modelo LAOS (Layered AHS Authoring-Model and Operators) [4], o qual é composto por cinco camadas: o modelo conceitual, o modelo de objetivos e restrições (no formato de uma camada de lição), o modelo de usuário, o modelo de adaptação e o modelo de apresentação. Com exceção do modelo de adaptação, todos os modelos podem ser representados em mapas de conceitos. Com o intuito de obter maior reutilização, assim como um melhor panorama estrutural, o LAOS utiliza um enfoque de Web Semântica para a representação do conhecimento [6]. O modelo conceitual expressa o modelo do domínio, que contém sub-camadas hierárquicas que representam conceitos (atômicos ou

¹ O AHA! tem o código fonte aberto e pode ser obtido através da seguinte URL: <http://aha.win.tue.nl/>

² Uma versão de teste pode ser acessada em: <http://www.wis.win.tue.nl/MOT03>

compostos) com seus respectivos atributos. De acordo com a classificação de Brusilovsky [2], o MOT tem uma abordagem “enhanced concept-based hyperspace”, ou seja, cada conceito pode ser vinculado a vários materiais educacionais.

No MOT existe a separação entre conceito e lição – os conceitos pertencem ao modelo do domínio e as lições pertencem a um modelo de objetivos e restrições. Os objetivos definem as metas a atingir na apresentação do conteúdo e as restrições definem limites no espaço educacional. Este modelo engloba todo o material pedagógico e os elementos de ligação, nos quais é possível definir pré-requisitos. De acordo com Power et. al. [16], o objetivo deste modelo é, a partir de diversos mapas de domínio, recolher pedaços discretos de informação (atributos de conceitos) e agrupá-los de uma forma adequada para apresentação ao aluno.

A versão atual do MOT apenas possui duas camadas do LAOS: modelo conceitual e o modelo de objetivos e restrições) estando o modelo de usuário e o modelo de adaptação a serem desenvolvidos futuramente [16]. O modelo de usuário no MOT é composto por um modelo dinâmico do histórico do aluno no sistema. Além disso, pode-se definir um modelo overlay, no qual define-se a relevância de cada material educacional através da atribuição de rótulos e pesos.

No modelo de adaptação utiliza-se as definições do LAG (Layers of Adaptivity Granulation), que define três camadas para a estruturação de um modelo de adaptação e uma linguagem que possibilita a especificação de regras que relacionam elementos do modelo de usuário com elementos dos modelos conceitual e de objetivos e restrições.

Finalmente, quanto ao modelo de apresentação, pretende-se implementar um modelo híbrido, similar ao modelo de usuário [5].

C. AdaptWeb

O AdaptWeb está sendo desenvolvido em um projeto desenvolvido por duas universidades, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Estadual de Londrina (UEL), com o objetivo de auxiliar professores na autoria de material educacional na Web. Sua implementação é feita em PHP e o armazenamento de dados é feito através do SGBD MySQL. O sistema deve estar instalado em um servidor Web para posteriormente ser acessado pelo usuário através de um navegador. O AdaptWeb é disponibilizado como um software livre sob a licença GNU GPL³.

A arquitetura do AdaptWeb é composta por cinco componentes: Autoria, Armazenamento, Definição Tecnológica do Ambiente, Seleção de Conteúdo Adaptativo e Apresentação Adaptativa:

- 1) O Componente de Autoria é o elemento responsável pelos conteúdos que posteriormente serão apresentados ao aluno. Tais conteúdos são fragmentados em conceitos (cada um relacionado com um arquivo HTML mas também outros arquivos com materiais referentes). Tal como o MOT, tem uma abordagem enhanced concept-

based hyperspace, e a relação entre os conceitos definidos é estruturada através da especificação de pré-requisitos.

- 2) O Componente de Armazenamento é o responsável pela transformação dos materiais educacionais que foram depositados no ambiente, de forma hierárquica, em arquivos XML e HTML.
- 3) O Componente de Definição Tecnológica do Ambiente refere-se ao perfil tecnológico do ambiente de trabalho do aluno e fica armazenado no modelo de aluno, juntamente com as preferências e seu estilo cognitivo de aprendizagem. Tal modelo é construído dinamicamente ao longo da interação do aluno com o sistema.
- 4) O Componente de Seleção de Conteúdo Adaptativo é o responsável por selecionar, tendo como base as informações contidas no modelo de aluno, os conteúdos que posteriormente serão exibidos ao aluno. Tais conteúdos, que estão estruturados nos arquivos XML e HTML, são apresentados ao aluno pelo Componente de Apresentação Adaptativa, o qual também utiliza informações (preferências de navegação e perfil tecnológico) contidas do modelo de aluno. Assim, o AdaptWeb propicia adaptação tanto na navegação, como na apresentação de conteúdos.

Para realizar tal adaptação, o AdaptWeb possibilita a realização de uma descrição ontológica dos conteúdos, do modelo de aluno e das táticas de apresentação. Todo o material educacional utilizado é descrito na forma de um Objeto de Aprendizagem. Tal ontologia possibilita a definição de metadados que para reutilização de materiais educacionais.

Outras técnicas propostas por De Bra [7] são utilizadas no AdaptWeb, como: link disabling, para adaptação de seqüências de navegação; link annotation, para identificar tópicos desativados, tópicos já visitados e tópicos por visitar; history list, para envolver o estudante no conteúdo; link removal, para adaptar os links [14].

D. ATLAS

A ferramenta ATLAS⁴ está sendo desenvolvida na Universidad Autónoma de Madrid (UAM), através do projeto INTEREDU. Possui uma interface gráfica desenvolvida em Java e pode ser executada em qualquer sistema operacional que possua o Kit de Desenvolvimento Java (JDK) na versão 1.2 ou superior.

O ATLAS foi desenvolvido com base na estrutura do TANGOW⁵, um sistema baseado na Web que fornece suporte à autoria de cursos adaptativos. O resultado originado pelo ATLAS é um modelo de curso pronto para ser processado pelo TANGOW, o qual fornece suporte em tempo de execução [11]. Na interface gráfica do ATLAS existe um item que possibilita a geração do curso - conjunto de arquivos HTML - que, posteriormente, devem ser fornecidas ao TANGOW. A interface gráfica do ATLAS é subdividida em três elementos, que auxiliam a definição dos seguintes modelos: tarefas, conteúdos e aluno.

3 O AdaptWeb pode ser obtido em <http://sourceforge.net> ou em <http://www.inf.ufrgs.br/adaptweb/>

4 O ATLAS possui o código fonte aberto e pode ser descarregado pela seguinte URL: <http://astreo.ii.uam.es/~atlas>

5 O TANGOW pode ser acessado através da seguinte URL: <http://www.ii.uam.es/esp/investigacion/tangow>

No ATLAS, ao invés de conceitos, existem tarefas que representam os objetivos de aprendizagem que o aluno deve atingir. No modelo de tarefas representa-se, de forma hierárquica, a estrutura do curso a ser modelado, com as dependências relativas entre tarefas. Tal estrutura de derivação acaba por formar uma árvore de tarefas. O modelo de conteúdos é composto por um conjunto de fragmentos de páginas HTML que representam as partes do curso. Cada tarefa deve ser associada com unidades de conteúdos correspondentes, sendo utilizado a abordagem *enhanced concept-based hyperspace*, pois cada tarefa pode estar associada com vários fragmentos de páginas.

O modelo de aluno é composto por um conjunto de atributos relativos ao conhecimento que o aluno possui sobre determinados conceitos inerentes às tarefas.

A adaptação é feita através de um raciocínio baseado em regras, o qual é realizado através de nós intermediários definidos entre cada tarefa e suas possíveis ramificações. Cada nó tem o papel de controlar qual, ou quais, ramificações da árvore de tarefas serão exibidas. A ativação de um ou outro ramo é determinada por um predicado, no qual devem ser definidas condições associadas com atributos do modelo de usuário e com o comportamento do aluno durante a execução do curso. De acordo com os resultados de tais condições, define-se qual ramificação irá ser seguida. Desta forma, a estrutura do curso a ser exibida ao aluno é gerada em tempo de execução.

E.MEDEA

MEDEA⁶ é uma plataforma baseada na Web e JSP, que fornece suporte à autoria de cursos adaptativos, desenvolvida pelo grupo Investigación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial (IA)² da Universidad de Málaga (UMA).

MEDEA tem como objetivo fundamental prover aos professores uma ferramenta para desenvolver ambientes educacionais inteligentes baseados na Web, por meio da reutilização de materiais já existentes. Para além disso, fornecer aos alunos um ambiente educacional no qual eles tenham um tutor encarregado de os auxiliar no processo de aprendizagem [17].

A arquitetura do MEDEA é composta por dois elementos - os recursos de aprendizagem e o núcleo (kernel). Os recursos de aprendizagem são, de acordo com Trella *et al.* [17], ambientes educacionais externos que realizam tarefas pedagógicas concretas (livros eletrônicos, sistemas de simulação, ferramentas de avaliação, etc.). Do ponto de vista do MEDEA, cada um destes recursos possui seu próprio modelo de domínio, uma interface de desenvolvimento para a autoria de conteúdos, uma interface do aluno e seu próprio modelo de aluno, o qual contém informações relevantes para serem transmitidas ao MEDEA. Já o núcleo do MEDEA é composto pelos seguintes elementos: o ambiente, o modelo do domínio, o modelo de aluno, o planejador instrucional e o administrador de conexão:

- 1) O ambiente é quem engloba a interface do aluno e que, através de componentes de controle, executa tarefas pedagógicas e interage com o modelo de aluno.
- 2) O modelo do domínio no MEDEA é representado por um modelo de rede semântica de conceitos, no qual definem-se as relações entre os mesmos. De acordo com Trella *et al.* [17], duas das relações são pedagógicas (*prerequisite_of* e *subtopic_of*) e outras duas são relações clássicas de definições ontológicas (*subconcept_of* e *part_of*). O modelo do domínio utiliza a linguagem OXML (Ontology eXtensible Markup Language) para descrever, através de uma ontologia, o conhecimento inerente ao domínio.
- 3) O modelo de aluno no MEDEA possibilita a representação de um modelo comportamental do aluno, no qual se representam propriedades relevantes ao processo de aprendizagem. Além do modelo comportamental, pode-se descrever o conhecimento do aluno acerca dos conceitos. Tal descrição é feita através de um modelo *overlay*, no qual existem duas camadas que são inferidas a partir de relações definidas no modelo do domínio. Tais inferências são realizadas através de duas redes bayesianas.
- 4) O planejador instrucional é um componente encarregado de guiar o aluno durante o processo de aprendizagem e conseqüentemente, de prover adaptação ao aluno quando o mesmo estiver sendo guiado. Tal processo de adaptação é composto por dois processos: *micro-adaptação* e *macro-adaptação*. O primeiro é responsável por selecionar os conceitos a serem ensinados ao aluno e o recurso instrucional mais adequado para tal fim. A *macro-adaptação* é encarregada de definir como apresentar o conceito ao aluno através do recurso instrucional selecionado.
- 5) Por fim, o administrador de conexão é o componente responsável por gerir toda a comunicação existente entre os componentes do MEDEA.

F.NetCoach

O NetCoach é uma plataforma desenvolvida e disponibilizada comercialmente pela ORBIS. Ele é executado pelo usuário em um navegador, para tanto, deve estar instalado em um servidor Web com sistema operacional Windows, Linux ou Apple.

A ferramenta de autoria NetCoach possibilita a realização de um processo completo de desenvolvimento de cursos adaptativos baseados na Web, o que inclui a autoria de material educacional, composição de testes, definição de objetivos de aprendizagem e adaptação do layout e comportamento da interface gráfica do curso [18]. Entre os recursos educacionais disponíveis no NetCoach existem algumas ferramentas, tais como o fórum de discussões e a ferramenta de Chat, que possibilitam a comunicação entre os utilizadores de um curso, tanto de forma assíncrona, como síncrona.

O modelo de domínio é chamado de “base de

⁶ Uma versão experimental da plataforma pode ser acessada através da seguinte URL: <http://polux.lcc.uma.es/medea/index.jsp>

conhecimento”, a qual contém os conceitos organizados de forma hierárquica, podendo estar relacionados através da especificação de pré-requisitos ou inferências, nas quais se possibilita que o sistema infira que se um conceito A é conhecido pelo aluno, um conceito B também o será. A base de conhecimento ainda possui os chamados “itens de teste” que possuem a função de avaliar o estado atual do conhecimento do aluno acerca de um conceito. A conexão dos elementos da base de conhecimento com os conteúdos é realizada utilizando a abordagem simple concept-based hyperspace, pois cada material educacional pode envolver apenas um único conceito.

O modelo de usuário possui um modelo overlay multi-camadas, nas quais é possível definir se um aluno já visitou a página correspondente ao conceito, que itens de teste ou exercícios ele visitou, se obteve sucesso na realização dos mesmos, se um conceito pode ser inferido como já aprendido e se o aluno marcou algum conceito como já aprendido. O modelo de usuário ainda pode conter um modelo do histórico do aluno, no qual se armazena seu histórico de navegação. O NetCoach possibilita a definição de objetivos de aprendizagem que o aluno deve atingir, que podem corresponder apenas a algumas partes do curso.

A adaptação num curso é realizada em relação aos objetivos, preferências e conhecimento do aluno. Tais

informações podem proporcionar adaptação em relação à navegação ou apresentação de conteúdos. Para realizar tais adaptações o NetCoach faz comparações do modelo de usuário com a base de conhecimento, comparando o preenchimento de pré-requisitos no estado atual de aprendizagem do aluno. Duas técnicas de adaptação são utilizadas: curriculum sequencing e adaptive annotation of links. A primeira tem como objetivo fornecer ao aluno uma sequência de conceitos e de tarefas de aprendizagem, que sejam individualizadas e ajustadas a ele. A segunda técnica é utilizada com o objetivo de o auxiliar durante a navegação alterando a aparência dos links nas páginas do curso.

III. ANÁLISE POR COMPONENTES

As tabelas abaixo descrevem as características de cada ferramenta com relação ao modelo do domínio (tabela I), ao modelo de usuário (tabela II) e a técnica utilizada para fornecer adaptação (tabela III).

Na tabela I observa-se que todas ferramentas permitem que os conceitos sejam organizados de forma hierárquica e que também (com exceção do ATLAS) permitem a definição de pré-requisitos. Porém, apenas o MEDEA possui suporte para uma descrição mais precisa e poderosa, pois possibilita a definição de uma ontologia.

TABELA I
MODELO DO DOMÍNIO

MODELO DO DOMÍNIO	AHA!	MOT	AdaptWeb	ATLAS	MEDEA	NetCoach
Organização	X	X	X	X	X	X
Hierárquica						
Pré-Requisitos	X	X	X		X	X
Inferências						X
Descrição					X	
Ontológica						

TABELA II
MODELO DE USUÁRIO

MODELO DE USUÁRIO	AH A!	*MOT	AdaptWeb	ATLAS	MEDEA	NetCoach
Conhecimento	X	X		X	X	X
Interesses	X		X			X
Modelo Overlay	X	X			X	X
Histórico		X	X			X

O modelo de usuário, de acordo com a tabela II, baseia-se fortemente (com exceção do AdaptWeb) na descrição do conhecimento do aluno acerca dos conceitos.

Convém salientar que o MOT ainda não possui suporte à

definição de modelo de usuário e portanto, também não fornece adaptação. Sendo assim, os dados utilizados nas tabelas II e III são apenas uma descrição de uma versão futura da ferramenta.

TABELA III
TÉCNICAS DE ADAPTAÇÃO UTILIZADAS

ADAPTAÇÃO	AHA!	*MOT	AdaptWeb	ATLAS	MEDEA	NetCoach
Raciocínio baseado em regras	X	X		X		
Link Disabling			X			
Link Annotation			X			X
Link Removal			X			
History List			X			
Rede Bayesiana					X	
Descrição Ontológica de Conteúdos			X			
Curriculum Sequencing						X

Com relação às técnicas de adaptação utilizadas, observa-se (conforme tabela III) que apenas o AdaptWeb e o MEDEA utilizam uma técnica mais poderosa para fornecer adaptação (rede bayesiana e descrição ontológica dos conteúdos).

IV. CONCLUSÕES

Apesar da crescente necessidade do desenvolvimento de sistemas educacionais adaptados ao usuário, ainda é pequeno o número de ferramentas que permitam a autoria, de forma eficaz e reutilizável, de SHA confiáveis. No entanto, estas ferramentas têm vindo a tornarem-se mais amigáveis e intuitivas, seguindo a tendência prevista por Brusilovsky [2], onde afirma-se que em poucos anos diversas plataformas serão criadas com grande orientação para o usuário final.

É igualmente notória a preocupação com o desenvolvimento e utilização de técnicas que permitam representar o conhecimento do aluno, além de seu perfil e comportamento [12]. Porém, as técnicas de adaptação utilizadas pela maioria das ferramentas ainda são triviais e de certa forma pouco eficazes, portanto são necessários esforços no sentido de aprimorar e utilizar novas técnicas para fornecer adaptação, como redes bayesianas, ontologias, data mining, etc.

Com o realização deste estudo, espera-se contribuir para uma correta escolha de uma ferramenta de autoria, pois cada autor pode escolher qual se enquadra melhor nas finalidades que busca atingir no seu sistema. Acima de tudo, foi possível determinar o ponto atual de desenvolvimento destas ferramentas e analisar as suas potencialidades e fragilidades, o que conduzirá à próxima etapa de pesquisa nesta área.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Brusilovsky, "Adaptive Educational Hypermedia". In: International PEG Conference, 10., 2001, Tampere, Finlândia. Anais. p.8-12.
- [2] P. Brusilovsky, "Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: from Design Models to Authoring Tools". In: Murray, T.; Blessing, S.; Ainsworth, S. (ED). Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [3] R.M Carro; M. Freire.; E. Martín; A. Ortigosa; P. Paredes; P. Rodríguez; J. Schlichter, "Authoring and Dynamic Generation of Adaptive E-Courses". In: International Conference on Web Engineering, 4., 2004. Munich, Alemanha. Anais. p.619-620.
- [4] A. Cristea; A. De Mooij. "LAOS: Layered WWW AHS Authoring Model and their corresponding Algebraic Operators". WWW conference, 14., 2003, Budapest, Hungria.
- [5] A. Cristea, "Evaluating Adaptive Hypermedia Authoring while Teaching Adaptive Systems". ACM Symposium on Applied Computing, 19., 2004. Nicosia, Cyprus. Anais. Nicosia: Association for Computing Machinery, 2004, p.929-934.
- [6] A. Cristea, What can the Semantic Web do for Adaptive Educational Hypermedia. Journal of Educational Technology & Society. v.7, n.4, p.40-58, 2004.
- [7] P. De Bra; et Al.. "AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia". In: ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, 10., 1999. Darmstadt, Germany. Anais. Darmstadt: Association for Computing Machinery, 1999, p.147-156.
- [8] P. De Bra; et Al, " Making General-Purpose Adaptive Hypermedia Work". In: World Conference on the WWW and Internet, 2001. Orlando, EUA. Anais. Orlando: Association for the Advancement of Computing in Education, 2001, p.117-123.
- [9] P. De Bra; J. Ruiter, "AHA! Adaptive hypermedia for all". In: WebNet Conference, 2001. Florida, EUA. Anais. Florida: AACE, 2001, p.262-268.
- [10] N. Henze et al. "Extendible Adaptive Hypermedia Courseware: Integrating Different Courses and Web Material". In: International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems, 2000, Trient, Itália.
- [11] J.A. Macías; P. Castells, In: Ortega, M.; Bravo, J. (Ed). Interactive Design of Adaptive Courses. Computers and Education – Towards an Interconnected Society. Dordrecht: Kluwer, 2001. p.235-242.
- [12] C. Martins, et al, "USER MODELING IN ADAPTIVE HYPERMEDIA EDUCATIONAL SYSTEMS", "Educational Technology & Society" (ISSN 1436-4522) [Journal indexed in Social Sciences Citation Index (listed in Web of Science)], 2007
- [13] NetCoach. Mantida pela ORBIS. Ferramenta para desenvolvimento de SHA. Disponível em: <<http://www.net-coach.de>>. Acesso em: 10 jul. 2005.
- [14] J.P. Oliveira, et al. "AdaptWeb: an Adaptive Web-based Courseware". In: Annual Ariadne Conference, 3., 2003, Leuven, Bélgica. Anais. Leuven: Ariadne, 2003
- [15] J.M. Oliveira, et al. "Sistemas Hipermídia Adaptativos Educacionais: Breve Panorama e Modelo de Referência". In: Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem, 1., 2004, Florianópolis, Brasil.
- [16] G. Power, et al."Goal Oriented Personalisation with SCORM". In: International Conference on Advanced Learning Technologies, 5., 2005, Kaohsiung, Taiwan. Anais. Kaohsiung: IEEE, 2005.
- [17] M. Trella, C. Carmona; R. Conejo, "MEDEA: an Open Service-Based Learning Platform for Developing Intelligent Educational Systems for the Web". In: Workshop on Adaptive Systems for Web-Based Education: Tools and reusability, 2005, Amsterdam, Holanda.
- [18] G. Weber, H. Kuhl, S. Weibelzahl, "Developing adaptive internet based courses with the authoring system NetCoach". In: Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, 3., 2001, Sonthofen, Alemanha. Anais. Sonthofen: 4th Conference on User Modeling, 2001. p.35-48.



Joel Pinho Lucas nasceu em 1983 e obteve o título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, em 2006, com um projeto de graduação intitulado “Mineração de Dados Apoiada Pela Descoberta de Subgrupos Através do Pós-Processamento de Regras de Associação”.

Em 2007 ingressou ao curso de doutorado em Informática y Automática, na Universidad de Salamanca, Salamanca, Espanha. Sua tese de doutorado envolve um estudo relativo à aplicação de técnicas de mineração de dados em sistemas de recomendação.



Constantino Martins é licenciado em Matemática Aplicada Ramo Ciência dos Computadores pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e mestre em Gestão de Informação pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Actualmente, é Investigador do Grupo de Investigação de Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD) e Assistente no Departamento de Engenharia Informática do ISEP. Ao longo da sua carreira foi autor de mais de 20 publicações e

comunicações sobre o tema de Elearning



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. Actualmente, 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.



Carlos 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. 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 três livros.

Capítulo 6

Portfolios Virtuales Basados en Wiki para Evaluación Continua y Evaluación por Compañeros

Joan Borrell, Cristina Fernández, Fernando García, Ramon Martí, Jordi Pons, y Sergi Robles

Title— Wiki-Based Virtual Portfolios for Continuous Evaluation and Peer Evaluation.

Abstract— In this paper we introduce the use of a wiki tool for supporting a new continuous evaluation system in the scope of different courses within Engineering degrees at Autonomous University of Barcelona. We have adapted the wiki as a teaching methodology at university to achieve a continuous evaluation system based on virtual portfolios. Students are grouped in teams and are assigned to a wiki. During all the term, each student contributes with her learning evidences on the team's wiki, instead of submitting them in a physical portfolio. Furthermore, we also introduce a wiki-based peer evaluation system we have designed.

Keywords— wiki, virtual portfolios, continuous evaluation, peer evaluation.

Resumen— En este artículo presentamos el uso de una herramienta wiki para dar soporte a un novedoso sistema de evaluación continua en distintos cursos de los estudios de ingeniería de la Universidad Autónoma de Barcelona. Hemos adaptado el wiki como metodología docente universitaria para implantar un sistema de evaluación continua basada en portfolios virtuales. Los estudiantes se agrupan en equipos y a cada equipo se le asigna un wiki. Durante el curso, cada estudiante aporta sus evidencias de aprendizaje al wiki del equipo, en lugar de incluirlas en un portfolio físico. Adicionalmente, presentamos también el diseño de un sistema de evaluación por compañeros basado en wiki que hemos diseñado.

Palabras clave— wiki, portfolios virtuales, evaluación continua, evaluación por compañeros.

Este trabajo fue presentado originalmente al Congreso ICECE'2005, International Conference on Engineering and Computer Education.

Todos los autores trabajan en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona, Edificio Q, 08193 Bellaterra, Spain.

Sus correos electrónicos respectivos son Joan.Borrell@uab.es, Cristina.Fernandez@uab.es, Fernando.Garcia@uab.es, Ramon.Marti@uab.es, Jordi.Pons@uab.es y Sergi.Robles@uab.es.

I. INTRODUCCIÓN

PRESENTAMOS este artículo un conjunto de profesores que impartimos docencia en diversas asignaturas de las Ingenierías Informática y de Telecomunicaciones en la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Todos nosotros estamos integrados en un grupo multidisciplinar de profesores de seis departamentos distintos abarcando las áreas tecnológicas, científicas y sociales, desde la Informática hasta la Historia del Arte, pasando por la Filología, la Geografía, la Psicología y la Química.

En la actualidad la UAB nos ha reconocido como un Grupo de Interés en Innovación Docente para la Enseñanza Superior (GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki). Estamos trabajando en el desarrollo y evaluación de nuevas metodologías docentes basadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y más concretamente en el uso de wikis, para:

- Mejorar el proceso de aprendizaje y facilitar su seguimiento a distancia o semi-presencial.
- Favorecer el trabajo continuado del alumno ya sea individualmente o en grupo, trabajando tanto a partir de la teoría como desde la resolución de problemas.
- Aumentar el interés del alumno hacia las asignaturas a partir del ensayo y la experimentación, favoreciendo la participación activa y potenciando el uso de las TIC como complemento a la evaluación tradicional.

La experiencia global del grupo se inició en el curso 2003/04 con dos asignaturas de Ingeniería Informática e Ingeniería Técnica de Telecomunicación, y ha sido continuada durante el presente curso 2004/05 en dieciocho asignaturas de diversas titulaciones, ocho de las cuales en Ingeniería Informática (técnica y superior) e Ingeniería Técnica de Telecomunicación.

Es en el contexto de estas últimas asignaturas de Ingeniería que situamos este artículo en el que describimos la construcción de un sistema de carpetas virtuales para la evaluación continuada de sus alumnos.

Los orígenes del presente artículo debemos situarlos en el año 2003, al deducir que el entorno que veníamos usando como elemento organizador de la actividad de nuestro grupo de investigación, un wiki, podía ser visto como elemento de construcción de unas ciertas carpetas virtuales. Además, pensamos que un wiki iba a permitir superar dicho esquema de carpetas reales, permitiendo la elaboración de evidencias más complejas e integradas. En definitiva, nos planteamos adaptar un wiki para ser usado como una nueva estrategia didáctica para motivar a los alumnos y para intentar superar las limitaciones asociadas al modelo tradicional, de clase magistral/evaluación con examen final, de nuestras asignaturas de Ingeniería.

El principal objetivo que perseguimos es que, con ayuda del wiki, los alumnos se impliquen de forma activa en el proceso de enseñanza/aprendizaje de los créditos de teoría y problemas a lo largo del curso. El hecho de implicar a los alumnos en un trabajo continuo de las asignaturas ha de permitir fomentar el aprendizaje de los contenidos rompiendo la dinámica habitual que lleva a los alumnos a prepararse un examen estudiando pocos días antes del ejercicio escrito (y seguramente olvidando estos contenidos pocos días después). De esta forma, los profesores podemos realizar una evaluación formativa de los alumnos a lo largo del curso y no sólo una evaluación orientada a la acreditación dada por el clásico examen final.

El resto del artículo se organiza como sigue: en la segunda sección describimos el wiki y el proceso de adaptación para usarlo en la docencia universitaria. La tercera sección contiene el núcleo del artículo, y en ella describimos el conjunto de evidencias que configuran las carpetas virtuales de evaluación continua del proceso de aprendizaje de los alumnos, construidas a través del wiki, las cuestiones de organización de los alumnos y el diseño de los correspondientes mecanismos de evaluación, haciendo especial énfasis en su aplicación en las asignaturas de ingeniería. En la sección cuarta describimos el caso concreto de la asignatura “Redes de Computadores II”, con cerca de doscientos matriculados, en la que hemos introducido un proceso de evaluación por compañeros de los alumnos, también basado en wiki. Finaliza el artículo una sección de valoración de resultados.

II. EL WIKI EN LA DOCENCIA

Un wiki [1] es un espacio web colaborativo, creado como un instrumento de trabajo colectivo de diversos autores. Se trata, por lo tanto, de un entorno para trabajar en red que permite que diferentes autores creen un conjunto de páginas web de forma conjunta. Cualquier autor puede añadir, borrar o modificar las páginas web del wiki, incluidas las creadas por otros autores, sin necesidad de tener conocimientos técnicos de creación y publicación de páginas web. El ejemplo de trabajo con wiki más conocido es sin duda la enciclopedia libre “wikipedia” (<http://www.wikipedia.org>). El software que da soporte al wiki identifica a los autores participantes y

mantiene un registro de actividad para cada página web que contiene, de manera que queda constancia de qué personas han intervenido en la elaboración de cada página web y cuál ha sido su aportación. También se pueden adjuntar documentos de cualquier tipo, que quedan automáticamente accesibles a través de la página editada. El wiki siempre muestra las páginas web actualizadas, pero permite ver un registro histórico de los cambios efectuados en cada página.

Existen distintas implementaciones que dan soporte a wikis. Una de las más utilizadas, y que hemos escogido nosotros, es MoinMoin (<http://moinmoin.wikiwikiweb.de>). Todos los wikis son muy similares en cuanto a las opciones y posibilidades que ofrecen.

Nuestro objetivo es adaptar el wiki a la docencia, utilizándolo como un medio para poder realizar un sistema de evaluación por carpetas [2] que integre la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje colaborativo [3]. El wiki no sólo permite recoger y clasificar un conjunto de evidencias estáticas, tal y como se podría hacer por un mecanismo sencillo de carpetas virtuales, sino que también permite que los alumnos y los profesores hagan aportaciones dinámicas. Cada participante en el wiki puede hacer aportaciones propias, puede modificar y completar las de los otros y puede establecer relaciones entre las diferentes aportaciones. Se construye así una unidad conexas con un valor superior al de sus componentes por separado. Pretendemos, por lo tanto, que el wiki se convierta en el vehículo conductor del proceso de aprendizaje del alumno, a la vez que debe fomentar en los alumnos una actitud de participación en la asignatura y, además, ha de facilitar el proceso de retroalimentación entre profesores y alumnos.

Los alumnos son agrupados en equipos de 4-6 personas, y a cada equipo se le asigna un wiki en el que recogerán una serie de evidencias de su proceso de aprendizaje, entre las cuales actas o resúmenes de las clases teóricas, ejercicios y problemas resueltos, ampliaciones a los temas o trabajos de campo. En la siguiente sección describimos con detalle el conjunto de evidencias que hemos diseñado, la organización de los alumnos y los mecanismos de evaluación correspondientes.

III. DISEÑO DE EVIDENCIAS Y SU EVALUACIÓN

En primer lugar, cabe decir que a nivel de Grupo de Interés en Innovación Docente la voluntad era que los distintos miembros del grupo, profesores de distintas áreas de conocimiento, pudieran practicar individual y colectivamente con el wiki. Por ello, y a partir del hecho de que el wiki desde su origen se ha mostrado como una herramienta muy útil para la organización del trabajo de grupos colaborativos, se ha diseñado una página web (accesible en: <http://wiki.uab.es>) que ha servido tanto para la organización interna del grupo como para que cada profesor tomara constancia de las posibilidades que ofrece un entorno de estas características. De este modo se ha podido interactuar entre los once profesores que forman

el grupo (redacción conjunta de documentos, anuncios de interés para el resto del grupo, informaciones, enlaces con otras páginas web, etc.) y todo con la finalidad de que cada miembro pensara de qué modo se podía utilizar esta herramienta en sus asignaturas.

Por este motivo, y como paso previo a la aplicación del wiki en las distintas asignaturas, se diseñaron una serie de tareas, suficientemente generales para cubrir distintas áreas de conocimiento, que sirvieran de guía en el proceso de formación y aprendizaje. Cada una de estas tareas se definió como una evidencia. Así pues, inicialmente, el trabajo principal del grupo consistió en que cada profesor diseñara y propusiera distintas evidencias que entre todos se fueron perfilando en función de los conocimientos y las competencias propias de cada materia y titulación. Cabe decir, que para este trabajo fueron muy valiosas las aportaciones de algunos miembros del grupo que ya habían llevado a cabo algunas experiencias docentes basadas en el uso del wiki. Y es que, como ya se ha dicho, las primeras aplicaciones de dicha metodología se realizaron durante el segundo semestre del curso 2003/2004 en las siguientes asignaturas: Redes de computadores (cuarto curso de Ingeniería en Informática) y Ampliación de redes (tercer curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones).

Las evidencias diseñadas han sido las siguientes:

Actas / Apuntes de clase: Una página donde recoger apuntes simplificados o sintetizados de clase (por ejemplo un mapa conceptual), en los cuales deban aparecer los principales conceptos introducidos en cada sesión presencial, las intervenciones destacables por parte de los alumnos, etc. Con ello se pretende promover una actitud más activa del alumno en clase, ya que implica atención y esfuerzo de síntesis.

Resolución de problemas: Los alumnos responden a una serie de problemas propuestos por el profesor. Pueden proponer soluciones o bien completar las intervenciones de sus compañeros. El objetivo es que los alumnos aprendan a aplicar los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas.

Propuesta de problemas: En cada tema los alumnos podrán formular algunos problemas, tales como: cuestiones teóricas, problemas prácticos o bien, combinando problemas de teoría y práctica. El hecho de que un alumno sea capaz no sólo de resolver un problema sino de proponer cuestiones y plantear dudas indica que ha asumido una serie de conocimientos y que tiene capacidad crítica. El alumno tiene que ser capaz de aprender a plantear cuestiones sobre dichos puntos.

Ampliaciones del temario: En cada tema los alumnos pueden ampliar aspectos no cubiertos en las sesiones de teoría o problemas que le resulten especialmente atractivos. El objetivo es que los alumnos aprendan a buscar información externa a la proporcionada por el profesor, a seleccionarla y a organizar su presentación.

Debate virtual: El debate virtual sobre temas específicos puede resultar un instrumento idóneo para facilitar la adquisición de conocimientos de forma autónoma. El intercambio de ideas propuestas entre los alumnos, va

encaminado a que el aprendizaje se lleve a cabo de forma cooperativa en el marco de un modelo de enseñanza constructiva, que suele aplicarse en docencia en entornos virtuales, aunque también es interesante trabajarlo en entornos bimodales.

Trabajo de campo: El contacto con la realidad cotidiana, como por ejemplo conocer la organización de la red de ordenadores corporativa de una empresa, resulta de gran ayuda como complemento del proceso de aprendizaje de los alumnos. En este caso, el wiki se plantea como una herramienta más del proceso. Aunque no puede sustituir el trabajo de campo, sirve de soporte en los procesos de aprendizaje previos y posteriores. Es decir, el wiki se muestra como un entorno ideal para la preparación de las actividades que deben realizarse (objetivos, metodologías, etc.) y, una vez finalizada la actividad, permite poner en común los distintos conocimientos adquiridos (informe, resumen, conclusiones, etc.).

Glosario de términos: El alumno debe elaborar un vocabulario con las palabras clave de cada materia. Esta actividad le permitirá familiarizarse con conceptos propios de la asignatura y asentar así sus conocimientos. Además, el alumno tiene que ejercitarse en una serie de competencias: la síntesis de la información, la selección de aquello que es más relevante y la elaboración de definiciones que mejoren sus conocimientos previos.

Para las asignaturas de los estudios de ingeniería hemos utilizado todas las evidencias mencionadas anteriormente, excepto la de debate virtual. Estas asignaturas, a lo largo de los dos semestres del curso 2004/05 han sido:

- Transmisión de datos, 2º ciclo de Ingeniería Informática, optativa.
- Redes de comunicación, Ingeniería Técnica de Telecomunicación, troncal.
- Metodología y tecnología de la programación, Ingeniería Técnica Informática, troncal.
- Redes de computadores II, 2º ciclo de Ingeniería Informática, troncal.
- Ampliación de redes, Ingeniería Técnica Informática, optativa.
- Fundamentos de matemática discreta, Ingeniería Técnica Informática, troncal.
- Autómatas, 1º ciclo de Ingeniería Informática, obligatoria.
- Ampliación de redes de comunicación, Ingeniería Técnica de Telecomunicación, optativa.

En la Figura 1 mostramos la página principal del wiki del equipo 13 de la asignatura Redes de Computadores II, en la que pueden verse el enlace hacia la página del foro, usado por los miembros del equipo para organizar su trabajo y los enlaces hacia las páginas de las evidencias de cada tema (actas, problemas y ampliaciones). A continuación siguen los enlaces a las páginas de evidencias generales (glosario y trabajos de campo). Finalmente siguen los enlaces a las páginas de evaluación por compañeros (ver siguiente sección).

Además, las evidencias han servido para pensar una estructura de las páginas wiki predefinidas de manera que los alumnos no se encuentren con una página web vacía, sino con

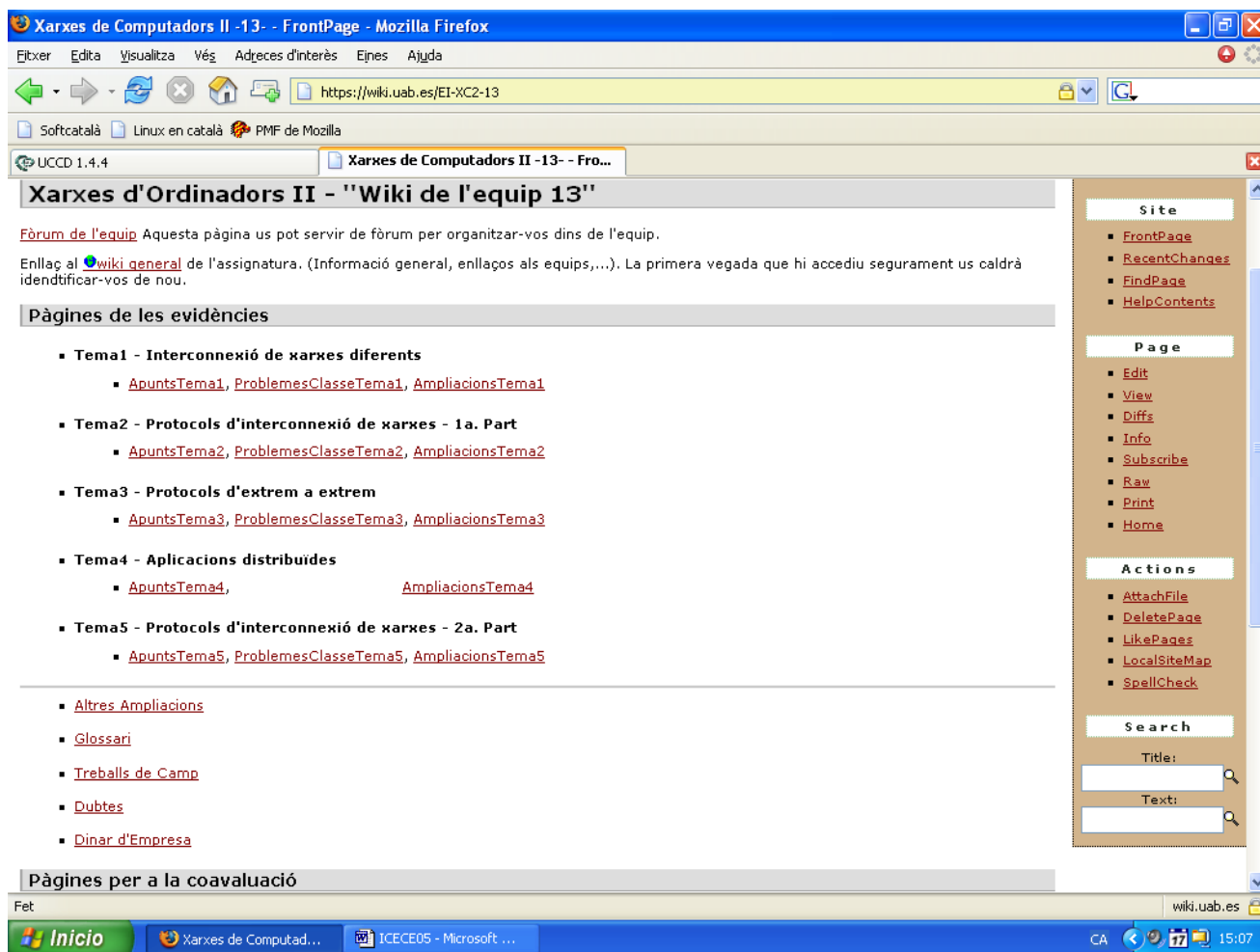


Fig. 1. Redes de computadores II. Pantalla inicial del wiki del equipo 13.

una estructura prediseñada que ha servido para familiarizarse con el nuevo entorno. Las plantillas se han diseñado con un esquema fácil de interpretar con el objetivo de orientar rápidamente las actividades. De este modo, genéricamente pueden contar con:

- Descriptor del campo, es decir, el nombre de la evidencia
- Objetivos a conseguir con la evidencia
- Metodología a utilizar
- Ejemplos
- Problemas y soluciones
- Método de evaluación

Algunas páginas tienen carácter obligatorio mientras que otras son totalmente opcionales. Por ejemplo, la página inicial siempre es accesible a todos los alumnos del grupo ya que sirve como elemento de comunicación entre el profesor y los estudiantes. En esta página, además de los enlaces a las evidencias, también debe haber enlaces hacia otros apartados de información (por ejemplo los plazos de presentación de las distintas tareas, foros para coordinar los miembros del equipo, etc). No obstante, el wiki permite que siempre quede un espacio abierto en el que los alumnos tengan suficiente

libertad para crear sus propias páginas, con contenidos no previstos inicialmente.

El trabajo con wiki, a diferencia del sistema de carpetas o portfolio tradicional, permite una revisión constante de las evidencias recogidas por los equipos y una interacción continua entre profesor y alumnos (retroalimentación asíncrona). El trabajo en wiki se realiza usualmente en grupo (equipos heterogéneos de 4 a 6 personas como máximo, para favorecer una buena dinámica de colaboración y permitir la participación de todos los miembros). A través del registro histórico de modificaciones que guarda el wiki es posible conocer con todo detalle el trabajo individual realizado por cada alumno y el nivel de interacción del grupo. El acceso a cada wiki está restringido a los miembros del grupo correspondiente. El profesor tiene acceso a todos los wikis, obviamente.

El tipo de evaluación que se pretende realizar a través del uso del espacio wiki es formativa [4]. Por ello, cada profesor debe crear un entorno de trabajo específico para el aprendizaje de la asignatura a través de una elección cuidadosa de las evidencias que permitan la evaluación formativa. El objetivo es que cada una de las evidencias generadas por los alumnos sea evaluable por el profesor teniendo en cuenta las variables

siguientes (aunque no todos los aspectos son evaluables en todas las evidencias):

- Cantidad
- Calidad
- Constancia
- Reactividad
- Integración de conceptos
- Dominio de la terminología
- Participación en el grupo

La evaluación de las evidencias propuestas es uno de los puntos clave de interés de la metodología docente y aquello que plantea más dificultades. La formación de los grupos que trabajan en wiki favorece la flexibilidad y el dinamismo pero a su vez requiere unos criterios de evaluación igualmente flexibles y dinámicos que pueden resultar difíciles de diseñar. Y es que si bien las aportaciones al wiki pueden ser individuales o en grupo, la acreditación final de una calificación se hace para cada alumno en particular considerando el conjunto de su participación en el wiki. Por ello se demanda a cada alumno su participación en un mínimo de evidencias (Cantidad) obligatorio que permita demostrar la adquisición de un nivel de aprendizaje suficiente sobre los contenidos del curso. La evaluación de estos aspectos más cuantitativos se complementa con otros de más cualitativos (Calidad) que complementan la información aportada por los aspectos cuantitativos. El tiempo que cada alumno dedica a completar su formación implica una valoración especial y por ello se analiza el hecho de que la dedicación sea continuada por parte del alumno (Constancia) y capaz de interrelacionar junto con otros compañeros (Participación en el grupo). Del mismo modo que también se tiene en cuenta la capacidad del alumno para reelaborar sus intervenciones en función de distintas variables: sus propias reflexiones, las críticas de otros compañeros o bien las observaciones del profesor (Reactividad). La adquisición de conocimientos y la capacidad de establecer relaciones de forma integrada en el conjunto de la disciplina (Integración de conceptos), junto con el dominio de un vocabulario científico y adecuado a cada nivel de conocimientos (Dominio de terminología) completan una amplia base para evaluar y controlar el proceso de aprendizaje. Al final, el valor que el wiki tiene en la evaluación global, es decir, en la nota final de la asignatura, depende de cada profesor y del grado de implantación del wiki. De este modo el trabajo en wiki puede ser desde la nota global de la asignatura hasta un porcentaje pactado con anterioridad con los alumnos de considerarse necesario.

En la siguiente sección vamos a concretar este diseño en el caso de la asignatura Redes de computadores II.

IV. EVALUACIÓN POR COMPAÑEROS USANDO WIKIS

La asignatura Redes de computadores II es troncal de segundo ciclo de Ingeniería Informática, con 190 alumnos matriculados (finalmente organizados en 32 equipos wiki de 6 alumnos), en la que la evaluación de teoría y problemas ha sido 100% continuada usando wikis. En esta asignatura hemos realizado también una experiencia de evaluación por

compañeros a través de los mismos wikis. En la figura 1 hemos podido ver la página principal del espacio wiki de uno de los equipos participantes.

La asignatura Redes de computadores II representa dos importantes innovaciones en relación a otras asignaturas en las que hemos experimentado la evaluación continuada a través de wikis: Por una parte, se trata de la primera asignatura con un elevado número de alumnos en la que la evaluación es 100% a través de wiki. Ello ha implicado aumentar el tamaño de los equipos wiki a 6 personas, para evitar una cantidad inmanejable de equipos, y crear mecanismos adicionales de coordinación y realimentación entre los propios alumnos y entre éstos y el profesor, en forma de representante-delegado de cada equipo. El profesor, en lugar de reunirse periódicamente con todos los miembros de cada equipo ha realizado dichas reuniones con los representantes, para poder atender de forma mínimamente constante a todos los equipos. Por otra, se trata de la primera asignatura en que se permite a los alumnos participar en el proceso de evaluación, mediante un mecanismo de evaluación por compañeros [4].

La organización de la evaluación por compañeros ha sido la siguiente: se han establecido tres periodos semanales a lo largo del curso (aproximadamente uno cada mes), en los cuales los miembros de cada equipo debían revisar y valorar, según un formulario previo situado en una página del wiki, los contenidos y el proceso de elaboración de los espacios wiki de otros dos equipos. El formulario de evaluación por compañeros intenta recoger los criterios de cantidad, calidad, constancia, etc., expuestos en la sección previa y consta de dos partes, una en forma de cuestionario de preguntas breves a responder según un sistema de opciones múltiples, y otra parte de escritura en formato libre para reflejar los comentarios del equipo evaluador sobre el wiki evaluado. En ningún caso la pretensión era que los alumnos realizaran una función de acreditación (poner una nota a sus compañeros) sino una función de evaluación formativa que sirviera a los equipos evaluados para mejorar los contenidos de sus wikis. El equipo evaluado, tras acceder al informe de evaluación por compañeros, debía escribir una réplica especificando cómo iba a cambiar su metodología de trabajo en función de las observaciones de sus compañeros.

Al finalizar los tres periodos de evaluación por compañeros cada equipo ha recibido valoraciones por parte de otros seis equipos, y a su vez ha revisado y valorado seis wikis ajenos, lo que representa aproximadamente una quinta parte del total de los wikis elaborados en la asignatura. Cada equipo ha podido mejorar no sólo a partir de las indicaciones recibidas sino también a partir de la experiencia de ver otras formas de trabajo ajenas.

A nivel técnico, la implantación de la evaluación por compañeros implica desarrollar una serie de scripts de administración del wiki MoinMoin, básicamente para otorgar y rescindir derechos de lectura en los espacios wiki ajenos a evaluar, permitiendo sucesivamente la elaboración de los informes de evaluación por compañeros, de las réplicas y,

finalmente, la lectura de las réplicas por parte de los equipos evaluadores.

V. VALORACIÓN

Desde el punto de vista de los alumnos, para valorar la experiencia de introducción de la evaluación continuada y evaluación por compañeros a través de wikis, hemos elaborado una encuesta con preguntas breves a responder según un sistema de opciones múltiples para pasar a los alumnos al final de cada asignatura. Las preguntas de la encuesta se dividen en seis apartados: habilidades técnicas previas, cuestiones técnicas de edición de páginas wiki (estos dos apartados no figuran en las encuestas para estudiantes de ingenierías), cuestiones organizativas del equipo wiki, cuestiones docentes, interacción profesor-alumno y valoración global. Desde el punto de vista de los profesores, la valoración la hemos realizado a nivel del conjunto de integrantes del Grupo de Interés.

Un análisis exhaustivo del contenido de las encuestas quedaría fuera de los límites de este artículo, por lo que presentamos un resumen de aspectos positivos (mejor valorados) y de aspectos negativos (peor valorados), tanto desde el punto de vista de los alumnos como de los profesores.

Entre los aspectos mejor valorados hasta el momento, creemos conveniente destacar la flexibilidad y la fácil adaptación que las asignaturas pensadas para el wiki pueden tener en la adaptación a créditos europeos. Además, el wiki favorece enormemente el trabajo en grupo y la integración asíncrona. También queda demostrado que es de fácil adaptación a cualquier plan de estudios y favorece la adquisición de nuevas competencias y habilidades. Los alumnos agradecen el hecho de tener un espacio donde poder aplicar los conocimientos adquiridos (caso de la resolución de problemas). Por otro lado, el trabajo continuado con los alumnos y el *feedback* que recibe el profesor permite una estrecha relación entre ambas partes lo que facilita la integración del alumno en clase y la rápida detección de problemas; factores no siempre sencillos en el sistema universitario tradicional. Los alumnos han valorado positivamente la evaluación continuada y el proceso de formación realizado, porque se han sentido más arropados.

Entre los aspectos peor valorados por algunos alumnos, aparte de ciertos problemas técnicos puntuales que surgen con los alumnos de estudios no técnicos (uso de las TIC, olvido de contraseñas, funcionamiento del servidor, acceso a Internet, etc.), destaca el incremento en el volumen de trabajo que los alumnos deben dedicar a las asignaturas evaluadas a través de wikis. Esta valoración negativa del aumento de trabajo no es general y desde nuestro punto de vista creemos que este incremento de dedicación no es atribuible exclusivamente a la metodología wiki, sino que sería general en el paso de un sistema de evaluación tradicional, en el cual los alumnos tienden a minimizar su trabajo, hacia cualquier sistema de evaluación continuada.

Consideramos que el objetivo de aumentar la implicación activa de los alumnos en su proceso de aprendizaje se cumple con creces y que esta implicación activa conduce a la mejora de los niveles de conocimiento adquiridos. Esta estimación proviene de comparar resultados de exámenes finales entre alumnos que han participado en la elaboración de evidencias wiki y otros que no lo han hecho. Durante el curso 2005/06 nos planteamos evaluar de forma más precisa el grado de mejora, así como determinar de forma precisa la dedicación que representa esta nueva metodología para los alumnos.

Por parte del profesor, sin lugar a dudas, aquello que complica enormemente el trabajo es la disparidad por lo que se refiere al número de alumnos. Y es que algunas evidencias, aunque sean planteadas de manera sencilla, pueden suponer una gran dedicación del profesor si el número de alumnos con el que se trabaja es muy grande. Se debe tener en cuenta que el seguimiento del trabajo es continuo por parte del profesor y, a pesar de la flexibilidad que permite el wiki, obliga a una gran autodisciplina personal. La experiencia con la asignatura de Redes de computadores II, con todo, apunta hacia la viabilidad de la propuesta también con grupos de alumnos muy numerosos.

Mención aparte en esta valoración merece el sistema de evaluación por compañeros en dicha asignatura, que fue acogido con bastantes recelos por unos alumnos poco o nada acostumbrados a participar en su proceso evaluativo. Muchos de ellos manifestaron reticencias iniciales al hecho de tener que valorar el trabajo de sus compañeros y algunos llegaron a plantear la objeción a participar en el proceso. Las reticencias iniciales fueron desapareciendo al comprobar la utilidad de su trabajo de evaluación para mejorar los contenidos de los wikis ajenos y propio. Al final del curso este aspecto fue valorado de forma mayoritaria como positivo, con algunas sugerencias constructivas. Entre ellas, destacar el cambio propuesto en la asignación de los wikis a evaluar por parte de un equipo: en lugar de evaluar seis wikis distintos, concentrarse en dos wikis de forma constante durante todo el curso, para poder seguir con más conocimiento de causa la evolución de la forma de trabajo de los equipos de compañeros evaluados.

En el futuro nos planteamos también introducir elementos de autoevaluación que permitan a cada equipo valorar su evolución en su propio proceso de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros compañeros del grupo GI-IDES de la UAB por tantas horas de trabajo compartido, y a la misma unidad de innovación docente IDES de la UAB.

REFERENCIAS

- [1] B. Leuf, B., W. Cunningham, *The wiki way*. Addison-Wesley Longman, 2000.
- [2] M. Castelló, C. Monereo, *La evaluación por carpetas en el Pràcticum de Psicopedagogia*, Universitat Autònoma de Barcelona, 2000.
- [3] D. W. Johnson, R. T. Johnson, "An Overview of Cooperative Learning," in *Creativity and Collaborative Learning. A Practical Guide to*

Empowering Students and Teachers, J. S. Thousand, R. A. Vila, A.I. Nevin, Eds. Paul H. Brookes, 1994, pp. 54-64.

- [4] S. Brown, A. Glasner, *Assessment Matters in Higher education*. Open University Press, 1999.



Joan Borrell nació en Caldes de Malavella en abril de 1965. Licenciado en Informática en 1989 por la Universidad Autónoma de Barcelona y Doctor en Informática en 1996, por la misma universidad. Trabaja como Profesor Titular en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones en la Universidad Autónoma de Barcelona, donde imparte docencia en asignaturas de redes de computadores y seguridad en redes de computadores en las titulaciones de Ingeniería Informática e Ingeniería de Telecomunicación. Ha

dirigido cinco tesis doctorales en los campos de la seguridad de las redes y de las aplicaciones distribuidas y es coautor de unos ochenta artículos científicos en estos campos. Es miembro del Grupo de Interés en Innovación Docente en Educación Superior de la Universidad Autónoma de Barcelona "GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki".



Cristina Fernández nació en Sabadell en diciembre de 1977. Licenciada en matemáticas en 2000 por la Universidad Autónoma de Barcelona, y Doctorada en Informática en 2005 por la misma universidad. Trabaja como Profesora Ayudante Doctora en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones en la Universidad Autónoma de Barcelona. Anteriormente trabajó como Becaria de Investigación y Profesora Ayudante en el mismo departamento. Sus temas de investigación están relacionados con combinatoria y teoría de códigos.

Algunos de sus artículos publicados en esta materia son "Quaternary Reed-Muller codes" en 2005 y "ZRM codes" en 2008, ambos en la revista IEEE Transactions on Information Theory. Es miembro del Grupo de Interés en Innovación Docente en Educación Superior "GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki", subvencionado por la unidad de Innovación Docente en Educación Superior de la Universidad Autónoma de Barcelona.



Fernando García nació en Barcelona en octubre de 1977. Licenciado en Matemáticas en 2002 por la Universidad de Barcelona, y actualmente realizando el doctorado en informática en la Universidad Autónoma de Barcelona.

Actualmente goza de una beca pre-doctoral del Ministerio de Educación y Ciencia en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones en la Universidad Autónoma de Barcelona. Sus temas de investigación están relacionados con la codificación y transmisión

interactiva de imágenes ulti/hiper/ultraespectrales. Es miembro del Grupo de Interés en Innovación Docente en Educación Superior "GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki".



Ramon Martí nació en Manresa en junio de 1966. Ingeniero de Telecomunicación en 1990 por la Universidad Politécnica de Cataluña, España, y Doctor Ingeniero de Telecomunicación en 1998 por la misma universidad.

Trabaja como Profesor Lector en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones en la Universidad Autónoma de Barcelona. Anteriormente trabajó como profesor asociado en la Universidad Politécnica de Cataluña y en la Universitat Pompeu Fabra. Sus temas de

investigación están relacionados con la movilidad y seguridad de agentes y las aplicaciones distribuidas. Entre los artículos publicados en esta materia está "Secure Integration of Distributed Medical Data using Mobile Agents" en la revista IEEE Intelligent Systems.



Jordi Pons nació en Terrassa en febrero de 1965. Licenciado en Ciencias (Informática) en 1988 por la Universidad Autónoma de Barcelona.

Trabaja como profesor Titular de Escuela Universitaria en el Departamento de Ingeniería de la Información y de las Comunicaciones en la Universidad Autónoma de Barcelona, donde imparte docencia en asignaturas de redes de computadores en las titulaciones de Ingeniería Informática, técnica y superior. Es miembro de los Grupos de Interés en Innovación Docente en

Educación Superior de la Universidad Autónoma de Barcelona "GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki" y "GI-IDES: Prácticas profesionales".



Sergi Robles nació en Barcelona en 1973, y obtuvo su título de Ingeniero en Informática de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) en 1997. En 2002 se doctoró en Informática por la misma universidad.

Ha sido Profesor e Investigador desde 1997, y actualmente ocupa una plaza de Profesor Contratado Doctor en la Universitat Autònoma de Barcelona. De sus más de 45 publicaciones destacan 10 artículos en revistas indexadas en el

Journal Citation Report. El más destacado de éstos, "Secure Integration of Distributed Medical Data Using Mobile Agents", fue publicado en el IEEE Intelligent Systems. Sus intereses de investigación incluyen la seguridad en agentes móviles y sistemas distribuidos, además del uso de nuevas tecnologías en la innovación docente. Es coordinador del Grupo de Interés en Innovación Docente en Educación Superior de la UAB "GI-IDES: Nuevas tecnologías aplicadas a la docencia: el entorno Wiki". Ha participado también en diversos grupos de interés de IEEE-FIPA para la elaboración de estándares para agentes.

Capítulo 7

Habilidades interpersonales y desarrollo profesional: la perspectiva de los estudiantes de ingeniería

Cristina Casado Lumbreras y Ricardo Colomo Palacios

Title— Interpersonal skills and professional development: engineering students' perspective.

Abstract—Perceptions and conceptions that the young university students have on technical and generic competencies that characterize professional status have been object of interest and investigation by several disciplines. The aim of this paper is double. Firstly, we have carried out a research to find out in what extent engineering students consider important the possession of interpersonal skills, present in several curricula efforts as generic competency for graduates, at the professional level. Secondly, students evaluate their training needs respecting these particular skills in order to discover their self-perceptions and skill level. Results are compared with diverse engineering curricula initiatives in order to establish competency differences between student's perception and academia recommendations.

Keywords— Interpersonal skills, Competency evaluation, Professional development, Soft skills.

Resumen—Las percepciones y concepciones que los jóvenes estudiantes universitarios poseen sobre las competencias tanto genéricas como técnicas que deben caracterizar a un profesional han sido objeto de interés e investigación por parte de varias disciplinas. El objeto de estudio de nuestro trabajo ha sido doble. En primer lugar se pretende conocer en qué medida los estudiantes de ingeniería consideran importante la posesión de la competencia “Habilidades interpersonales”, categorizada como competencia genérica por diversas iniciativas de apoyo docente. En segundo lugar, se solicita a los futuros ingenieros que evalúen en qué medida consideran que ellos mismos necesitan entrenarse o formarse en los distintos tipos de habilidades interpersonales señaladas. Los resultados de esta exploración se compararán con diversas iniciativas curriculares con objeto de establecer las

diferencias competenciales que los alumnos presentan respecto a los estándares docentes establecidos

Palabras clave— Habilidades interpersonales, Evaluación de competencias, Desarrollo Competencial, Práctica profesional.

I. INTRODUCCIÓN

LAS denominadas habilidades interpersonales hacen referencia a las capacidades o competencias sociales que poseen las personas. En Psicología tradicionalmente se ha utilizado y se utiliza el término genérico *Habilidades sociales*. Ambas expresiones son sinónimas, no obstante, el término habilidades interpersonales se utiliza en mayor medida en el ámbito de la evaluación y gestión de competencias, por lo que éste será el término elegido a lo largo del presente escrito. Mencionábamos al principio del párrafo que las habilidades interpersonales se refieren a las capacidades sociales de las personas, pero ¿qué son exactamente las habilidades interpersonales? Existen tantas descripciones como autores han abordado el tema, presentamos a continuación algunas definiciones de lo que se podría considerar conducta socialmente habilidosa:

“La conducta interpersonal que implica la honesta y relativamente directa expresión de sentimientos” [25].

“La habilidad de buscar, mantener o mejorar el reforzamiento en una situación interpersonal a través de la expresión de sentimientos o deseos cuando esa expresión se arriesga a la pérdida de reforzamiento o incluso al castigo” [24].

“La conducta que permite a una persona actuar según sus intereses más importantes, defenderse sin ansiedad inapropiada, expresar cómodamente sentimientos honestos o ejercer los derechos personales sin negar los derechos de los demás” [2].

“Un conjunto de conductas identificables, aprendidas, que emplean los individuos en las situaciones interpersonales para obtener o mantener el reforzamiento de su ambiente” [14].

Este trabajo fue presentado originalmente al International Conference on Engineering and Computer Education 2005, Madrid.

Cristina Casado Lumbreras. Departamento de Psicología Social, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Universidad Complutense de Madrid. casado.lumbreras@gmail.com

Ricardo Colomo Palacios. Departamento de Informática. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid, rcolomo@inf.uc3m.es

“La capacidad compleja para emitir conductas o patrones de respuesta que optimicen la influencia interpersonal y la resistencia a la influencia social no deseada (eficacia en los objetivos) mientras que al mismo tiempo optimiza las ganancias y minimiza las pérdidas en la relación con la otra persona (eficacia en la relación) y mantiene la propia integridad y sensación de dominio (eficacia en el respeto a uno mismo)” [18].

II. CLASES DE RESPUESTA

Lazarus [16] fue uno de los primeros autores en establecer, desde la perspectiva de la práctica clínica las principales clases de respuesta o dimensiones conductuales que abarcaban las habilidades sociales:

- 1) La capacidad de decir “no”.
- 2) La capacidad de pedir favores y hacer peticiones.
- 3) La capacidad de expresar sentimientos positivos y negativos.
- 4) La capacidad de iniciar, mantener y terminar conversaciones.

Las clases de respuesta que se han propuesto posteriormente, han girado en torno a los cuatro tipos propuestos por Lazarus. Las dimensiones conductuales mayoritariamente aceptadas son las siguientes:

- 1) Hacer cumplidos [6], [7].
- 2) Aceptar cumplidos [3].
- 3) Hacer peticiones [6].
- 4) Expresar amor, agrado y afecto [8], [23].
- 5) Iniciar y mantener conversaciones [15], [19].
- 6) Defender los propios derechos [23].
- 7) Rechazar peticiones [3], [6].
- 8) Expresar opiniones personales, incluido el desacuerdo [8], [9].
- 9) Expresión justificada de molestia, desagrado o enfado [15].
- 10) Petición de cambio de conducta del otro [3], [21].
- 11) Disculparse o admitir ignorancia [6], [8].
- 12) Afrontar las críticas [15].

III. LAS HABILIDADES INTERPERSONALES COMO COMPETENCIA

El concepto de competencia se originó en el campo de la lingüística [4] y fue adaptado y desarrollado posteriormente en el ámbito de los recursos humanos por [20]. El diccionario de la Real Academia Española [22] define el término competencia en la acepción que nos interesa como “pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado”. Para el ámbito del presente artículo definiremos competencia como “el conjunto de conocimientos, habilidades y aptitudes que conjuntamente con otras características individuales (motivo, actitud, autoimagen, autoconcepto, rasgo de personalidad, rol social, valores, creencias y

emociones) permiten un desempeño excelente de las actividades inherentes al puesto de trabajo” [1].

El modelo de competencias ha sido adoptado en el ámbito docente recientemente. La primera de las iniciativas que se considera importante mencionar es el proyecto Tuning [30]. Dicho proyecto, financiado por la Comisión Europea en el marco del Programa Sócrates, trata de contribuir al Espacio Europeo de Educación Superior mediante la identificación de competencias denominadas *genéricas* comunes a las titulaciones universitarias, y otras denominadas *específicas* de las áreas temáticas analizadas.

Iniciativas más concretas dentro del ámbito de la ingeniería lo constituyen los Libros Blancos de las titulaciones. En España, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad de la Enseñanza (ANECA), ha patrocinado la creación de Libros Blancos con el objetivo explícito de realizar estudios y supuestos prácticos útiles en el diseño de un título de grado adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior. En el ámbito de la Ingeniería se encuentran en diversos estadios de elaboración los Libros Blancos de Ingeniería Civil, Agraria y Forestal, Minas y Energía, Edificación, Informática, Geomática y Topografía y Telemática (no disponible desde la Web de la ANECA).

El tratamiento de las habilidades interpersonales en las diferentes publicaciones es diverso. En lo que al proyecto Tuning se refiere, las habilidades interpersonales son una de las treinta competencias genéricas identificadas, encuadrada dentro de las denominadas competencias interpersonales junto con el trabajo en equipo, el compromiso ético y la capacidad crítica y autocrítica entre otras.

En lo referente a los Libros Blancos de las titulaciones de ingeniería auspiciados por la ANECA, la tabla I muestra las puntuaciones medias que reciben las distintas ingenierías con respecto a la importancia atribuida a la competencia habilidades interpersonales (sobre una escala de 1 a 4, en la que 1=Ninguna importancia y 4=Mucha importancia):

Dentro del ámbito específico de la ingeniería informática, propuestas auspiciadas por un comité conjunto de IEEE y ACM, se vienen desarrollando iniciativas curriculares para el conjunto de las disciplinas Informáticas [13]: Ingeniería del

TABLA I
IMPORTANCIA DE LA COMPETENCIA “HABILIDADES INTERPERSONALES” EN LOS LIBROS BLANCOS DE LAS INGENIERÍAS

Titulación	Puntuación Media
I. Topografía	3,2
I. Telemática	-
I. Minas	3
I. Edificación	3,2
I. Agrarias y Forestales	3,3
I. Informática	3
I. Civil	-

Software [27], Ingeniería de Ordenadores [28], Sistemas de información [11] y Tecnología de la información [5] que reciben el nombre genérico de *Computing Curricula 2005*. Adicionalmente a los cinco volúmenes mencionados, se está realizando un informe que aglutina y compara aspectos de los diferentes informes [26]. Esta última publicación aborda la importancia de la comunicación interpersonal, que engloba aspectos como comunicación oral y escrita, presentaciones, interacción con clientes, actividades de venta etc, y su comparación entre las diferentes disciplinas. Con este propósito, se incluye los valores mínimos y máximos a través de una escala tipo Likert de 0 a 5 puntos, para el peso curricular que la comunicación interpersonal ha de presentar en las citadas disciplinas. Los valores que se presentan son los siguientes: Ingeniería de Computadores (3;4), Informática (1;4), Sistemas de Información (3;5), Tecnología de la Información (3;4) e Ingeniería del Software (3;4). Las puntuaciones asignadas indican que se atribuye una considerable importancia a la categoría comunicación interpersonal en las distintas disciplinas informáticas.

De las cinco iniciativas curriculares mencionadas, el tratamiento más en profundidad de las habilidades interpersonales se presenta en el volumen dedicado a los Sistemas de Información [11]. En dicho volumen, las competencias interpersonales aparecen como uno de los elementos de segundo nivel en el cuerpo de conocimiento de la disciplina, enmarcadas en el área “conceptos organizacionales y de gestión”. La operativización efectuada de dichas competencias es la siguiente:

- ✓ Habilidades de comunicación.
- ✓ Entrevistas, preguntas y escucha.
- ✓ Habilidades de presentación.
- ✓ Habilidades de consultoría.
- ✓ Habilidades de comunicación escrita.
- ✓ Actitud preactiva.
- ✓ Determinación de los objetivos personales, toma de decisiones y gestión del tiempo.
- ✓ Liderazgo basado en principios.
- ✓ Principios de negociación.
- ✓ Fomento de la creatividad y búsqueda de oportunidades.
- ✓ Pensamiento crítico.
- ✓ Medición e interpretación de datos.
- ✓ Resolución de problemas personales.

Un segundo aspecto digno de mención lo constituye la inclusión de las competencias interpersonales en el conjunto de capacidades de los titulados. De esta forma, las competencias interpersonales forman parte de la categoría “Habilidades interpersonales, de comunicación y de equipo” y cuentan con cuatro comportamientos asociados: escucha, fomento, motivación y operación en un entorno diverso. La especificación de las competencias interpersonales tanto como parte del cuerpo de conocimiento como de las capacidades de los titulados propicia, como tercera característica reseñable, su inclusión en los programas detallados de diversos cursos de

los recomendados como currículo para los titulados en la disciplina.

Asimismo, y trascendiendo las iniciativas curriculares, la Comisión Europea a través del Programa Leonardo ha promovido la realización de una Encuesta en seis países europeos con la cual se interroga acerca de las habilidades interpersonales que deben poseer las personas que se incorporan al mercado laboral <http://www.apu.ac.uk/appsci/psychol/leonardo/>. El objetivo es cumplimentar un cuestionario en el que aparecen diferentes tipos de habilidades interpersonales divididas en 8 grandes categorías (destrezas creativas, de dirección, de equipo, para resolver problemas, de comunicación, para la venta, de relación interpersonal y de relaciones públicas). El participante debe juzgar en qué grado considera que esa habilidad es importante para su trabajo y futuro profesional y si considera que necesita formación en dichas destrezas (Sus resultados aún no han sido publicados).

El estudio que hemos desarrollado y presentamos a continuación también ha consistido en explorar los juicios de jóvenes acerca de la importancia que conceden a las habilidades interpersonales en su futura práctica profesional. Pero en nuestro caso, es un estudio dirigido exclusivamente a estudiantes de Ingeniería a punto de concluir sus estudios, cuya incorporación al mercado laboral es inminente. La elección de estudiantes de Ingeniería se debe a que tradicionalmente se ha asumido que la práctica profesional del ingeniero no requería grandes destrezas en el terreno interpersonal. La realidad profesional ha puesto de manifiesto que el ingeniero ya sea en sus funciones de técnico, mando intermedio o directivo, necesita del desarrollo de habilidades o destrezas que vayan más allá del manejo y aplicación de una serie de conocimientos técnicos.

IV. EL ESTUDIO

El presente estudio ha consistido en la exploración de la importancia que conceden los estudiantes de último curso de Ingeniería a las habilidades interpersonales para su futura práctica profesional. Para la consecución de dicho objetivo, ha sido aplicado un cuestionario en el que se ha operativizado la variable habilidades interpersonales en 18 conductas asociadas.

A. Método.

Muestra

Han participado 50 estudiantes de Ingeniería pertenecientes a varias Universidades de la Comunidad de Madrid (Politécnica, Carlos III, Pontificia de Salamanca y UNED). Los participantes pertenecen a tres especialidades de Ingeniería: Informática, Telecomunicaciones e Industrial. El cuestionario fue aplicado en la Biblioteca del Campus de Leganés de la Universidad Carlos III.

Cuestionario.

El cuestionario consiste en 18 ítems que describen 18 conductas o competencias que conforman la categoría habilidades interpersonales. Los ítems elegidos se han elaborado integrando las 12 clases de respuestas que se aceptan como habilidades sociales básicas en Psicología, con otros ítems cuya descripción se encuentra más orientada al ámbito laboral. Se solicita a los participantes que indiquen el grado de importancia de dichas habilidades a través de una escala tipo Likert de 1 a 4 puntos, en la que 1 significa “ninguna importancia”, y 4 “muchísima importancia”. Además, se solicita a los jóvenes que mencionen en qué medida consideran que ellos mismos necesitan mejorar o formarse en dicha habilidad, con la utilización de la misma escala. Las destrezas exploradas han sido las siguientes:

- 1) Ser capaz de escuchar con atención.
- 2) Capacidad para aceptar ayuda de otros.
- 3) Capacidad para aceptar la crítica constructiva acerca de nuestra propia conducta.
- 4) Capacidad para expresar agrado y afecto.
- 5) Capacidad para tener en cuenta las opiniones de otros.
- 6) Capacidad para que tu opinión sea oída.
- 7) Capacidad para reconocer los sentimientos de las personas.
- 8) Capacidad para percibir las reacciones de los demás a nuestros propios actos u opiniones.
- 9) Capacidad para expresar de forma justificada molestia, desagrado o enfado.
- 10) Capacidad para hacer cumplidos.
- 11) Capacidad para aceptar cumplidos.
- 12) Capacidad para hacer peticiones de forma adecuada.
- 13) Capacidad para disculparse.
- 14) Capacidad para admitir ignorancia sobre algo.
- 15) Capacidad para solicitar un cambio de conducta en la otra persona.
- 16) Capacidad para iniciar y mantener conversaciones.
- 17) Capacidad para rechazar peticiones de otras personas.
- 18) Capacidad para expresar opiniones personales, incluido el desacuerdo.

B. Resultados y discusión.

En la tabla II aparecen las puntuaciones medias y sus correspondientes desviaciones típicas en cada una de las habilidades interpersonales exploradas. Como se puede observar, son 7 ítems los que se encuentran por debajo de 3 como puntuación media. Son los ítems relativos a la expresión de sentimientos o emociones, así como el reconocimiento de dichos sentimientos en los demás. Estas habilidades, de gran relevancia en los entornos personales y laborales, han sido juzgadas menos relevantes que otras capacidades como “iniciar y mantener conversaciones”, que ha recibido la media más elevada de todas las habilidades seleccionadas ($M = 3,56$). En términos generales, la tendencia que se observa por parte de los estudiantes de Ingeniería es a considerar las habilidades emocionales menos importantes o necesarias para su futura

TABLA II
ATRIBUCIÓN DE IMPORTANCIA A LAS HABILIDADES
INTERPERSONALES

	Media	Dev. Típica
Capacidad para aceptar cumplidos	2	,72
Capacidad para hacer cumplidos	2,09	,82
Capacidad para expresar de forma justificada molestia, desagrado o enfado.	2,47	,80
Capacidad para reconocer los sentimientos de las personas	2,55	,85
Capacidad para expresar agrado y afecto	2,66	,74
Capacidad para rechazar peticiones de otras personas.	2,81	,64
Capacidad para percibir las reacciones de los demás a nuestros propios actos u opiniones	2,91	,82
Capacidad para admitir ignorancia sobre algo.	3,09	,82
Capacidad para solicitar un cambio de conducta en la otra persona.	3,16	,63
Capacidad para aceptar ayuda de otros	3,19	,53
Capacidad para tener en cuenta las opiniones de otros	3,26	,63
Capacidad para que tu opinión sea oída	3,34	,65
Capacidad para expresar opiniones personales, incluido el desacuerdo	3,34	,86
Capacidad para hacer peticiones de forma adecuada	3,41	,66
Capacidad para disculparse	3,41	,56
Capacidad para aceptar la crítica constructiva acerca de nuestra propia conducta.	3,44	,84
Ser capaz de escuchar con atención	3,53	,57
Capacidad para iniciar y mantener conversaciones	3,56	,56

práctica profesional que aquellas habilidades interpersonales en las que las emociones están presentes de forma tangencial, como la capacidad de “escuchar con atención” ($M = 3,53$) o la demostración de “aceptar críticas constructivas” ($M = 3,44$) que reciben una de las puntuaciones más elevadas. Detrás de estas tendencias, se podría observar la asunción entre los jóvenes de una cierta incorrección social que aún existe en lo relativo a la expresión sincera y justificada de las emociones, especialmente en el ámbito laboral.

Estos resultados, resultan contradictorios con respecto a la importancia tanto académica como profesional que se ha atribuido en los últimos años a las denominadas competencias emocionales.

Las opiniones de los estudiantes de Ingeniería sobre la evaluación de sus propias competencias y en consecuencia, su necesidad de formación en cada una de las habilidades seleccionadas, aparecen reflejadas en la tabla III. Como cabría esperar, en términos generales, las puntuaciones medias obtenidas son inferiores a las logradas en la asignación de importancia a cada una de las habilidades. Las puntuaciones recibidas no llegan en ningún caso a 3, por lo que los jóvenes estudiantes se juzgan a sí mismos relativamente competentes en las habilidades y por tanto, la necesidad de formarse o entrenarse en alguna de ellas, no es contemplada. No obstante,

TABLA III
NECESIDAD DE FORMACIÓN EN LAS HABILIDADES
INTERPERSONALES

	Media	Dev. Típica
Capacidad para aceptar cumplidos	1,59	0,71
Capacidad para hacer cumplidos	1,59	0,76
Capacidad para expresar de forma justificada molestia, desagrado o enfado.	1,69	0,64
Capacidad para reconocer los sentimientos de las personas	1,84	0,81
Capacidad para expresar agrado y afecto	1,84	0,85
Capacidad para rechazar peticiones de otras personas.	1,84	0,81
Capacidad para percibir las reacciones de los demás a nuestros propios actos u opiniones	1,88	0,79
Capacidad para admitir ignorancia sobre algo.	1,97	0,93
Capacidad para solicitar un cambio de conducta en la otra persona.	2,00	0,84
Capacidad para aceptar ayuda de otros	2,00	0,92
Capacidad para tener en cuenta las opiniones de otros	2,06	0,91
Capacidad para que tu opinión sea oída	2,19	1,06
Capacidad para expresar opiniones personales, incluido el desacuerdo	2,19	1,03
Capacidad para hacer peticiones de forma adecuada	2,22	0,87
Capacidad para disculparse	2,25	0,95
Capacidad para aceptar la crítica constructiva acerca de nuestra propia conducta.	2,25	0,88
Ser capaz de escuchar con atención	2,47	0,84
Capacidad para iniciar y mantener conversaciones	2,47	0,88

algunas capacidades como “aceptar críticas constructivas” ($M=2,47$) o “hacer oír la propia opinión” ($M=2,47$), han sido consideradas las habilidades que mayor necesidad de formación perciben en sí mismos los futuros ingenieros. Asimismo, la capacidad para “solicitar un cambio de conducta en los demás” ($M=2,25$) y “hacer peticiones de forma adecuada” ($M=2,25$), así como “rechazar peticiones de otros” ($M=2,22$) o “expresar opiniones personales, incluido el desacuerdo” ($M=2,19$) representan las capacidades en las que se perciben menos competentes. Es interesante señalar que algunas de las capacidades mencionadas como susceptibles de formación, también recibieron puntuaciones elevadas en la atribución de importancia, es el caso de “hacer oír la propia opinión”, “aceptar críticas constructivas” o “iniciar y mantener conversaciones”. De nuevo, observamos que los estudiantes de Ingeniería se consideran más competentes en aquellas habilidades emocionales en las que la expresión de los propios sentimientos o el reconocimiento de las emociones de los demás están presentes. Por tanto, las competencias emocionales son juzgadas menos relevantes para la futura práctica profesional, y al mismo tiempo los sujetos se consideran más competentes en dichas capacidades.

V. CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos ponen de manifiesto que las opiniones de los estudiantes y futuros profesionales del área de la Ingeniería no son plenamente coincidentes ni con las propuestas de las iniciativas curriculares, ni con la importancia creciente que desde el ámbito profesional se atribuye a las habilidades interpersonales. Mientras los jóvenes ingenieros minimizan la importancia de las competencias emocionales frente a aquellas que podrían considerarse competencias de comunicación en un sentido más estricto, la literatura académica y profesional atribuye una importancia cada vez mayor a las competencias emocionales [10]. Además, las competencias interpersonales en general, se consideran cada vez más relevantes para el desempeño profesional. En este sentido, y en lo que respecta específicamente al ámbito de las tecnologías de la Información y las Comunicaciones, las habilidades interpersonales son consideradas generales y necesarias para los profesionales [17], y los empleadores a nivel internacional consideran las competencias interpersonales como un atributo clave para la contratación de nuevos titulados en el área técnica [12], resultados extensibles al contexto español [29].

Así pues, entendemos que los alumnos, cristalización de los planes de estudios actuales, como se pone de manifiesto en el presente paper, no consideran suficientemente importantes las competencias emocionales para su práctica profesional, contradiciendo, tanto la literatura técnica como las novedosas iniciativas curriculares en el ámbito de la Ingeniería. Las instituciones y los profesionales de la enseñanza en las disciplinas ingenieriles deben, aún cuando las nuevas recomendaciones no han sido implantadas, fomentar la sensibilización, el aprendizaje y el entrenamiento de estas competencias clave para el desempeño profesional exitoso.

Por último, cabe mencionar que si bien algunas iniciativas curriculares se preocupan por poner de manifiesto la importancia de las habilidades interpersonales, pueden contribuir a generar una cierta confusión sobre el concepto, de por sí complicado y difuso. Es el caso de las iniciativas curriculares promovidas por IEEE y ACM. En lo que respecta a su volumen dedicado a Sistemas de Información, se efectúa una operativización que consideramos interesante en la medida que se encuentra vinculada con el rol de negocio que el profesional puede llegar a desempeñar, pero entendemos que no ilustra una fragmentación genérica y esencial del concepto. No obstante, la especificación de las competencias interpersonales tanto como parte del cuerpo de conocimiento, así como el hecho de considerarlas capacidades que deben poseer los titulados, demuestra que las iniciativas curriculares apuestan de forma creciente por el fomento y formación de dichas competencias.

REFERENCIAS

- [1] Agut, S., “Análisis de necesidades de competencias en directivos de organizaciones turísticas”, Tesis doctoral, Universidad Jaime I de Castellón, 2002.

- [2] Alberti, R.E. & Emmons, M.L., "Your perfect right", 3rd edition, San Luis Obispo, California, Impact. 1978.
- [3] Buccell, M., "An empirically derived self-report inventory for the assessment of assertive behaviour", Tesis doctoral no publicada, Kent State University, 1979.
- [4] Chomsky, N., "Aspectos de la Teoría de la Sintaxis". Editorial Aguilar, Madrid, 1965.
- [5] Ekstrom, J. et al, "Computing Curricula, Information Technology Volume", Draft, Abril 2005. http://campus.acm.org/public/comments/it_2005.pdf
- [6] Furnham, A. & Henderson, M., "Assessing assertiveness: A content and correlational analysis of five assertiveness inventories", Behavioral Assessment, Vol. 6, pp. 79-88, 1984.
- [12] Undergraduate Degree Programs in Information Systems", 2002. <http://www.is2002.org>
- [13] Gruba, P. & Al-Mahmood, R., "Strategies for Communication Skills Development", Proceedings of the sixth conference on Australian computing education, Vol. 30, pp. 101 – 107, 2005.
- [14] The joint task force on Computing Curricula IEEE-CS/ACM "Computing Curricula 2001. Computer Science", Final Report, 2001. <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>
- [15] Kelly, J.A., "Social-skills training: A practical guide for interventions", Nueva York, Springer, 1982.
- [16] Lange, A.J. & Jakubowski, P., "Responsible assertive behaviour", Champaign, Illinois, Research Press, 1976.
- [17] Lazarus, A.A., "On assertive behaviour: A brief note", Behavior Therapy, Vol.4, pp. 697-699, 1973.
- [18] Lee, C. K., "Transferability of Skills over the IT Career Path", Proceedings of the 2005 ACM SIGMIS CPR conference on Computer personnel research, pp. 85-93, 2005.
- [19] Linehan, M.M., "Interpersonal effectiveness in assertive situations", en E. A. Bleachman (Ed.), Behavior modification with women, Nueva York, Guilford Press. 1984.
- [20] Lorr, M. & More, W.W., "Four dimension of assertiveness", Multivariate Behavioral Research, 2, pp. 127-138, 1980.
- [21] McClelland, D.C., "Testing for competence rather than for intelligence", American Psychologist, Vol. 28, pp. 1-14, 1973.
- [22] Michelson, L.; Molcan, K. & Poorman, S. "Development and psychometric properties of the nurses' assertiveness inventory (NAI)", Behavior research and Therapy, Vol. 24, pp. 77-81, 1986.
- [23] Diccionario de la Real Academia de la lengua española. Edición electrónica. <http://www.rae.es>
- [24] Rathus, S.A. "Principles and practices of assertive training: an eclectic overview", The counselling psychologist, Vol. 5, pp. 9-20, 1975.
- [25] Rich, A.R. & Schroeder, H.E., "Research issues in assertiveness training", Psychological Bulletin, Vol. 83, pp. 1081-1096, 1976.
- [26] Rimm, D.C., "Assertive training and the expression of anger", en R. E. Alberti (comp.), Assertiveness: Innovations, applications, issues, San Luis Obispo, California, Impact, 1977.
- [27] Shackelford, R. et al, "Computing Curricula 2004.The Overview Report", Joint Task Force for Computing Curricula, Abril 2005.
- [28] Sobel, A.K. & LeBlanc, R. "Software Engineering 2004, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering", <http://sites.computer.org/ccse>
- [29] Soldan, D. (Chair) et al "Computer Engineering 2004", Final Report, 12 diciembre de 2004.
- [30] Servicio de Orientación y Planificación Profesional, Observatorio Ocupacional, "Estudio sobre la Identificación de los Valores y
- [7] Galassi, J.P. & Galassi, M.D., "Assessment procedures for assertive behaviour", en R. E. Alberti (Ed.), Assertiveness: Innovations, applications issues, San Luis Obispo, California, Impact, 1977.
- [8] Gambrell, E.D. & Richey, C.A., "An assertion inventory for use in assessment and research", Behaviour Therapy, Vol. 6, pp. 550-561, 1975.
- [9] Gay, M.L.; Hollandsworth, J.G. & Galassi, J.P., "An assertive inventory for adults", Journal of Counselling Psychology, Vol.22, pp. 340-344, 1975.
- [10] Goleman, D., "La práctica de la Inteligencia Emocional", Editorial Kairós, Barcelona, 1999.
- [11] Gorgone, J.T; Davis G.B.; Valacich, J. S.; Topi, H.; Feinstein, D.L. & Longenecker, H.E., "IS 2002, Model Curriculum and Guidelines for Competencias demandados en el Mercado Profesional a Titulados Universitarios", Universidad Carlos III de Madrid, Abril 2005. <http://www.fundacion.uc3m.es/Sopp/>
- [31] González, J. & Wagenaar, R., "Tuning Educational Structures in Europe", Universidad de Deusto. Bilbao. 2003. <http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm>



Cristina Casado Lumbreras. Es Licenciada y Doctora en Psicología por la Universidad Autónoma de Madrid. Posee una dilatada carrera académica en la que ha trabajado como docente en instituciones como la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Antonio de Nebrija y la Escuela de Administración de Empresas (EAE). Asimismo, cuenta con una importante experiencia profesional en las áreas de Consultoría, Coaching y Desarrollo del Capital Humano en las Organizaciones. Sus intereses investigadores se centran en el ámbito del desarrollo competencial y la gestión organizacional desde el punto de vista del Capital Humano.



Ricardo Colomo Palacios. Es Ingeniero Superior en Informática y Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid, adicionalmente, posee un Executive M.B.A. por el Instituto de Empresa. Cuenta con más de diez años de experiencia en empresas ligadas a las Tecnologías de la Información, donde ha ostentado puestos técnicos y de gestión asociados con el desarrollo de Sistemas de Información y la Ingeniería del Software. En sus más de cinco años en la Universidad Carlos III de Madrid como docente, sus intereses en la investigación se circunscriben a las áreas de conocimiento citadas.

Capítulo 8

Novas Tecnologias para uma Nova Aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior

E. L. Cardoso, P. Pimenta, e D. C. Pereira

Title—New Technologies for a New Learning in the Higher Education Institutions

Abstract—There is an enormous expectation in relation to the potential of Information and Communication Technology (ICT) applications in education, namely in Engineering, Science and Technology, supporting pedagogical contemporaneous approaches. While there isn't a corresponding real practice, in the teaching and learning processes in the Higher Education Institutions (HEI). In this context, constructivist learning environments, represent a general reference model for the design and development of learning environments in HEI. HEI have stronger responsibilities in the answer to a new learning model approach, that can be enhanced by ICT, that beyond facilitating the access to explicit knowledge, growing represented in digital formats, offer cognitive tools that support learners in the interpretation, organization and knowledge building. This new learning model and these new ways of using learning technologies are raising challenges for change, that we propose should be considered in an institutional perspective.

Keywords— ICT, Learning Environments, Higher Education Institutions, Engineering Education

Resumo—As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) tem sido associado um enorme potencial de aplicação em educação designadamente em Engenharia, em Ciência e Tecnologia suportando abordagens pedagógicas contemporâneas que não têm, no entanto, correspondência na realidade dos processos de ensino e aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior (IES).

Este trabalho foi apresentado originalmente na 1ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – CISTI 2006, Portugal.

Eduardo Luís Cardoso é da Universidade Católica Portuguesa – CRPorto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 4200-072 Porto, Portugal (e-mail: elcardoso@esb.ucp.pt).

Pedro Pimenta é da Universidade do Minho – Escola de Engenharia – Departamento de Sistemas de Informação, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal (e-mail: pimenta@dsi.uminho.pt).

Duarte da Costa Pereira é da Universidade do Porto – Faculdade de Ciências, Rua do Campo Alegre, 4169-007 Porto, Portugal (e-mail: dcpereir@fc.up.pt).

Neste contexto os ambientes de aprendizagem construtivista representam um abrangente modelo de referência para a concepção e o desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem nas IES.

As IES têm, responsabilidades acrescidas na resposta a um novo modelo de aprendizagem que pode ser potenciado por um papel para as TIC que vai para além de possibilitarem o acesso a conhecimento explícito, crescentemente representado em formato digital, e constituem ferramentas cognitivas que apoiam o aluno na interpretação, organização e construção de conhecimento. Este novo modelo de aprendizagem e estas novas formas de usar as tecnologias colocam desafios de mudança que propomos devem ser analisados numa perspectiva institucional.

Palavras-Chave— TIC, Ambientes de Aprendizagem, Instituições de Ensino Superior, Educação em Engenharia

I. A EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA

A educação contemporânea pode ser compreendida como determinada por quatro elementos polarizadores, o indivíduo aprendiz que é o educado, a sociedade em nome da qual a educação se desenvolve, os conteúdos por intermédio dos quais a educação se realiza e a interacção entre estes três aspectos que concretiza o acto educativo (Figura 1). Estes pólos estão presentes, com diferentes importâncias relativas, nas várias teorias da educação em Engenharia, em Ciência e Tecnologia e nas teorias do ensino e da aprendizagem associadas e são essenciais à análise, à reflexão e a propostas de mudança na área [1].

Ao pólo Conteúdos estão associadas as teorias académicas, mais tradicionais no ensino superior, para as quais os conhecimentos a ensinar têm uma estrutura objectiva e independente do aluno ou da sociedade.

Ao pólo Sociedade estão associadas teorias que definem como objectivo da educação a transformação da sociedade e a resolução de problemas sociais, culturais e ambientais.

Ao pólo Indivíduo estão associadas teorias espirituais que valorizam aspectos do ser humano na sua relação transcendental com o universo ou teorias personalistas que valorizam aspectos da dinâmica interna da pessoa humana relacionada com as suas necessidades, aspirações e intenções.

Ao pólo Interação estão associadas, de acordo com

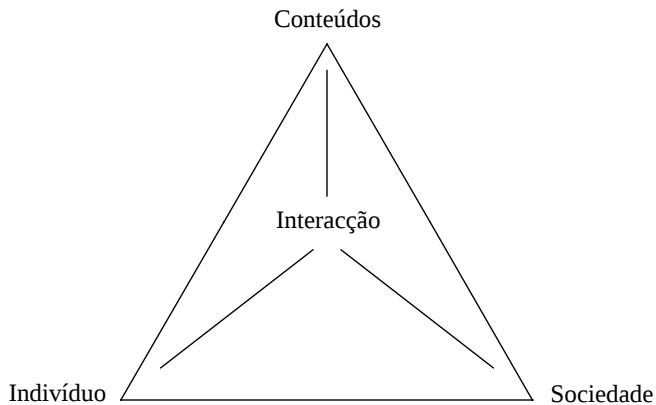


Fig. 1. Pólos das teorias contemporâneas em educação [2].

influências dos outros três pólos, teorias psicocognitivas, tecnológicas e sociocognitivas, com objectivos didácticos e centrados nos processos de ensino e aprendizagem [2].

As teorias psicocognitivas preocupam-se com o desenvolvimento dos processos cognitivos no aluno e em particular com os processos mentais associados à construção de conhecimento. As teorias sociocognitivas valorizam os factores e as interações sociais e culturais no ensino e aprendizagem e no processo de construção de conhecimento. As teorias tecnológicas procuram com recurso a tecnologias apropriadas melhorar o ensino e a aprendizagem.

Na interação didáctica será relevante considerar a comunicação educativa (síncrona e assíncrona, presencial, a distância e multimédia), a mediação humana da aprendizagem e também a mediação tecnológica, nomeadamente através de ambientes de aprendizagem, os processos de ensino e aprendizagem que constituem o acto educativo em sentido estrito e as organizações que os enquadram, como é o caso das Instituições de Ensino Superior (IES).

Se cada um destes pólos encerra princípios inspiradores das teorias contemporâneas em educação, também os binómios Conteúdos-Indivíduo, Conteúdos-Sociedade e Indivíduo-Sociedade, representam domínios de conhecimento relevantes numa pedagogia para o ensino superior designadamente em Engenharia, em ciência e Tecnologia [1].

A. Conteúdos-Indivíduo

A relação Conteúdos-Indivíduo pode ser caracterizada de acordo com Pereira [1] pelo conceito da psicologia cognitiva designado por cognição distribuída, que representa um mecanismo em que a agência dos processos cognitivos pode ser distribuída entre o indivíduo, outros actores do processo de aprendizagem, em particular docentes e alunos e os artefactos utilizados na produção de conhecimento, incluindo as tecnologias de informação e comunicação (TIC) [3]. E, no sentido contrário, estes oferecem ao sujeito aprendiz um andaimamento cognitivo de suporte ao processo de aprendizagem. O andaimamento pode ser implementado para motivar os alunos, reduzir a complexidade de tarefas e estruturar o processo de ensino e aprendizagem, através do fornecimento de *feed-back*, de exemplos, do apoio e

comunicação entre colegas e pela clarificação de papéis e de expectativas dos alunos, contribuindo para o processo de aprendizagem [4].

B. Conteúdos-Sociedade

As explicações da relação Conteúdos-Sociedade podem ser inspiradas de acordo com [1] no construtivismo social assente na tendência de evolução da ciência e tecnologia focada nos conteúdos para uma ciência e tecnologia focada nos contextos e sustentada socialmente, com reflexo na pedagogia associada à sua aprendizagem que inclui aspectos que podem ser potenciados pela tecnologia. A base metodológica desse construtivismo social é o postulado da simetria que não confere excessiva importância ao conhecimento iluminista científico mas considera, com igual peso, o conhecimento histórico.

Ainda, segundo [1], as exigências de uma crescente contextualização e socialização do conhecimento estão na origem das propostas de [5] que defendem um novo modo de produção de conhecimento científico e tecnológico, designado Modo 2, caracterizado por se basear nas pessoas em rede, mais do que nas instituições, por considerar mais a multidisciplinaridade, a heterogeneidade de contributos e a transdisciplinaridade, por contemplar mais a relevância e a responsabilidade externas e por ser mais condicionado pelos utilizadores e pela sociedade que pelas fronteiras disciplinares e pelos contextos académicos e organizacionais característicos do modo convencional, designado Modo 1. O Modo 1, correspondendo à produção de conhecimento factual e sistemático, conhecimento codificado de todos os tipos, fundamentalmente na forma de escrita, impressa, mas também, e cada vez mais, na forma de filme, fotografia e todas as formas de memória digital. A principal característica apontada para este tipo de conhecimento é a sua tendência para crescer de forma continuada e fragmentada conduzindo a mais e mais especializações. No designado Modo 2 trata-se da produção de conhecimento implícito, tácito, orientado pelo contexto e não pelo assunto, originando conhecimento holístico, multidisciplinar, envolvendo bases de conhecimento heterogéneo. Neste modo de produção de conhecimento são valorizadas competências pessoais e de personalidade, competências intelectuais, profissionais e manuais.

O conhecimento codificado tem tido um crescimento exponencial e uma enorme especialização de domínios, para além da sua difusão e utilização ser facilitada e a baixo custo, através do uso de TIC e da Internet em particular. Já o desenvolvimento de conhecimentos tácitos, de capacidades para aplicar conhecimento codificado exige processos contínuos de aprendizagem para suportar uma economia e uma sociedade baseada no conhecimento. Estas perspectivas suportam uma necessária mudança de paradigma de ensino e aprendizagem nas IES, de um ensino baseado nos conteúdos e dedicado à explicação, Modo 1, para uma aprendizagem baseada na aplicação contextualizada de conteúdos e dedicada à resolução de problemas, Modo 2, segundo [6]-[7], considerando, em particular, a Educação em Engenharia, Ciência e Tecnologia.

C. Sociedade-Indivíduo

A transição para uma sociedade do conhecimento, pós-industrial, implica uma nova relação entre Sociedade e Indivíduo que, em termos de aprendizagem, acontece ao longo de toda a vida, devido à crescente importância da formação contínua necessária, pelo menos, para a actualização dos sistemas de codificação de conhecimento e valoriza competências transversais em detrimento de competências específicas de um dado domínio de conhecimento. A aprendizagem ao longo da vida pode ser muito potenciada pelo desenvolvimento e generalização das TIC que suportam, em particular, novos modelos de comunicação tendencialmente mais personalizada, global e interactiva e alargam a capacidade de conhecimento e de acção do homem.

Com a relação entre o Indivíduo e a Sociedade caracterizada por ser sistémica e aberta, a aprendizagem dos indivíduos passa a ser determinante ao longo da vida na sociedade, bem como a aprendizagem organizacional continuada, indispensável a nível das organizações que se querem aprendentes e, portanto, também a nível das escolas e das IES [8]-[9]. As IES, como organizações aprendentes, com o duplo sentido – organizações que simultaneamente aprendem e promovem a aprendizagem [9]. Com aspectos individuais presentes nas disciplinas de mestria pessoal e modelos mentais, aspectos sociais presentes nas disciplinas de aprendizagem em equipa e visão partilhada, conduzindo à quinta disciplina, a visão sistémica aberta entre o indivíduo e a sociedade preconizada por [10]. As aprendizagens necessárias para competir nesta sociedade do conhecimento são caracterizadas mais pelo desenvolvimento de competências transversais, transferíveis entre actividades produtivas e menos pela aquisição de conteúdos. Competências transferíveis representando um conjunto de competências cognitivas e sociais de ordem elevada tais como a resolução de problemas, a colaboração e o trabalho em equipa, a flexibilidade e agilidade, a capacidade de adquirir recursos, o empreendedorismo e em geral o saber aprender, como sistematizado por [11].

A educação contemporânea apresenta-se, pois, com uma complexidade, em parte derivada da complexidade do mundo contemporâneo [12], da qual a diversidade de teorias associadas é um reflexo.

De uma outra forma o relatório Delors para a Unesco condensa a relevância destes pólos na educação ao considerar que os novos objectivos para a aprendizagem ao longo de todo o processo educativo têm que incluir a aprendizagem de saberes ou de conhecimentos, a aprendizagem do saber fazer, a aprendizagem do saber ser, na sociedade e na relação com os outros e a aprendizagem do aprender continuamente e ao longo da vida [13], sendo que este aprender a aprender pode ser visto como essencial e transversal à educação na sociedade contemporânea.

II. AS TIC NO ENSINO SUPERIOR

Às tecnologias de informação e comunicação está associado um grande potencial de aplicação em educação e uma

expectativa de incorporação nos sistemas educativos que contribua para estes responderem adequadamente aos desafios que lhes estão colocados pela sociedade. Em particular, o potencial das plataformas de *e-learning* (PeL) na construção de ambientes de ensino e aprendizagem distribuídos, de suporte aos cursos de ensino superior e, na sua generalização, ao nível da pré-graduação, constituem oportunidades de inovação e desenvolvimento para as instituições de ensino superior.

Há um grande interesse na, por vezes designada, educação virtual, baseada na ideia da generalização de uma aplicação significativa de TIC nas actividades centrais à educação. No entanto, embora haja uma grande valorização, porventura exagerada do potencial das TIC em educação, o crescimento real da sua aplicação tem sido lento e as mudanças verificadas marginais [14]. Não obstante todas as possibilidades e todo o potencial de exploração, a sua utilização na prática lectiva está longe de ser generalizada nas IES [15]. À data, a maior parte das IES tem reagido à mudança tecnológica no ensino e aprendizagem, de uma forma que pode ser descrita como oscilante [16].

Os exemplos existentes levam [17] a considerar que a aprendizagem *online* deixou de ser periférica e tornou-se relevante na sociedade, embora com uma evolução limitada dos modelos organizacionais e pedagógicos subjacentes. “Houve um mar de mudança de atitudes, um nível enorme de investimento, grandes expectativas (em geral irrealistas), apesar do progresso limitado (muitas vezes glacial) das mudanças institucionais e pedagógicas” [17]. Paulsen [18] considera, que em termos da oferta educativa global, muitas IES estão a implementar serviços educacionais *online*, o que considera ser uma ilustração de que a megatendência actual na educação *online* é a transição de uma escala experimental para operações em larga escala. Embora, também, considere que poucas IES podem apresentar exemplos de sucesso económico e que muita da educação *online* oferecida tem sido transitória, sem sucesso e longe de ser sustentada.

É, em geral, aceite que o maior potencial para o *e-learning* é no desenvolvimento de uma educação e formação contínua, ao longo da vida e interligada com o desenvolvimento pessoal e profissional dos indivíduos [19]. Mas um dos maiores impactos das TIC poderá acontecer no ensino tradicional, com as tecnologias a suportar um modelo combinado de ensino e aprendizagem com componentes presenciais e a distância. As TIC no apoio ao aluno têm associada a promessa de acesso aos recursos significativos disponíveis no campus de uma IES [19]. Muitas IES tradicionais estão, de facto, no processo de integração de tecnologias avançadas nos seus métodos regulares de ensino *on-campus* [20]-[21]. A convergência entre educação presencial e *e-learning* é mesmo identificada como a maior tendência, não reconhecida, no ensino superior [16].

Por outro lado, a rápida generalização de soluções tecnológicas podem impedir a implementação de boas práticas pedagógicas, pois a utilização destas tecnologias de informação e comunicação não implica, necessariamente, a adopção das melhores aproximações ao processo de ensino e aprendizagem [22]. Um levantamento realizado pela associação Educause, em 1999, indicava que apenas 3 % dos

sites com fins educacionais propunha algum tipo de interactividade que suportasse actividades ou alguma forma de participação em objectivos pedagógicos. Os sites analisados foram considerados essencialmente passivos, apenas repositórios de informação [23]. A maior parte dos docentes usa *email* para comunicar com os seus alunos e cerca de um terço das disciplinas usam recursos na Web ou têm uma página da disciplina na Web [24]. Mas a mera colocação de materiais na Web pode não conduzir à utilização pelos alunos e a uma melhoria na sua aprendizagem e compreensão [25].

A exploração do potencial dos ambientes de ensino distribuído nas disciplinas dos cursos de ensino superior envolve a necessidade de adaptação e mudança dos métodos de ensino, um processo de inovação que implica um «enriquecimento pedagógico» ou uma «reengenharia pedagógica» das disciplinas [26]. De outra forma, a utilização da tecnologia associada a métodos escolares mais tradicionais, pode representar simplesmente um acrescentar de custos ao sistema actual [14].

E, no entanto, “olhando para a história da educação [...] apesar das capacidades das tecnologias de informação e comunicação, o que é comum encontrar na oferta educativa são os mesmos métodos tradicionais de ensino baseados em métodos expositivos” [27].

III. AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

Ambientes de aprendizagem podem ser implementados de forma produtiva baseados em plataformas de *e-learning*, incorporando uma diversidade de ferramentas cognitivas e suportando, com várias dimensões de flexibilidade, processos distribuídos de ensino e aprendizagem que permitem perspectivar novas formas de funcionamento para a IES. O princípio da aprendizagem colaborativa na concepção dos ambientes de ensino distribuído poderá ser o mais importante conceito elementar a enformar a aprendizagem *online* em rede, tirando partido de todo o potencial das TIC [17].

Os ambientes de aprendizagem baseados em tecnologias e integrando aproximações construtivistas aos processos de ensino e aprendizagem, são considerados particularmente adequados para o ensino superior onde o objectivo é a aquisição de conhecimento avançado, em particular nas fases intermédias e finais dos programas de pré-graduação, como defendido por [28] num “Manifesto para uma aproximação construtivista ao uso de tecnologia no ensino superior”.

Jonassen [29] sistematiza as qualidades que o processo de ensino e aprendizagem deve possuir de forma a fomentar uma aprendizagem significativa (*meaningful*) e que, portanto, podem fornecer orientações para a prática pedagógica no ensino superior e para a concepção de ambientes de aprendizagem. O processo de ensino e aprendizagem deve possuir as seguintes qualidades que se interligam:

- - Colaborativo

Criando condições e estimulando, contribuições, naturalmente diferenciadas, de cada membro da comunidade em aprendizagem de forma observável e partilhada, constituindo contributos eficazes para as aprendizagens a nível individual. Trata-se de facilitar a exploração de

capacidades entre os alunos como uma forma natural de aprender em comunidade de aprendizagem e de construção de conhecimento.

- - Conversacional

Promovendo e facilitando um processo social e dialógico de construção de sentido e de conhecimento, promovendo a participação dos alunos numa comunidade de construção de conhecimento e o desenvolvimento de múltiplas perspectivas sobre a realidade e de múltiplas soluções para a resolução de tarefas e problemas.

- - Reflexivo

Promovendo a auto-avaliação, a confrontação com os resultados dos membros da comunidade e a articulação com as decisões tomadas e as estratégias seguidas, conduzindo a uma melhor compreensão da realidade estudada e tornando o que se aprende mais adaptável a outras situações.

- - Contextualizado

Situando as actividades de aprendizagem a desenvolver em relação a tarefas reais ou simuladas com base em casos, problemas ou questões e proporcionar uma aprendizagem melhorada e mais transferível para outras situações. Contextos úteis e diversos oferecem a base para os alunos praticarem o desenvolvimento de conhecimento e de competências relevantes no mundo real.

- - Complexo

Confrontando os alunos com a natureza complexa e pouco estruturada de problemas reais, de forma a evitar o desenvolvimento de visões simplistas da realidade e proporcionando uma compreensão de múltiplas perspectivas sobre os problemas e soluções no mundo real.

- - Intencional

Articulando os objectivos dos alunos com o processo de aprendizagem, contribuindo para um comprometimento activo e intencional dos alunos no cumprimento de objectivos cognitivos. O processo deve explicitar, clarificar e articular finalidades para as tarefas, actividades e em geral para todo o processo de aprendizagem em que participam os alunos.

- - Activo e Manipulativo

Envolvendo os alunos em processos mentais de processamento de informação, de cujo resultado são responsáveis e que incluem a possibilidade de construir um produto, de tomar decisões, de modificar parâmetros e de utilizar ferramentas que de alguma forma simulem experiências do mundo real.

- - Construtivo

Confrontando os alunos com experiências de aprendizagem, apoiados pelos docentes e/ou pelo grupo em aprendizagem, que lhes exijam a construção de conhecimento, integrando novas ideias em conhecimento anterior (considerando e valorizando a experiência prévia), acrescentando sentido e desenvolvendo representações mais complexas da realidade.

A concepção de ambientes de ensino e aprendizagem pode ser inspirada e concretizada tendo por base referências conceptuais que determinem os seus requisitos no quadro da educação contemporânea. Uma proposta abrangente e detalhada que constitui um importante referencial teórico para a concepção de ambientes de ensino e aprendizagem

distribuídos são os ambientes construtivistas de aprendizagem – ACA (ou *constructive learning environments* - CLE) [29].

Os ACA são baseados em princípios construtivistas da aprendizagem que contrastam com princípios comportamentalistas e objectivistas que pressupõem que o conhecimento relevante pode ser embebido no processo de ensino e transferido para o aluno em qualquer contexto [30].

Os ACA podem ser definidos como sendo ambientes que proporcionam uma intervenção do sujeito em aprendizagem em processos envolvendo uma interacção com outros actores do processo de aprendizagem, docentes, alunos ou outros actores, e, através do desenvolvimento de actividades e da interacção com conteúdos num contexto credível e partilhável, os ACA são orientados à actividade como geradora de aprendizagens [30].

Os ambientes de aprendizagem devem, de acordo com este referencial, suportar processos de aprendizagem com as qualidades, já apresentadas, de serem colaborativos, conversacionais, reflexivos, contextualizados, complexos, intencionais, activos e manipulativos e construtivos.

Os ACA devem integrar componentes, estruturar actividades e disponibilizar ferramentas de apoio ao processo de aprendizagem. Devem proporcionar experiências de aprendizagem baseadas em problemas ou projectos e para tal serem constituídos pelos seguintes componentes:

- Contexto
- Representação / Simulação
- Espaço de Manipulação

As principais actividades instrucionais associadas a estes ambientes são a modelagem (*modelling*), o treino (*coaching*), o andaimamento (*scaffolding*) e a autonomização (*fading*).

A modelagem tem como principal função mostrar ao aluno como conseguir praticar as actividades necessárias para levar a cabo uma tarefa ou objectivo. A ideia é ajudá-lo a articular o raciocínio com as tomadas de decisão envolvidas em cada passo do processo.

O treino tem como principal função intervir nos pontos críticos da instrução para fornecer ao aluno encorajamento, diagnóstico, direcção e *feedback*. Varia entre a simplicidade do fornecimento apropriado de sugestões pré-programadas e a complexidade de proporcionar aos indivíduos ferramentas para a análise da sua actividade e ajuda na sua orientação.

O andaimamento tem como principal função ajudar o aluno ao nível do seu desempenho em tarefas. O andaimamento tem que tomar em conta os aspectos sistémicos que podem afectar o desempenho e focar-se na tarefa, no ambiente, no docente e principalmente no aluno.

A autonomização tem como principal função assegurar que o ambiente de aprendizagem proporciona, a prazo, aos alunos, um desempenho autónomo.

As principais ferramentas de construção de conhecimento associadas aos ACA são:

- Ferramentas de representação do problema
- Ferramentas de modelagem estática ou dinâmica
- Ferramentas de suporte do desempenho
- Ferramentas de recolha de informação
- Ferramentas de conversação e colaboração.

Os ambientes de aprendizagem podem oferecer condições para o processo de ensino e aprendizagem ocorrer num contexto social através de colaboração, negociação, debate, avaliação, interacção e *mentoring*. A colaboração, em particular, ajuda os alunos a validarem as experiências de aprendizagem e exige um nível de articulação que promove uma construção colectiva de conhecimento e uma compreensão aprofundada do que está a ser estudado [31].

A implementação de programas educacionais baseados nos princípios do ensino e da aprendizagem distribuída é pressuposta basear-se em ambientes tecnológicos em rede, nomeadamente na Internet, mas compreender, no entanto, outras situações, dispositivos e meios de suporte. A relevância de um ambiente *online* não deve ser redutora da concepção pedagógica embora “um dos mais óbvios equívocos sobre cursos *online* é a que eles devem acontecer em frente a um computador” [32].

IV. NOVO MODELO DE APRENDIZAGEM

Sendo a organização do ensino superior e as IES, portadoras de uma concepção essencialmente mecanicista dos sistemas de ensino, com origens na sociedade industrial e nas perspectivas de base tayloristas da organização da produção, estamos actualmente num quadro de reconhecimento e valorização de outras concepções do processo de ensino e aprendizagem em que a metáfora representativa é a rede e em que, em oposição à tradicional ênfase na transmissão, na memorização, nos conteúdos e numa aprendizagem isolada, se contrapõe uma aprendizagem construída, situada num contexto, em interacção e em comunidade [6]. Estamos, pois, num quadro de mudança de paradigma e de referências, com implicações na organização do sistema de ensino e na prática dos processos de ensino e aprendizagem, também extensíveis ao subsistema de ensino superior.

Transpondo os conceitos de Modo 1 e Modo 2 de produção de conhecimento propostos [5], para o ensino e aprendizagem, em particular para a Educação Superior em Engenharia, [6] argumentam que as TIC e a Internet, em particular, oferecem crescentes capacidades de representar conhecimento explícito, Modo 1 e de facilitar e massificar a sua disponibilização, potenciando a necessidade de uma transição de paradigma de ensino e aprendizagem para o Modo 2, mais dependente da intervenção dos docentes, com aproximações pedagógicas adequadas como sejam a aprendizagem por casos, pela resolução de problemas ou por projectos.

Embora não questionando a importância e o valor da aprendizagem Modo 1, o Modo 2 é defendido como a base para uma proposta de mudança de paradigma de ensino e aprendizagem no ensino superior [6]. As características apresentadas para este novo paradigma estão sistematizadas na Tabela I.

As tecnologias educativas são também defendidas como podendo suportar, de forma mais efectiva, a construção de conhecimento no ensino superior e a promoção de aprendizagens relevantes, com sentido, se utilizadas como ferramentas cognitivas de amplificação das capacidades mentais, apoiando a interpretação e a organização do conhecimento pessoal do aluno e não, como tradicionalmente

acontece, apenas como meios de envio de informação, como comunicadores de conhecimento ou tutores de alunos [33]-[34].

Estas ferramentas cognitivas com as quais o aluno aprende (e não a partir das quais aprende) são, pois, aplicações de TIC que, quando usadas pelos alunos para representar o que eles conhecem, envolvem os alunos necessariamente em pensamento crítico e reflexivo sobre os conteúdos em estudo. Constituem-se como soluções de andaimamento cognitivo que suportam diferentes formas de raciocínio sobre os conteúdos e

TABELA 1.

EVOLUÇÃO DE PARADIGMA PARA A APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR, DO TRADICIONAL, MODO 1, PARA O NOVO, MODO 2 [6]

Tradicional Modo 1	Novo Modo 2	Benefícios antecipados
Estático	Dinâmico	Métodos económicos de produção, transmissão e armazenamento de vídeo de qualidade aceitável e de animações melhoram consideravelmente a apresentação de muitos tipos de conteúdos.
Isolado	Apoiado	Sistemas de suporte à aprendizagem baseados no computador, bem concebidos, tornam-se um grande apoio para lidar com as dificuldades dos alunos.
Meio único	Multimédia	A utilização imaginativa e especializada de um vasto conjunto de media potencia uma aprendizagem mais atractiva.
Síncrono	Assíncrono	Os constrangimentos de tempo e de espaço dos métodos de exposição tradicionais que utilizam as aulas teóricas e laboratoriais, são substituídos em favor de uma aprendizagem em ritmo individual utilizando uma grande variedade de mecanismos de apoio.
Passivo	Activo	A aprendizagem é vista como um processo activo em que os conceitos são adquiridos, incorporados em esquemas apropriados e testados na acção.
Unidireccional	Interactivo	A interactividade proporciona maiores benefícios na clarificação, elaboração e consolidação e é a chave para a produção de ambientes de aprendizagem com grande capacidade de apoio.
Local	Em rede	A aprendizagem é suportada com base numa rede com uma dada cobertura espacial em vez de estar confinada a um único lugar.
Público	Pessoal	A possibilidade de desenvolver sistemas de suporte da aprendizagem que respondam às necessidades e ao desempenho de um indivíduo.
Real	Virtual	A utilização de objectos virtuais simulados em computador e que estão interactivamente acessíveis oferece possibilidades consideráveis para ligar a teoria e a experimentação.

exigem que os alunos pensem sobre o que conhecem de diferentes formas relevantes. Podem ser consideradas várias classes de aplicações que podem ser utilizadas como ferramentas cognitivas e suportar aproximações pedagógicas, incluindo: ferramentas para organização semântica, como bases de dados e mapas de conceitos; ferramentas de modelação dinâmica, como folhas de cálculo, sistemas periciais e ambientes de modelação de sistemas; ferramentas de interpretação de informação; ferramentas de construção de conhecimento, como sistemas hipermedia, hipertexto e de gestão de conhecimento; e ferramentas de conversação e colaboração, síncronas e assíncronas.

A necessidade de um novo modelo de referência para os processos de ensino e aprendizagem é sistematicamente associado à utilização de TIC em educação que deve ser acompanhada do repensar e redesenhar desses processos [16]-[35]-[36]. A mudança de paradigma necessária é, muitas vezes, apresentada como a mudança para uma abordagem colaborativa no processo de ensino e aprendizagem, também designada como aprendizagem colaborativa em rede ou simplesmente aprendizagem em rede [17].

Jonassen [34] argumenta, com razões empíricas e filosóficas, que o melhor uso das TIC em educação será não

como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem, transportando a informação e o conhecimento, mas antes como ferramentas cognitivas com as quais o aluno aprende.

V. DESAFIOS E OPORTUNIDADES

A utilização de TIC no ensino superior tem sido caracterizada pelo facto das aplicações serem mais conduzidas pela tecnologia que pelos utilizadores, aplicações que têm suportado fundamentalmente as abordagens académicas tradicionais [37]. O que ilustra bem as dificuldades das IES em aproveitar todo o potencial das tecnologias e dos recursos disponíveis quer para alunos quer para docentes.

Em Portugal, a nível da formação inicial de professores, em que o uso de novas tecnologias e metodologias devia ser particularmente pertinente, são também identificados níveis ainda reduzidos de incorporação das TIC. “As TIC desempenham um papel real, embora ainda modesto, nos cursos de formação inicial de professores em Portugal” [38]. Num estudo mais recente, realizado por [39], também relativo à utilização de TIC na formação inicial de professores em Portugal, conclui-se que apesar da presença das TIC nos currículos, quer, de modo explícito, em disciplinas dedicadas, quer, de modo implícito, em disciplinas que utilizam as TIC de forma intensa ou reflectem sobre o seu uso em educação, continua a registar-se um défice de integração real das TIC em muitas das disciplinas dos cursos de pré-graduação nos currículos de formação.

Os rápidos desenvolvimentos tecnológicos criam dificuldades às IES em responder às oportunidades e desafios que lhes são colocadas. As TIC, como a Internet ou as comunicações sem fios, tiveram em vários sectores de actividade um papel de ruptura, no sentido que provocaram alterações radicais nas formas de funcionamento das organizações envolvidas e dos próprios sectores. Estas mesmas tecnologias têm o potencial de provocar mudanças similares no sector da educação [14].

A compreensão dos processos de inovação associados às TIC pode ajudar a promover este tipo de mudanças, contribuindo para a necessidade de diferenciar o sistema educativo nacional como forma de evolução e desenvolvimento [40]. A nível nacional é ainda referenciada a necessidade de estudos sobre o ensino superior que perspectivem uma reorganização do sistema, contemplando os desafios da sociedade do conhecimento, já que as IES precisam de redefinir a sua missão e funções [41]. Na perspectiva de que as IES têm um papel central a desempenhar no desenvolvimento de uma sociedade baseada no conhecimento, a exacta natureza desse papel e as consequentes necessidades de adaptação não são, no entanto, suficientemente claras [42]. A mudança nos processos de ensino e aprendizagem nas IES designadamente na área da Engenharia, Ciência e Tecnologia adquire particular actualidade com o desenvolvimento do processo de Bolonha na Europa [43].

No estudo da adopção de PeL nas IES, a consideração do papel institucional (Figura 2) deverá ser particularmente determinante quando está em causa a adopção de sistemas que



Fig. 2. Modelo do processo de mudança associado à adoção de Ambientes de Aprendizagem nas IES (adaptado de [44]).

permitem o desenvolvimento de ambientes ensino e aprendizagem que podem ser adequados para suportar qualquer tipo de disciplina, cuja exploração é melhorada quando integrados com outros sistemas como os de gestão académica, que implicam, em geral, uma exigente gestão de tecnologia e serviços de suporte adequados, que requerem uma articulação entre diferentes serviços das IES e que produzem resultados muito dependentes do tipo e nível de utilização pelos docentes.

Por outro lado, neste quadro de mudança tecnológica que envolve a adoção de sistemas altamente configuráveis pelos docentes para atingir aplicações finais, num ambiente organizacional complexo, com múltiplos contextos disciplinares de exploração, e em que a mudança significa a redefinição de actividades centrais à organização, o ensino a nível das licenciaturas, parece pertinente compreender o papel institucional como necessariamente condicionante das mudanças pedagógicas desejáveis e do sucesso do processo de inovação.

A adoção e utilização de tecnologias de informação nos locais de trabalho mantêm-se como uma preocupação central da investigação e prática em engenharia, tecnologia e sistemas de informação [45]. Os desenvolvimentos nas capacidades do equipamento e das aplicações têm sido significativos mas, mesmo quando adoptados, prevalece o problema da subutilização dos sistemas instalados. A compreensão e a criação das condições sob as quais os sistemas de informação são incorporados pelas organizações humanas constitui, ainda de acordo com estes autores, um domínio de investigação prioritário.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Pereira, *Educação em Ciência e Tecnologia para o Séc. XXI. Necessidade de Mudar de Paradigma* (no prelo), 2004.
- [2] Y. Bertrand, *Teorias Contemporâneas da Educação*. Instituto Piaget, Lisboa, 1998.
- [3] R. Giere, The Role of Computation in Scientific Cognition. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 15, 2003, pp. 195-202.
- [4] C. McLoughlin, and L. Marshall, "Scaffolding: A Model for Learner Support in an Online Teaching Environment", *A paper delivered at the 9th Annual Teaching Learning Forum*. Flexible Futures in Tertiary Teaching, Perth, 2000.
- [5] M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, and M. Trow, *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Londres: Sage, 1994.
- [6] G. Hills, and D. Tedford, "The Education of Engineers: The Uneasy Relationship Between Engineering, Science and Technology", *Global Journal of Engineering Education (UICEE)*, vol. 7, no. 1, pp. 17-28, 2003.
- [7] G. Hills, "The New Learning Paradigm and the Importance of Technology", in J. Gomes (Coord.), *Reflectir Bolonha: Reformar o Ensino Superior*. Porto: Universidade do Porto, 2003.
- [8] P. Senge, N. Cambron-McCabe, T. Lucas, B. Smith, J. Dutton, and A. Kleiner, *Schools That Learn. A Fifth Discipline Fieldbook of Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*. Londres: Nicholas Brealey, 2000.
- [9] C. Duke, *The Learning University. Towards a New Paradigm?* Buckingham: SRHE/Open University Press, 1992.
- [10] P. Senge, *The Fifth Discipline (The Art & Practice of the Learning Organization)*. Nova Iorque: Doubleday-Currency, 1990.
- [11] W. Haddad, and A. Drexler, *Technologies for Education: Potentials, Parameters, and Prospects*. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Paris, 2002.
- [12] E. Morin, *Introdução ao Pensamento Complexo*. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.
- [13] J. Delors, et al. *Um Tesouro a Descobrir*, Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. Porto: Edições Asa, 1996.
- [14] A. Bates, "The Continuing Evolution of ICT Capacity: The Implications for Education", in G. Farrel, (Ed.), *The Changing Faces of Virtual Education*. The Commonwealth of Learning. Vancouver, 2001b, pp. 29-46.
- [15] B. Collis, and N. Pals, "A Model for Predicting an Individual's Use of a Telematics Application for a Learning-Related Purpose", *International Journal of Educational Telecommunications*, 2000, pp. 63-103.
- [16] R. Garrison, and H. Kanuka, "Blended Learning: Uncovering its Transformative Potential in Higher Education", *The Internet and Higher Education*, vol. 7, no. 2, pp. 95-105, 2004.
- [17] L. Harasim, "Shift Happens: Online Education as a New Paradigm in Learning", *The Internet and Higher Education*, vol. 3, no.1-2, pp. 41-61, 2000.
- [18] M. Paulsen, *Online Education and Learning Management Systems. Global e-Learning in a Scandinavian Perspective*. NKI. Oslo: NKI Forlaget, 2003a.
- [19] Y. Ryan, "The Provision of Learner Support Services Online", in G. Farrel, (Ed.), *The Changing Faces of Virtual Education*, The Commonwealth of Learning, Vancouver, 2001, pp. 71-94.
- [20] C. Bonk, (2001). *Online Teaching in an Online World*. Acedido em 20 de Dezembro de 2003, em: <http://www.courseshare.com/reports.php>.
- [21] AFT, *A Virtual Revolution: Trends in the Expansion of Distance Education*. American Federation of Teachers, Washington DC, 2001.
- [22] M. Chaloupka, and T. Koppi, "A Vignette Model for Distributed Teaching and Learning", *ALT-J*, 1999, pp. 41-48.
- [23] R. Katz, and J. Rudy, "Information Technology in Higher Education: Assessing Its Impact and Planning for the Future", *New Directions For Institutional Research XXVI*, vol. 2, no. 102, pp. 1-89, 1999.
- [24] CCP, *The 1999 National Survey of Information Technology in US Higher Education*. Encino. The Campus Computing Project, 2000.
- [25] C. Bonk, J. Cummings, N. Hara, R. Fischler, and S. Lee, *A Ten Level Web Integration Continuum for Higher Education: New Resources, Partners, Courses, and Markets*. Instructional and Cognitive Impacts of Web-Based Education. Beverly Abbey, Idea Group Publishing, 1999.
- [26] B. Collis, "Pedagogical Reengineering: A Pedagogical Approach to Course Enrichment and Redesign With the WWW", *Education Technology Review*, 1997, pp. 11-15.
- [27] I. Miller, "Distance Learning - A Personal History", *The Internet and Higher Education*, vol. 3, no. 1-2, pp. 7-21, 2000.
- [28] D. Jonassen, T. Mayes, and R. McAleese, "A Manifesto for a Constructivist Approach to Technology in Higher Education", in T. Mayes, D. Jonassen, T. Duffi, and J. Lowyck, (Eds.), *Designing Constructivist Learning Environments*. Heidelberg: Springer-Verlag, 1993, pp. 231-247.
- [29] D. Jonassen, "Designing Constructivist Learning Environments", *INSYS*, 1997, pp. 527.
- [30] D. Jonassen, and L. Rohrer-Murphy, "Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments", *ETR&D*, vol. 47, no. 1, pp. 61-7, 1999.
- [31] S. Grabinger, and J. Dunlap, "Rich Environments for Active Learning: A Definition", in D. Conole, S. Gránne, and G. Jacobs, (Eds.), *The Changing Face of Learning Technology*. Cardiff: University of Wales Press, 2000.

- [32] M. Paulsen, (2003b). *Interview with Morten Flate Paulsen about his book Online Education and Learning Management Systems*. Acedido em 21 de Novembro de 2003, em: <http://www.studymmentor.com>.
- [33] D. Jonassen, C. Carr, and H. Yueh, "Computers as Mindtools for Engaging Learners in Critical Thinking", *TechTrends*, vol. 43, no. 2, pp. 24-32, 1998.
- [34] D. Jonassen, (1994). *Technology as Cognitive Tools: Learners as Designers*. Acedido em 21 de Maio de 2001, em: <http://it.coe.uga.edu/itforum/paper1/paper1.html>.
- [35] B. Collis, and G. Nijhuis, "The Instructor as Manager: Time and Task", *The Internet and Higher Education*, vol. 3, no. 1-2, pp. 75-97, 2000.
- [36] S. Brown, "Reinventing the University", *ALT-J Association for Learning Technology Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 30-37, 1998.
- [37] P. Dirr, "Distance and Virtual Learning in the United States", in *The Development of Virtual Education: A Global Perspective*. The Commonwealth of Learning, Vancouver, 1999.
- [38] J. Ponte, and L. Serrazina, *As Novas Tecnologias na Formação Inicial de Professores*. Ministério da Educação, Departamento de Avaliação, Prospectiva e Planeamento, 1998.
- [39] J. Matos, *As Tecnologias de Informação e Comunicação e a Formação Inicial de Professores em Portugal: Radiografia da Situação em 2003*. Centro de Competência Nónio Século XXI da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004.
- [40] R. Carneiro, *Novo Conhecimento e Nova Aprendizagem*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000.
- [41] V. Simão, *Modernização do Ensino Superior. Da Ruptura à Excelência*. Fundação das Universidades Portuguesas, 2003.
- [42] A. Amaral, and P. Maassen, "Preface", in A. Amaral, J. Glen and B. Karseth, (Eds.), *Governing Higher Education: National Perspectives on Institutional Governance*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [43] MEE, *Declaração de Bolonha - Declaração dos Ministros da Educação Europeus*, Ministros da Educação Europeus, Bolonha, 1999.
- [44] W. Orlikowski, "CASE Tools as Organizational Change: Investigating Incremental and Radical Changes in Systems Development", *Management Information Systems Quarterly*, 1993, pp. 309-340.
- [45] V. Venkatesh, and F. Davis, "A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies", *Management Science*, 2000, pp. 186-204.

Cardoso E. L. Doutorado em Tecnologias e Sistemas de Informação pela Universidade do Minho (2006), Mestrado (1992) e Licenciatura (1986) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.



Desenvolve a sua actividade principal na Universidade Católica Portuguesa – Centro Regional do Porto, nas áreas de ensino/formação, extensão e investigação. É Coordenador do Centro de Competência – Computadores, Rede e Internet na Escola (CC-CRIE) do Ministério da Educação que promove a integração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas Escolas. Os principais interesses de investigação relacionam-se com a adopção e integração

curricular de TIC no ensino/formação, bem como a gestão de informação e conhecimento.

Eduardo Luís Cardoso é membro do Memorandum of Understanding – Multimedia Access to Education and Training in Europe, da ACM – Association for Computing Machinery, da AACE – Association for the Advancement of Computing in Education, da APSI – Associação Portuguesa de Sistemas de Informação, e é formador acreditado pelo Ministério da Educação e pelo Sistema Nacional de Certificação de Formadores, do Instituto do Emprego e Formação Profissional.



Pedro Pimenta é membro da APSI – Associação Portuguesa de Sistemas de Informação.

Pimenta P. Professor auxiliar na Universidade do Minho – Escola de Engenharia / Departamento de Sistemas de Informação. Doutoramento em Engenharia de Sistemas. Coordenador do Grupo K3 de Investigação e Desenvolvimento em Tecnologias em Educação.

Os principais interesses de investigação relacionam-se com a utilização de sistemas de informação no ensino/formação, bem como a gestão de informação e conhecimento.

Pereira D. C. Professor Associado Agregado da Universidade do Porto – Faculdade de Ciências. Investigador na área da Educação em Ciência e



Tecnologia. Coordenador do Centro de Educação Multimédia da Universidade do Porto e Coordenador do Mestrado em Educação Multimédia da Universidade do Porto.

Tem como principal área científica de investigação - Educação em Ciências com especial incidência nos aspectos relacionados com a epistemologia, sociologia, psicologia e na potenciação da Didáctica das Ciências pelas Tecnologias da Comunicação e Informação (TIC). Nesse sentido, integrou vários grupos de investigação devendo distinguir-se um relacionado com a modelagem computacional da comunicação educativa. É co-autor de um modelo de Portfolio Digital para aplicação em várias situações de formação.

Capítulo 9

La Adaptación del Primer Curso de la EUITT de Telecomunicación (UPM) al EEES: una mirada retrospectiva

Irina Argüelles, Wilmar Hernandez, *Member, IEEE*, Carmen Ortiz, Gerardo Balabasquer, y Juan Blanco

Title—Adapting the first year degree course at the EUIT de Telecomunicación (UPM) to the new Higher Education European Framework.

Abstract— This paper presents the development and conclusions of a project that has tried to go beyond particular experiences within the framework of the European Higher Education Area during the academic years 2005-2008. The project “Adaptation of the first year course in the EUITT-UPM to the EHEA” represents a holistic experience within the first year groups in the EUIT of Telecomunicación-UPM. Among different innovations which affect both the curriculum and the teaching and assessing methodology, the participants compromised to use a virtual environment of learning as a tool. Almost three years after the beginning of this experience some feedback is needed and some conclusions must be gained in order to get ready to face future actions.

Keywords— Collaborative Learning, Engineering Education, EHEA, Interdisciplinary Cooperation

Resumen— Este trabajo presenta el desarrollo y conclusiones de un proyecto que durante tres cursos (2005/2008), ha querido

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO TAAE 06

I. Argüelles is with the Sección Departamental de Lingüística Aplicada a la Ciencia y a la Tecnología in the EUIT de Telecomunicación at the Universidad Politécnica de Madrid, Ctra. Valencia km 7, 28031, Madrid, Spain (phone: +34-913366444; fax: +34-913319229; e-mail: irina@euitt.upm.es).

W. Hernandez is with the Departamento de Ingeniería de Circuitos y Sistemas in the EUITT at the Universidad Politécnica de Madrid, Ctra. Valencia km 7, 28031, Madrid, Spain (phone: +34-913367830; fax: +34-913367829; e-mail: whernan@ics.upm.es).

C. Ortiz is with the Departamento de Matemática Aplicada in the EUITT at the Universidad Politécnica de Madrid, Ctra. Valencia km 7, 28031, Madrid, Spain (phone: +34-913367836; fax: +34-913367835; e-mail: cortiz@euitt.upm.es).

G. Balabasquer is with the Departamento de Matemática Aplicada in the EUITT at the Universidad Politécnica de Madrid, Ctra. Valencia km 7, 28031, Madrid, Spain (phone: +34-913365220; fax: +34-913367835; e-mail: gbvilla@euitt.upm.es).

J. Blanco is with the Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control in the EUITT at the Universidad Politécnica de Madrid, Ctra. Valencia km 7, 28031, Madrid, Spain (phone: +34-913365224; fax: +34-913367801; e-mail: juan.blanco@upm.es).

superar el marco de experiencias de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en asignaturas particulares. El proyecto “Adaptación del primer curso de la EUITT-UPM al EEES” es una experiencia global sobre todas las asignaturas del primer curso de la EUIT de Telecomunicación-UPM. Entre otras innovaciones que afectan tanto al currículo como a los métodos de enseñanza-evaluación, los participantes se comprometieron a utilizar como herramienta un Entorno Virtual de Aprendizaje. Casi tres años después del comienzo de esta experiencia se hace imprescindible revisar cómo ha sido su evolución y alcanzar algunas conclusiones que sin duda condicionarán la continuación del proyecto en años venideros.

Palabras clave— Aprendizaje Cooperativo, Cooperación Interdisciplinaria, Espacio Europeo de Educación Superior, Educación en Ingeniería

I. INTRODUCCION

El proyecto que nos ocupa arrancó hace ya casi tres años, durante el curso 2005-2006 dentro del marco de la implantación del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) [1]. La construcción del EEES tiene como objetivo fundamental el dotar a Europa de un sistema de titulaciones comprensible y comparable, que facilite la movilidad de profesores y estudiantes, que estimule el aprendizaje a lo largo de la vida. Dos son quizás los aspectos de todo lo relacionado con el EEES, que tienen más relación con el cambio en la forma de enseñar y aprender: el ECTS y el sistema de acreditación de la calidad.

El ECTS es un sistema de contabilización de la actividad académica del estudiante, que mide el tiempo que éste debe dedicar para superar una asignatura. En esta medida de tiempo debe incluirse todo tipo de actividades (asistencia a clase, estudio personal, trabajo en grupo, exámenes, etc.). Por otro lado, los países del EEES deberán dotarse de sistemas de acreditación de titulaciones, en virtud de los cuales, cada centro deba demostrar periódicamente que las cosas se hacen según ciertos criterios y directrices.

Tanto los créditos ECTS como los nuevos sistemas de calidad repercuten directamente en las concepciones y prácticas de la enseñanza y del aprendizaje y, por lo tanto, en la metodología.

II. FASE DE INICIO DE LA EXPERIENCIA (CURSO 2005-2006)

En la etapa de preparación e inicio de la experiencia (preparación del curso 2005-2006), la coordinación se convirtió en el centro del trabajo de los profesores que voluntariamente se presentaron a participar en esta nueva experiencia. Innumerables reuniones de trabajo común, permitieron que se llegase a tomar decisiones consensuadas en el seno del grupo de profesores implicados. En general, estas decisiones afectaban a la planificación del currículo, planificación siempre guiada por las orientaciones para la creación del EEES y que se centran, entre otras, en las siguientes acciones:

- Determinar cuál es el volumen total del trabajo de los estudiantes y cómo debe ser su distribución en las distintas asignaturas en función del actual Plan de Estudios y su contabilidad en ECTS.
- Desarrollar estrategias metodológicas de enseñanza-aprendizaje, armoniosas en todas las asignaturas.
- Introducir acciones para potenciar la acción tutorial.
- Aplicar métodos de evaluación similares en todas las asignaturas.
- Seguir pautas comunes en el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje.
- Fomentar espacios de cooperación entre dos o más asignaturas.

A. Descripción del Grupo Piloto

Por acuerdo entre los profesores implicados y la Subdirección de Ordenación Académica de la EUIT de Telecomunicación, se determinó que la implantación de la experiencia tuviera lugar sobre un único grupo piloto de 32 estudiantes de primer curso. Para llegar a este número, se tomó como referencia el máximo de estudiantes que pueden integrar los grupos tradicionales de laboratorio (16), con la intención de que los profesores de teoría atendieran también en los laboratorios la formación de sus estudiantes del grupo piloto. Los estudiantes fueron seleccionados de forma aleatoria entre los de nuevo ingreso que habían manifestado su interés por participar en la experiencia (más de 150).

Las asignaturas y número de profesores implicados se relacionan en la Tabla I, en dicha tabla **As** representa Asignaturas, **Ca** representa Carácter, **Cr** representa Crédito, **Se** representa Semestre, **NP** representa Número de Profesores y **De** representa Departamento. Además, AC-I representa Análisis de Circuitos I, AC-II representa Análisis de Circuitos II, IT Inglés Técnico, MA-I Matemáticas I, MAT-II Matemáticas II, PR-I Programación I, PR-II Programación II, SL Sistemas Lógicos, FEL Fundamentos de Electrónica y FFI Fundamentos Físicos de la Ingeniería.

También en la Tabla I, Pri representa Primero, Seg representa Segundo, ICS Ingeniería de Circuitos y Sistemas, DLACT representa Lingüística Aplicada a la Ciencia y la Ingeniería, MA representa Matemática Aplicada, DIATEL Ingeniería y Arquitecturas Telmáticas, SEC Sistemas Electrónicos y de Control, FA Física Aplicada a las

Tecnologías de la Información. Asimismo, Tr representa Troncal y Ob representa Obligatoria.

TABLA I.
ASIGNATURAS Y NÚMERO DE PROFESORES IMPLICADOS.

As	Ca	Cr	Se	NP	De
AC-I	Tr	7,5	Pri	1	ICS
IT	Ob	4,5	Pri	1	DLACT
MAT-I	Tr	7,5	Pri	2	MA
PR-I	Tr	6	Pri	1	DIATEL
SL	Tr	6	Pri	1	SEC
AC-II	Tr	6	Seg	1	ICS
MAT-II	Tr	7,5	Seg	2	MA
FEL	Tr	9	Seg	1	SEC
FFI	Tr	7,5	Seg	2	FA
PR-II	Tr	6	Seg	2	DIATEL

B. Determinación total del volumen de trabajo

Los profesores también establecieron la carga que cada una de las asignaturas tendría en ECTS. Siguiendo las orientaciones del EEES, hay que tener presente que el número de horas de trabajo que se otorgue a cada asignatura será determinante a la hora de planificar las actividades o los trabajos que el alumno deberá realizar fuera del aula. Si bien el número de créditos tradicionales viene determinado por el número de horas presenciales, a partir de este número de créditos, las horas de trabajo totales del alumno se pueden estimar empleando la conversión 1 ECTS = 25 / 30 horas de trabajo. En la actualidad, un semestre en la EUITT-UPM tiene quince semanas lectivas. Teniendo en cuenta los créditos actuales (30 por semestre aproximadamente), la carga de trabajo para el estudiante estaría comprendida entre 750 (30x25h) y 900 (30x30h) horas. Para distribuir la carga de trabajo entre las asignaturas de primero en el grupo piloto, se partió finalmente de 800 horas de trabajo totales para cada semestre de forma que el número de horas de trabajo semanal no fuera excesivamente grande (unas 47) y presuponiendo que el alumno dedica unas veinte horas a la preparación y realización de cada examen final.

En concreto, el cálculo de las horas de trabajo para el alumno se realizó de acuerdo con la siguiente ecuación donde los "Créditos actuales totales" son los créditos que tiene cada semestre en el Plan de Estudio vigente (31,5 el primero y 36 el segundo):

$$\text{Horas de Trabajo} = \text{Horas Totales} \frac{\text{Créditos actuales}}{\text{Créditos actuales totales}}$$

En la Tabla II, las tres columnas etiquetadas como **Métrica actual** resumen la carga de las distintas asignaturas en el Plan de Estudios vigente. Las cuatro columnas etiquetadas como **Métrica ECTS** trasladan el reparto actual de la carga, al sistema ECTS. La columna **ECTS** muestra el número de créditos ECTS que correspondería a cada asignatura, tomando como referencia 30 ECTS por semestre. La columna **T+L+A** muestra el reparto de las horas (**H**) totales por semana (**H/S**) en clases de teoría (**T**), de laboratorio (**L**) y, resaltado en negrita, de trabajo del alumno fuera del aula (**A**). **Po** representa Porcentaje.

TABLA II.
DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DEL TRABAJO DE LOS
ESTUDIANTES.

As	Métrica actual			Métrica ECTS			
	H/S	Cr	Po (%)	ECTS	H	H/S	T+L+A
AC-I	5	7,5	23,8	7,14	190,5	11,4	3 + 2 + 6,4
IT	3	4,5	14,3	4,29	114,3	6,3	3 + 0 + 3,3
MAT-I	5	7,5	23,8	7,14	190,5	11,4	5 + 0 + 6,4
SL	4	6,0	19,0	5,71	152,4	8,8	4 + 0 + 4,8
PR-I	4	6,0	19,0	5,71	152,4	8,8	2 + 2 + 4,8
Total: 1er Se	21	31,5		30	800	46,7	17+4+ 25,7
AC-II	4	6,0	16,7	5,00	133,3	7,6	3 + 1 + 3,6
MAT-II	5	7,5	20,8	6,25	166,6	9,8	4 + 1 + 4,8
PR-II	4	6,0	16,7	5,00	133,3	7,6	2 + 2 + 3,6
FEL	6	9,0	25,0	7,50	200	12	4 + 2 + 6
FFI	5	7,5	20,8	6,25	166,6	9,8	5 + 0 + 4,8
Total: 2doSe	24	36,0		30	800	46,7	18+6+ 22,7

C. Estrategias metodológicas comunes de enseñanza-aprendizaje

Los profesores del grupo piloto, en sintonía con el modelo formativo centrado en el que aprende, quisieron desde un primer momento, poner más énfasis en el aprendizaje de los estudiantes y menos en la faceta expositiva del profesor. Para ello se acordó incrementar las actividades individuales y grupales de los estudiantes, dentro y fuera del aula, bajo la supervisión del profesor. Además, la planificación temporal de las asignaturas ha seguido un modelo común basado en: 1) actividades previas a las clases presenciales, 2) sesión presencial y 3) actividades posteriores a la sesión presencial.

D. Potenciación de la acción tutorial

Por una parte, se concertaron sesiones de tutorías por grupos de 4-5 alumnos al principio de cada semestre, facilitando así el primer contacto estudiantes-profesor, a la vez que permitía una demostración, por parte del profesor, de las bondades de las tutorías grupales e individuales.

E. Métodos de evaluación

Partiendo de que la evaluación es un elemento más del proceso de enseñanza-aprendizaje, los cambios en el modelo formativo deben afectar también a la evaluación. En este sentido, y en coherencia con un modelo formativo centrado en el aprendizaje del estudiante la evaluación se debe concebir como una parte integral, sistemática y continuada del proceso formativo. Esto implica que la evaluación debe garantizar, mediante actividades y orientaciones específicas, que el estudiante consiga los objetivos pretendidos y debe ser, al mismo tiempo, un estímulo para su participación activa en el proceso de construcción de su propio conocimiento.

No obstante, la evaluación en el modelo dominante se ha caracterizado, tradicionalmente, porque se produce al final del proceso, y su objetivo es certificar el grado de conocimientos alcanzados por los alumnos. Los profesores del grupo piloto asumieron esta realidad y, de acuerdo con sus respectivos departamentos, combinaron la evaluación tradicional con la evaluación continuada, acordando un peso de esta última sobre la nota final de entre el 20 y el 30 % según las asignaturas.

F. Pautas comunes en el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje

Las TIC pueden ser uno de los elementos clave que favorezca las transformaciones requeridas y que facilite o haga posible proponer actividades, establecer comunicaciones y llevar a cabo evaluaciones, todo ello como complemento de lo presentado o trabajado durante las sesiones presenciales [2]-[9]. Concretamente, los profesores y estudiantes de las asignaturas del grupo piloto contaron con un Entorno Virtual de Aprendizaje soportado por el GATE-UPM, la plataforma Moodle. Gracias a la plataforma, los estudiantes pueden descargarse documentación relacionada con la asignatura, resolver ejercicios y problemas y subir el fichero con sus soluciones, recibir orientaciones específicas por parte del profesorado, comunicarse con sus compañeros y profesores para plantear, a través de los foros y el correo electrónico, dudas e iniciativas relacionadas con el aprendizaje de la asignatura o con su funcionamiento.

Por su parte, los profesores disponen de herramientas de comunicación como el correo electrónico, los foros, las novedades y el calendario; herramientas para la gestión de materiales de aprendizaje; herramientas para el seguimiento y evaluación del progreso de los estudiantes y herramientas de gestión de los participantes.

La planificación temporal de cada uno de los temas, y de sus sesiones, actividades previas y posteriores a las clases, así como las actividades en las clases, los ejercicios y problemas propuestos con fechas y horas límites para su resolución y subida a la plataforma y los foros fueron los recursos fundamentales desarrollados para la plataforma.

G. Fomento de espacios de cooperación entre dos o más asignaturas

A las bondades, descritas someramente, de la coordinación de los profesores implicados para conseguir los objetivos planteados en esta experiencia hay que añadir que el mayor conocimiento por parte del profesorado de las asignaturas del curso, y sobre todo, la mayor relación e interacción entre los profesores posibilitó el inicio de relaciones cooperativas para la consecución de objetivos compartidos por dos o más asignaturas, como se ha puesto de manifiesto en Análisis de Circuitos I y II y Fundamentos de Electrónica, o en el caso de Matemáticas I y II con Fundamentos Físicos de la Ingeniería.

III. FASE DE EXTENSIÓN DE LA EXPERIENCIA (CURSO 2006-2007)

Al finalizar el segundo semestre del curso 2005-2006, se pusieron en marcha distintos métodos de análisis. Por un lado,

se observaron los resultados académicos y la asistencia a clase de los estudiantes del grupo piloto y se compararon con los resultados generales del resto de los grupos. Por otro, se recogió la opinión acerca de la experiencia de los alumnos del grupo piloto y de los profesores que impartieron su docencia en ese grupo.

Con respecto a los datos cuantitativos, se evidenció que el número de alumnos que se presentaron al examen final fue mayor en el grupo piloto (en adelante EEES) en ambos semestres, especialmente en el segundo. El porcentaje de alumnos suspensos sobre el total de los presentados fue mayor en el grupo no experimental y, al contrario, el número de estudiantes aprobados sobre el total de presentados fue mayor en el grupo experimental.

Se apreció con el análisis estadístico que la metodología había sido un factor influyente en el rendimiento de los alumnos del curso 2005-06 en algunas asignaturas: En Análisis de Circuitos I, Inglés Técnico Matemáticas I y Fundamentos Físicos de la Ingeniería, los alumnos tratados con metodología ECTS tuvieron mejores resultados que los que habían tenido metodología tradicional y la diferencia fue significativa; en el resto de las asignaturas, aun apreciándose diferencia, el análisis estadístico demostró que no era significativa, debida, posiblemente a otros factores o al azar. Las tasas de rendimiento y de éxito fueron significativamente más altas para los alumnos con metodología ECTS del grupo experimental en todas las asignaturas a excepción de Programación I, Sistemas Lógicos, y Matemáticas II en las que el grupo experimental y los de control fueron análogos. Por último, en Fundamentos Físicos de la Ingeniería se conservó la analogía y el rendimiento fue muy pequeño en ambos.

La mayor tasa de abandono se produjo, sorprendentemente, en el grupo experimental en la asignatura de Inglés Técnico. En Matemáticas I y en Programación I hubo menos abandono en el grupo experimental que en los de control y en Programación I y Análisis de Circuitos I apenas hubo diferencia, en el resto de asignaturas, todas del segundo semestre, la tasa de abandono fue menor en el grupo experimental que en los demás.

La información sobre las tasas de rendimiento, éxito y abandono correspondientes al curso 2005-2006 se muestra en las figuras desde la 1 hasta la 8.

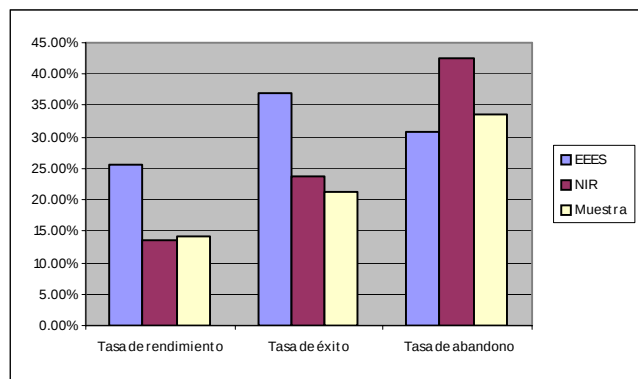


Fig. 1. Febrero 2005-2006: tasas de rendimiento, éxito y abandono

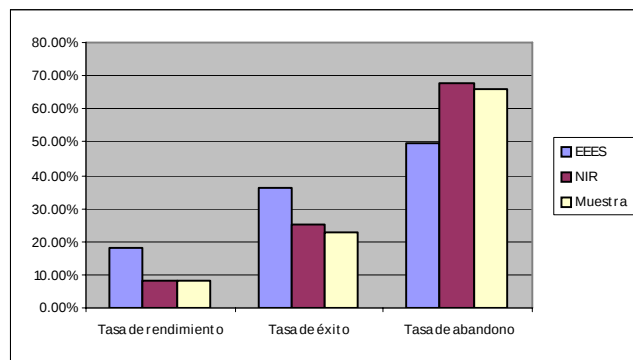


Fig. 2. Junio 2005-2006: tasas de rendimiento, éxito y abandono

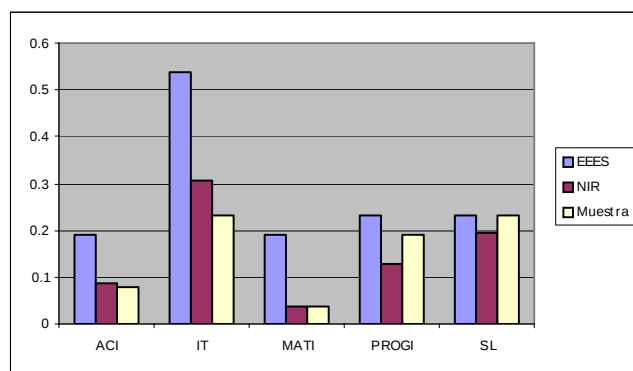


Fig. 3. Febrero 2005-2006: Tasa de rendimiento

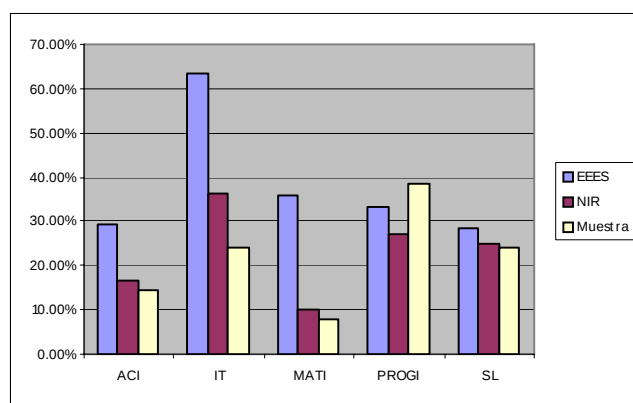


Fig. 4. Febrero 2005-2006: Tasa de éxito

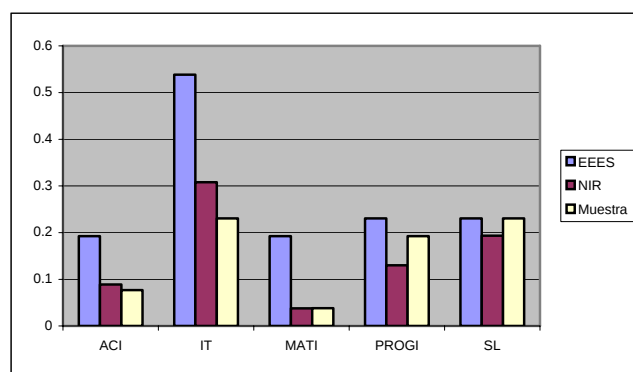


Fig. 5. Febrero 2005-2006: Tasa de abandono

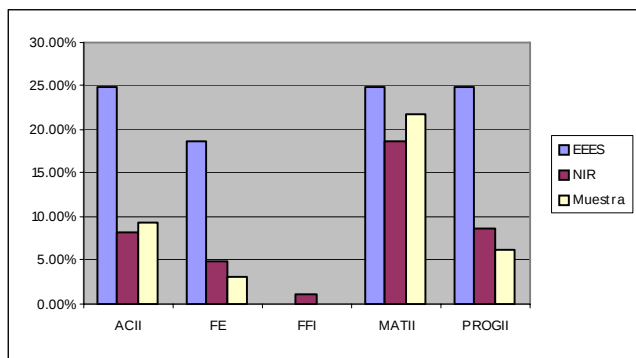


Fig. 6. Junio 2005-2006: Tasa de rendimiento

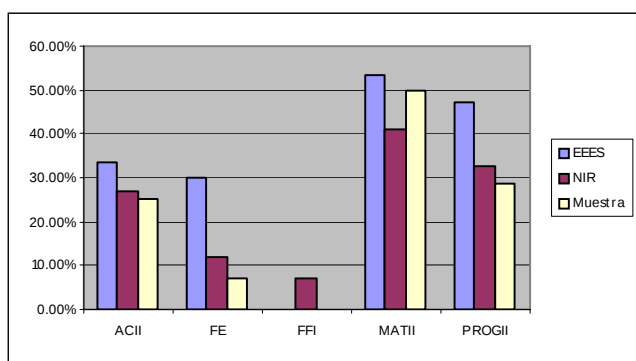


Fig. 7. Junio 2005-2006: Tasa de éxito

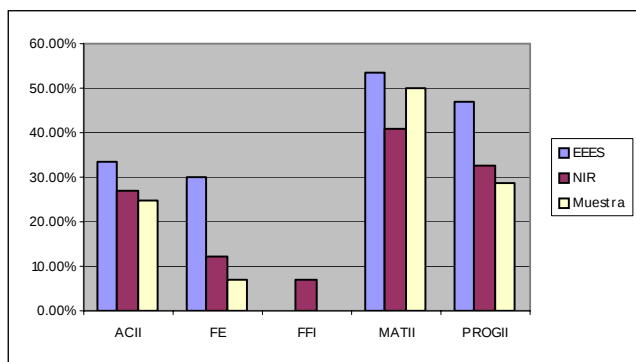


Fig. 8. Junio 2005-2006: Tasa de abandono

Desde una perspectiva cualitativa, tanto los estudiantes como los profesores que habían participado en la experiencia mostraron un alto grado de satisfacción.

Estos datos positivos llevaron al grupo de profesores que habían participado en el proyecto a plantear la necesidad de ampliar la experiencia. Una larga fase de negociación derivó en la decisión de pasar por una etapa intermedia antes de la implantación de la experiencia en todos los grupos de primer curso de la EUIT de Telecomunicación.

Algunos de los motivos más importantes para llegar a esta conclusión fueron, por un lado, que el número de alumnos del grupo piloto era inferior al que habitualmente forman los grupos de primer curso. La experiencia piloto no permitía prever qué sucedería en el momento en el que el profesor tuviera que hacer un seguimiento diario de entre 45 y 50 alumnos en lugar de evaluar a 32.

El segundo de estos motivos fue la forma en que los alumnos habían entrado el curso anterior en el grupo piloto. Ya que todos ellos eran voluntarios, los datos relativos a su asistencia y su rendimiento pudieron estar sesgados si se parte de que los alumnos que quieren participar en este tipo de iniciativas son, en general, alumnos motivados.

Finalmente, durante el curso 2006-2007, la experiencia se extendió a dos grupos de primer curso siendo las únicas diferencias con respecto al año previo, el número de estudiantes por grupo, se pasó de 32 a 45, y la manera de seleccionarlos, en este curso académico los estudiantes fueron seleccionados de manera aleatoria entre los estudiantes de nuevo ingreso.

El grupo experimental, tratado con metodología ECTS, se eligió aleatoriamente de entre el conjunto de alumnos de nuevo ingreso del curso 2006-07 y se distribuyeron en dos grupos de docencia con dieciséis profesores de diferentes departamentos.

A través del análisis estadístico de los resultados académicos del curso, se valoró la eficiencia del método alternativo aplicado al grupo experimental y se contrastó su validez con el método tradicional aplicado al resto de los alumnos de nuevo ingreso.

El grupo de control, tratado con metodología tradicional, se formó con el mismo número de alumnos que en el grupo experimental, elegidos con el siguiente criterio: a cada alumno del grupo experimental le asociamos un alumno del conjunto de alumnos de nuevo ingreso que no pertenecen a EEES y de sus mismas características, en la medida de lo posible, con respecto a las variables que hipotéticamente se consideraron como influyentes en el rendimiento.

El análisis estadístico de los resultados académicos demostró que globalmente hubo mayor rendimiento y éxito en el grupo experimental que en el grupo de control y esa diferencia se hizo más patente al comparar los resultados con todo el conjunto de alumnos de nuevo ingreso que habían seguido metodología tradicional (Ver figuras desde la 9 hasta la 11). En cuanto a la tasa de abandono, ésta se mantuvo sensiblemente menor en el grupo experimental que en el resto de alumnos.

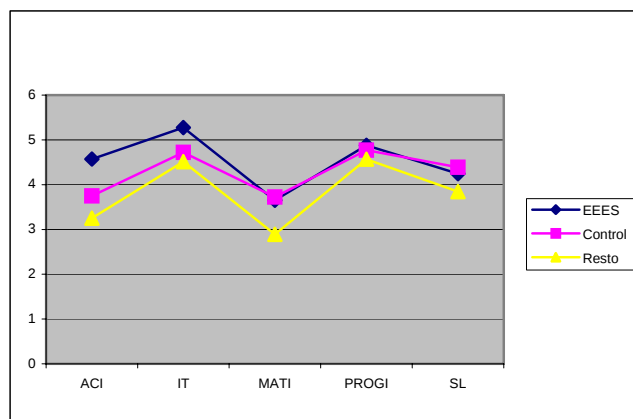


Fig. 9. Gráfico de medidas 2006-2007

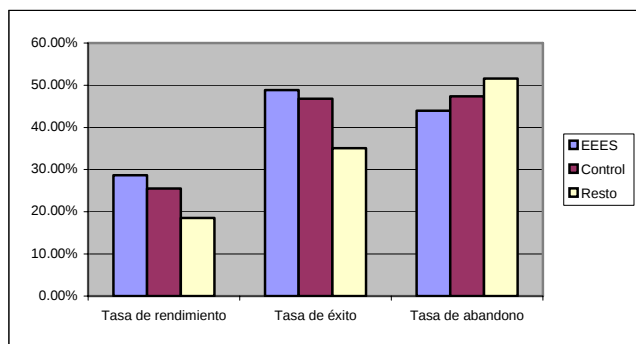


Fig. 10. Febrero 2006-2007: tasas de rendimiento, éxito y abandono

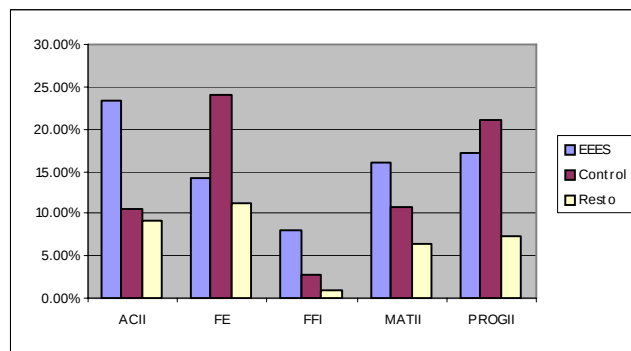


Fig. 13. Junio 2006-2007: Tasa de rendimiento

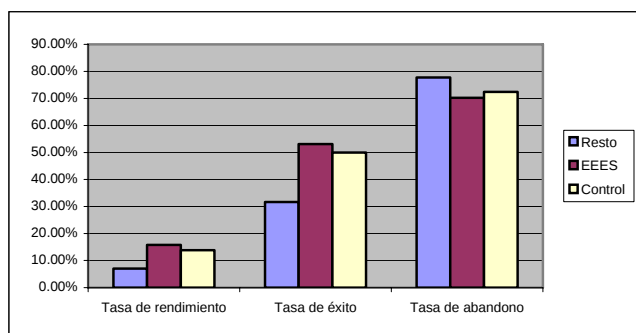


Fig. 11. Junio 2006-2007: tasas de rendimiento, éxito y abandono

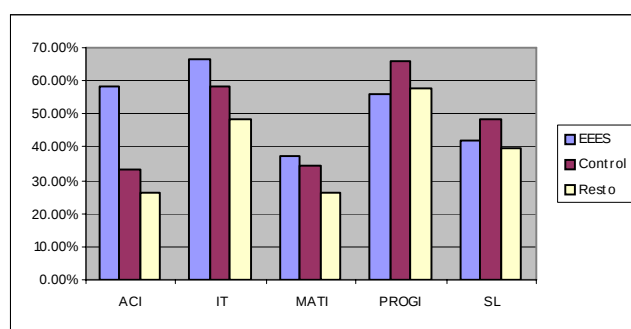


Fig. 14. Febrero 2006-2007: Tasa de éxito

Los grupos experimental y de control resultaron ser análogos con respecto a la variable de rendimiento (calificación final) en todas las asignaturas con excepción de Análisis de Circuitos I, Matemáticas II y Programación II; en estas asignaturas el rendimiento fue mayor en los alumnos tratados con metodología ECTS que en los tratados con metodología tradicional.

El grupo experimental, tratado con metodología ECTS tuvo mayor rendimiento, con respecto a los resultados académicos, que el conjunto formado por todos los alumnos de nuevo ingreso tratados con metodología tradicional en todas las asignaturas a excepción de las siguientes: Programación I, Sistemas Lógicos del primer semestre y Fundamentos de Electrónica del segundo semestre (ver figuras desde la 12 hasta la 15).

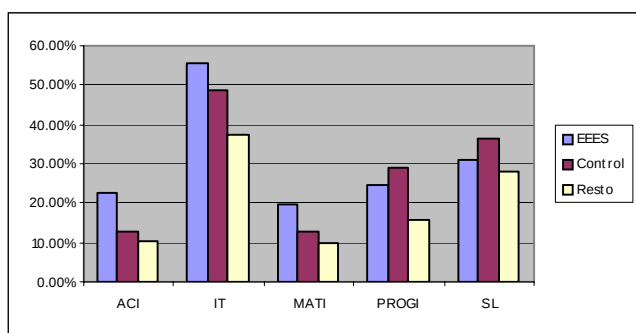


Fig. 12. Febrero 2006-2007: Tasa de abandono

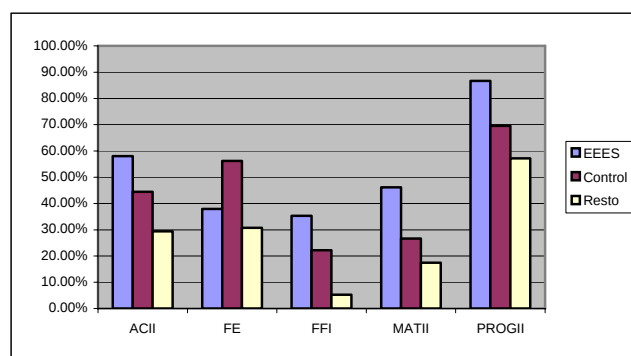


Fig. 15. Junio 2006-2007: Tasa de éxito

IV. FASE DE IMPLEMENTACIÓN (CURSO 2007-2008)

La valoración general de la experiencia durante el curso 2006-2007 fue positiva para los profesores y para los alumnos. Cabe destacar que la evaluación continua y el tanto por ciento de repercusión de la misma en la nota final (30% el máximo) volvió a ser una de las decisiones más debatidas a la vista de los resultados que un año más volvieron a ser positivos para los grupos EEES.

Analizados los procesos, las ventajas y los inconvenientes de este proyecto de innovación educativa se decidió finalmente ampliar la experiencia a todos los grupos de primer curso.

Cabe resaltar que las decisiones que se tomaron para el nuevo curso fueron más de tipo organizativo que metodológico. Desde el Rectorado de la UPM, órgano que

financia el proyecto, se pidió que fueran los Subdirectores de Ordenación Académica de los Centros que participasen en proyectos de nivel A (Adaptación de cursos completos al EEES) los que liderasen los proyectos.

Partiendo de que se asumía el modelo EEES que se había aplicado en cursos anteriores, las siguientes fueron algunas de las decisiones para el nuevo curso.

A. Los grupos

La composición de los grupos en los que se implantaría el modelo EEES. En años anteriores el modelo se aplicó sólo a alumnos de nuevo ingreso, es decir, quedaban fuera de los grupos otros alumnos que tuvieran que repetir una asignatura de primer curso o más. Se mantuvo para el nuevo curso esta filosofía de trabajar sólo con alumnos que estuvieran empezando, siendo el principal motivo un tema de organización de los grupos ya que los alumnos que arrastran alguna asignatura tienen un horario que les impediría empezar y seguir al día con un mismo grupo, uno de los principales objetivos de la experiencia.

B. La evaluación continua

Como una de las principales conclusiones de años anteriores es que existe un alto porcentaje de absentismo entre los estudiantes de la EUIT de Telecomunicación y pensando en que éste es uno de los principales motivos del bajo rendimiento, se pensó en una fórmula que “animase” a los estudiantes a asistir a sus clases. Esta fórmula pasa por dar más peso a la evaluación continua y los Departamentos buscaron fórmulas para valorar la evaluación continua del curso con el peso que cada uno de ellos considerase oportuno y hasta el 100% de la evaluación.

Ligado a lo anterior, se decidió también pasar listas de firma en el aula para detectar los casos particulares de alumnos que no llegan a iniciar el curso, o que abandonan unas u otras asignaturas una vez comenzado el curso.

C. Sistema de tutorías

Ligado con lo anterior, al sistema de tutorías que se proyectó inicialmente se añade la voluntad del Centro por investigar las razones por las que los alumnos dejan determinadas asignaturas. Sabiendo los motivos, podrán ponerse medios más fácilmente en futuras ocasiones.

D. Mobiliario y material

La Escuela, gracias a la financiación recibida para el Proyecto, invirtió en renovar las aulas en las que estarían estos grupos con mobiliario adaptable a las situaciones de aprendizaje cooperativo y en ordenadores portátiles de préstamos para los estudiantes y de apoyo a las asignaturas en el aula.

V. CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA

A lo largo de estos tres cursos, los estudiantes han mostrado un alto grado de satisfacción con la experiencia. De distintas encuestas que se les han ido haciendo puede resumirse lo siguiente:

- 1) Los alumnos asisten con más regularidad a las clases. Algunos se muestran poco conformes con el control de asistencia puesto en marcha el último curso aunque entienden su función.
- 2) Abandonan las asignaturas en las que se ven con menos probabilidades de aprobar. Esto puede ser por su dificultad o por falta de motivación o interés. La sensación, en general, es que tienden a abandonar por norma una o dos asignaturas porque no pueden con la carga de todas.
- 3) Con respecto a la metodología, según los estudiantes, ésta ayuda a mantener un ritmo de trabajo constante, fomenta la participación y la relación entre los componentes del grupo y la de éstos con el profesor. Las clases son, en general y salvando detalles relacionados con la docencia en asignaturas particulares, motivadoras.
- 4) Como principal aspecto negativo, se apuntó el primer año que se seguía dando mucho peso al examen final a pesar del esfuerzo del trabajo diario y el exceso de trabajo durante el curso. La evaluación continua con más peso ha sido bien recibida.
- 5) Con respecto a algunos aspectos mejorables que se apuntaron el primer curso, se ha seguido trabajando sobre el uso de la plataforma MOODLE y la oferta de tutorías fuera del horario de clases de los estudiantes y la información previa sobre el curso. Hasta el momento no se han resuelto otros aspectos que los alumnos planteaban como reto tales como la carga de trabajo diario, la coordinación entre los profesores o la disminución de horas presenciales en favor del trabajo individual.

Con respecto a la opinión de los profesores, se puede resumir lo que sigue:

- 1) Debilidades: Los estudiantes siguen abandonando algunas asignaturas al ver el esfuerzo que les supone. Muchos no cumplen con el trabajo previo a las sesiones ni con el que sigue a éstas según la planificación del profesor.
- 2) Amenazas: Si al principio era la falta de difusión de la experiencia en el entorno más cercano (la Escuela) y la falta de reconocimiento, durante el último curso preocupa la falta de comunicación entre los profesores que participan en la experiencia, piedra angular de esta experiencia. Desde fuera, lo más evidente es el esfuerzo organizativo del último curso, si bien se han perdido de vista algunos objetivos metodológicos y de coordinación.
- 3) Fortalezas: El trabajo en grupo, el seguimiento constante y directo por parte del profesor y la enseñanza b-learning refuerzan considerablemente el aprendizaje de los estudiantes.
- 4) Oportunidades: El proyecto comenzó y sigue encuadrado dentro de un momento en que una creciente corriente de opinión está de acuerdo en que es necesario un cambio en las metodologías de enseñanza aprendizaje dentro de las universidades españolas. Por tercer año consecutivo ha sido reconocido por el Rectorado de la UPM y financiado dentro de las Convocatorias de Proyectos de Innovación Educativa dentro del marco del EEES.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo ha sido financiado por la Universidad Politécnica de Madrid en tres convocatorias anuales consecutivas de Innovación Educativa desde el curso 2005-2006 hasta la actualidad, incluyendo el presente curso académico.

REFERENCIAS

- [1] I. Argüelles, J. Blanco and J. Hernández, "Adaptación del primer curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicación al EEES," *Tarbiya*, vol. 38, xx, 2007.
- [2] J. M. Duarte and A. Sangrá. *Aprender en la virtualidad*. Gedisa, 2000
- [3] F. Moreno and M. Bailly-Baillière. *Diseño instructivo de la formación on-line*. Barcelona, Ariel, 2002.
- [4] J. Onrubia, "Aprender y enseñar en entornos virtuales: actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento," *RED. Revista de educación a Distancia*, no. 2, 2005. Available: <http://www.um.es/ead/red/M2/>
- [5] M. Fullan, 2002. *Los nuevos significados del cambio en la educación*. Barcelona, Octaedro, 2002.
- [6] D. Little, *Learner autonomy. Definitions, Issues and Problems*. Dublin: Authentik, 1991.
- [7] Real Decreto 1125/2003, (BOE, 18 de septiembre)
- [8] Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final-Fase Uno, 2003. Available: http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/spanish/doc_fase1/Tuning%20Educational.pdf
- [9] J. D. Wilson, *Student learning in higher education*. London: Croom Helm, 1981.



I. Argüelles doctora en Filología Inglesa, es profesora titular interina en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid. Imparte asignaturas de inglés técnico e inglés profesional y participa en el programa de doctorado de lenguas para fines específicos que ofrece el Departamento de Lingüística Aplicada a la Ciencia y a la Tecnología de la UPM co-impartiendo la asignatura "Lingüística y didáctica del texto de especialidad".

Durante los años de doctorado se centró en aspectos relacionados con la evaluación y más concretamente a propósito de las destrezas de comprensión lectora y de expresión escrita. Hoy en día, su trabajo se centra en las metodologías docentes derivadas del EEES integradas con nuevas estrategias de evaluación y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) en el aula de inglés de especialidad e inglés profesional y académico. Durante el curso 2006-2007 ha participado en tres proyectos de innovación docente orientados hacia la adaptación a los nuevos créditos ECTS y financiados por la UPM.



W. Hernandez (M'01) Ingeniero Electrónico por el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), Ciudad Habana, Cuba, en 1992, Especialista en Microelectrónica por el ISPJAE en 1994, Master en Teoría de la Señal y la Información por Ingeniería La Salle, Universitat Ramon Llull, Barcelona, España, en 1998, y Doctor Ingeniero en Electrónica por la Universitat Ramon Llull, en 1999. Sus principales líneas de investigación son sensores físicos, tratamiento y

optimización de señales, control óptimo y robusto, y la innovación educativa aplicada a la enseñanza de la ingeniería.

Fue Profesor Instructor de Electrónica en el ISPJAE desde 1992 hasta 1995 e investigador en el Centro de Investigaciones en Microelectrónica del ISPJAE durante esa fecha. Desde 1999 hasta 2004, fue miembro del Laboratorio de Electrónica e Instrumentación del Instituto de Investigación del Automóvil de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. Desde 2003 hasta el 2004 fue Director Técnico de dicho laboratorio. Actualmente es Editor Asociado y Revisor Científico de varias revistas científicas internacionales en

Ingeniería, y Profesor Titular de la EUIT de Telecomunicación de la UPM (EUITT-UPM).

En la actualidad, el Profesor Wilmar Hernandez es miembro de la American Society of Engineering Education (ASEE), participa en varios proyectos tanto de investigación Científico-Técnica como de investigación en Innovación Educativa, dirige proyectos en ambos terrenos de investigación y lleva a cabo la coordinación de varias asignaturas del Departamento de Ingeniería de Circuitos y Sistemas de la EUITT-UPM.



C. Ortiz. Licenciada en Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid, España, en 1978. Sus principales áreas de investigación son las Matemáticas Aplicadas a la Ingeniería y la Innovación Educativa aplicada a la Ingeniería.

Es Profesora de la EUIT de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) desde 1978. Siendo Profesor Titular desde 1985. Fue Secretaria del departamento de Matemática Aplicada de la EUITT-UPM desde 1989 hasta 1993 y Subdirectora de dicho departamento desde 1993

hasta 2001.

En la actualidad la Profesora Carmen Ortiz es miembro del Grupo de Innovación Educativa Multidisciplinario de la UPM, ha participado en numerosos proyectos de Innovación Educativa y lleva a cabo la coordinación de varias asignaturas del departamento de Matemáticas Aplicadas de la EUITT.



G. Balabasquer. Licenciado con Grado en Ciencias (Sección Físicas) por la Universidad Complutense de Madrid, España, en 1968. Sus principales áreas de investigación son la Matemáticas Aplicadas a la Ingeniería y la Innovación Educativa aplicada a la Ingeniería.

Es Profesor de la EUIT de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) desde 1970. Siendo Profesor Titular desde 1985. Además, fue Profesor Agregado de Instituto de Enseñanza en Medias desde 1976 hasta 1985. También fue Subdirector de Asuntos Económicos de la EUITT desde 1993 hasta 1997 y Director del departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería de la EUITT-UPM desde 1997 hasta 2001.

En la actualidad el Profesor Gerardo Balabasquer es miembro del Grupo de Innovación Educativa Multidisciplinario de la UPM, ha participado en numerosos proyectos de Innovación Educativa, de los cuales a dirigidos varios, ha participado en la elaboración de varios Planes de Estudio de la Titulación Ingeniero Técnico de Telecomunicación de la UPM desde 1992 hasta la fecha y lleva a cabo la coordinación de varias asignaturas del departamento de Matemáticas Aplicadas de la EUITT.



J. Blanco. Ingeniero técnico de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid, España, en 1988. Sus principales áreas de investigación son la Tecnología Electrónica y la Innovación Educativa aplicada a la Ingeniería.

Es Profesor titular de la EUIT de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) desde 1990. Fue Director de la EUITT desde 1993 hasta 2001 y Director del Gabinete de Tele-Educación (GATE) de la UPM desde 2001 hasta 2005.

En la actualidad el Profesor Juan Blanco es Coordinador del Grupo de Innovación Educativa Multidisciplinario de la UPM, ha participado en numerosos proyectos de Innovación Educativa, de los cuales a dirigidos varios, ha participado en la elaboración de varios Planes de Estudio de la Titulación Ingeniero Técnico de Telecomunicación de la UPM desde 1992 hasta la fecha y lleva a cabo la coordinación de varias asignaturas del departamento de Sistemas Electrónicos y de Control de la EUITT.

Capítulo 10

Delfos, un Programa Interactivo para el Aprendizaje Semipresencial de Dispositivos Electrónicos y Fotónicos

Vicente Jiménez, Joan Pons, Josep Calderer y Lluís Prat

Title — Delfos, an Interactive Software Framework for Semi-Distance Learning of Electronic and Photonic Devices.

Abstract—This paper describes the computer application DELFos, which has been developed as a self learning support tool for the semi-distance students of the Electronic and Photonic Devices subject included in the Degree on Electronic Engineering provided by the Telecommunications School of Barcelona. DELFos is an evolution of a previous tool called CyDEL that has been upgraded and adapted for its new field of use, which now includes evaluation tasks. The application contains a large database of questions indexed by chapters, sections and subsections. Specific and always different questionnaires are obtained from the data-base, in order to practice or evaluate the partial or global contents of the subject. In addition, it also includes long example-problems that led students to facilitate understanding of the issues presented in the course.

Keywords — Interactive education software, semi-distance learning, self-learning.

Resumen—Este documento describe la aplicación informática DELFos, de ayuda al aprendizaje en formato no presencial de la asignatura Dispositivos Electrónicos y Fotónicos de la Titulación de Ingeniería Electrónica en la E.T.S. de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona. Esta aplicación es una evolución del anterior programa CyDEL, adaptada y mejorada para su nuevo ámbito de uso. La aplicación contiene una amplia base de datos de preguntas indexada por capítulos, apartados y subapartados. A partir de esta base de datos se pueden solicitar cuestionarios para practicar o evaluar los contenidos de la materia de manera parcial o global. Se incluyen, adicionalmente, problemas guiados para facilitar al estudiante la comprensión de los temas presentados en la asignatura.

Palabras clave— Software interactivo para educación, aprendizaje semipresencial, autoaprendizaje.

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO TAAE 2006.

Los autores pertenecen al Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Dirección: Módulo C4, Campus BCN-Nord UPC, calle Jordi Girona 1-3, 08034, Barcelona, Spain.

Refs. 1^{er} autor: Tel. (034) 93 401 6841, Fax (034) 93 401 6756, e-mail vic@eel.upc.edu).

I. INTRODUCCIÓN

LA titulación de segundo ciclo de Ingeniería Electrónica que imparte la E.T.S. de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) comenzó a ofrecerse en régimen semipresencial a partir del curso 2000-01 [1]. El objetivo general del formato semipresencial es ofrecer a los estudiantes que compaginan estudios y actividad profesional la posibilidad de realizar la titulación con unos medios y un ritmo adecuados a su situación, garantizando la misma calidad formativa que para los estudiantes presenciales. Para lograr este objetivo se han desarrollado materiales docentes específicos que permiten reforzar el autoaprendizaje en el entorno semipresencial.

En este trabajo se presenta parte del material desarrollado para la versión semipresencial de la asignatura Dispositivos Electrónicos y Fotónicos [2], consistente en un entorno software interactivo, denominado DELFos, que se utiliza junto con un texto de referencia [3], también desarrollado específicamente para la asignatura. Este software ha sido concebido tanto para ser utilizado como material de aprendizaje como herramienta de evaluación y, básicamente, hace accesible a los estudiantes, de manera interactiva, una serie de cuestionarios y problemas sobre el contenido del texto de consulta de la asignatura.

En el segundo apartado de este documento se describen las mejoras realizadas respecto al programa anterior CyDEL, punto de partida para el desarrollo de DELFos. En el tercer apartado, se describen las funcionalidades de DELFos en su modo de uso de estudio, incluyendo una breve descripción de su funcionamiento interno. En el cuarto apartado se describe el uso del programa para tareas de evaluación. Finalmente, el último apartado presenta las conclusiones de este trabajo.

II. DE CYDEL A DELFOS

El cuestionario interactivo DELFos es una evolución de la herramienta CyDEL anterior, desarrollada y utilizada en una asignatura de Electrónica Básica [4]. Así, DELFos es un entorno formado por una amplia base de datos encriptada de prototipos de cuestiones y dos aplicaciones: un generador de

cuestionarios, escrito en C y dedicado a gestionar la base de datos y a generar cuestiones a partir de los prototipos de la base de datos, y una interfaz gráfica, escrita en Toolbook Assistant [5], que interacciona con el usuario y con el generador de cuestiones.

Igual que en CyDEL, los prototipos de cuestiones de la base de datos disponen de varios grados de libertad de valores de parámetros y orden de respuestas, por lo que nunca se generan dos cuestiones iguales. Tanto CyDEL como DELFos incluyen una base de datos de cuestiones encriptada para evitar un uso no previsto o fraudulento de su contenido. Debido a que ambas aplicaciones emplean programas independientes para la generación de cuestiones y para su presentación, existían en CyDEL instantes en los que la comunicación no encriptada entre ellos podía ser interceptada, dando lugar a un problema de seguridad para su uso en evaluación. Los protocolos de comunicación entre programas han sido rediseñados en DELFos para solucionar estos problemas de seguridad.

Adicionalmente, en DELFos se ha actualizado el formato de la base de datos para usar texto formateado enriquecido (RTF) en lugar de texto plano dentro de los enunciados y soluciones de cuestiones y problemas. Ésta era una necesidad importante debido al uso frecuente que se hace de subíndices, superíndices y letras en alfabeto griego en la asignatura a la que se da soporte. Las mejoras de encriptación y de uso de texto formateado descritas han sido, a su vez, implementadas también en la más reciente versión de CyDEL, de manera que ambas aplicaciones comparten el mismo motor de generación de cuestiones.

Finalmente, en DELFos se ha incluido una nueva funcionalidad que permite el seguimiento de problemas guiados en los que el estudiante puede seguir, paso a paso, la resolución de un conjunto de problemas. Esta funcionalidad es importante debido a que la asignatura a la que se da soporte puede ser cursada en formato no presencial. En el caso de CyDEL, debido a que da soporte a una asignatura presencial clásica, esta funcionalidad no es crítica, por lo que no se ha incluido.

III. DELFOS COMO HERRAMIENTA DE ESTUDIO

DELFos admite tres modos de trabajo: el modo estudio, el modo evaluación y el modo de resolución guiada de problemas. En este apartado se describen los modos de estudio y de resolución de problemas guiados, utilizados para ayudar al estudiante en la consolidación de las materias contenidas en el texto de referencia de la asignatura *Dispositivos Electrónicos y Fotónicos*.

Concretamente, el objetivo del modo estudio es la resolución ayudada de los cuestionarios incluidos en el temario de la asignatura. Así, el temario de la asignatura se articula en capítulos y apartados; cada apartado contiene uno o más cuestionarios, cada uno de los cuales formado por un número variable de cuestiones. La base de datos del programa contiene el conjunto de los cuestionarios del texto de

referencia indexados por capítulo, apartado y subapartado en formato encriptado.

Cada cuestión de la base de datos incluye su enunciado y solución en texto formateado. Debido a que DELFos admite la inclusión de parámetros aleatorios en los enunciados, cada cuestión puede incluir, también, un programa que describe el procedimiento matemático para obtener los resultados a partir de los datos de partida. Este programa se describe en un lenguaje específicamente desarrollado para CyDEL y DELFos y permite ejecutar ecuaciones, funciones matemáticas y bifurcaciones lógicas sencillas. Cada una de las cuestiones del temario tiene 4 respuestas posibles, de las cuales sólo una es correcta.

La figura 1 muestra la pantalla de elección de cuestionarios del modo estudio de DELFos, desde la cual se puede elegir cualquier cuestionario de la asignatura. Una vez seleccionado uno de ellos, la aplicación genera una versión del cuestionario solicitado; para ello, se realiza la secuencia de acciones que se muestra en la figura 2 y que es transparente al usuario.

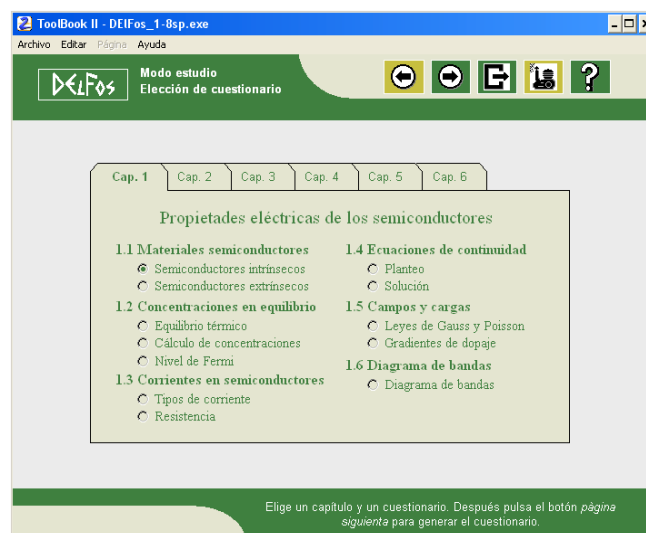


Figura 1. Pantalla de elección de cuestionario

En primer lugar, el motor gráfico que interacciona con el usuario, implementado con Multimedia Toolbook, realiza una petición de un cuestionario de estudio al motor de generación de cuestiones, desarrollado en lenguaje C compilado (1). El generador de cuestiones accede a un fichero índice que indica cuales son las cuestiones contenidas en el cuestionario solicitado (2). A partir de esta información, accede a los registros encriptados de la base de datos que contienen los prototipos de las cuestiones demandadas (3). A partir de estos prototipos, el motor de generación de problemas particulariza los prototipos usando datos aleatorios de partida y de orden de respuestas y genera tres documentos: Una lista de enunciados en texto formateado, una lista de soluciones también en texto formateado y un fichero de códigos que contiene, de manera encriptada, la información de qué respuesta es correcta en cada pregunta del cuestionario (4).

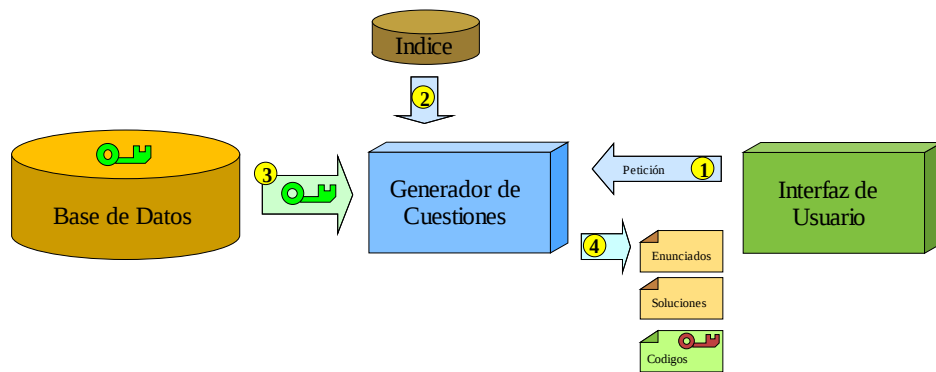


Figura 2. Proceso de generación de cuestionarios en el modo de estudio

Después del proceso de generación del cuestionario, el usuario puede navegar libremente por las preguntas. En cada cuestión se presenta el enunciado y cuatro respuestas posibles, de las cuales sólo una es correcta. El usuario debe marcar la respuesta que considera correcta y, después de corregirla, consultar la solución. En cualquier momento el estudiante puede salir del cuestionario actual y pasar a generar y resolver otro cuestionario cualquiera del temario.

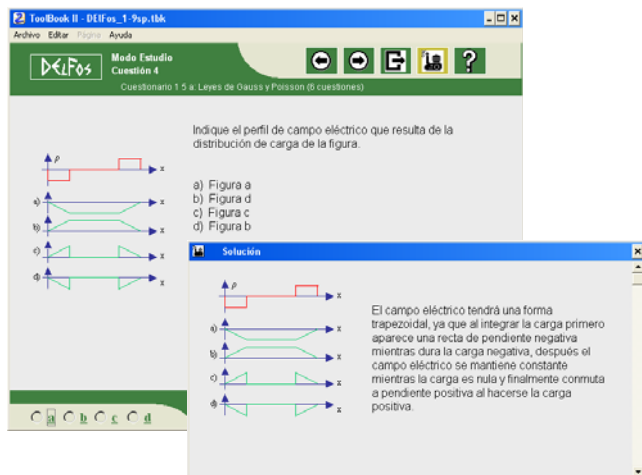


Figura 3. Ejemplo de cuestión y su correspondiente solución

Una segunda opción para el uso de DELFos como herramienta de estudio son los problemas guiados. Para acceder a éstos, el estudiante parte de una ventana de selección con estructura similar a la pantalla de selección de cuestionarios mostrada en la figura 1. Los problemas guiados son ejemplos típicos de resolución paso a paso de problemas mucho más largos que las cuestiones del modo estudio, no incluyen datos de partida aleatorios y no se hallan contenidos dentro de la base de datos encriptada por lo que se hallan completamente integrados dentro del motor gráfico que interacciona con el estudiante.

Después de elegir un problema guiado se accede a una pantalla como la mostrada en la figura 4, que incluye el enunciado del problema guiado. Para cada apartado del problema se puede pedir una pista que ayude a su resolución y

se puede pedir, también, la solución correcta para el apartado. La figura 5 muestra un ejemplo de pista y de solución. De este modo el estudiante puede intentar hacer el ejercicio por sus propios medios y recabar únicamente las ayudas necesarias o comprobar si su solución era correcta.

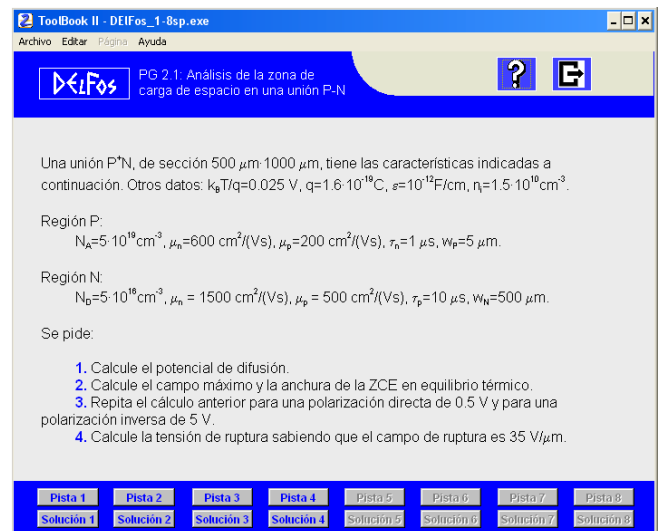


Figura 4. Ejemplo de problema guiado

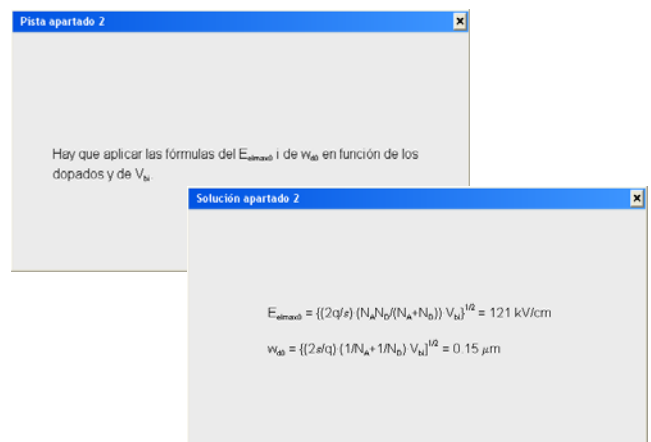


Figura 5. Ejemplo de pista y solución de un problema guiado

Los elementos de estudio de DELFos descritos en este apartado permiten al estudiante practicar los métodos de cálculo necesarios para profundizar en la asignatura. No obstante, no facilitan al profesor ninguna información sobre el aprendizaje realizado por el estudiante susceptible de ser evaluado. Es por ello que el programa incluye varias opciones de evaluación que se presentarán en el siguiente apartado.

IV. DELFOS COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN

DELFos ha sido desarrollado como herramienta de estudio y también de evaluación. Como es obvio, las funcionalidades de evaluación de DELFos se hallan limitadas intrínsecamente por su uso no tutelado en casa del estudiante. Salvo que se use el programa en un aula en la que se controle la identidad del estudiante, no hay ninguna garantía de que los resultados facilitados hayan sido obtenidos por éste sin ayuda. En todo caso, en el desarrollo de DELFos se intenta dificultar este y otros tipos de fraude. Para ello se incluyen dos mecanismos de seguridad que se describen a continuación.

En primer lugar, y como se verá mas adelante al entrar en el detalle del modo de evaluación, todas las comunicaciones del sistema susceptibles de ser aprovechadas se hallan encriptadas.

En segundo lugar, para que el estudiante pueda demostrar la nota obtenida en una prueba de control, ha de generar un certificado con el programa DELFos. Este certificado contiene encriptación que garantiza que no ha sido manipulado. Adicionalmente, cada cuestionario generado por DELFos tiene una única solución que depende de datos de partida aleatorios y admite la generación de un único certificado asociado a un único estudiante, por lo que un estudiante no puede facilitar la solución de un cuestionario a varios compañeros. No se excluye la posibilidad de fraude porque un estudiante podría resolver los cuestionarios de varios compañeros, pero en todo caso se dificulta porque el trabajo necesario se escala con el número de estudiantes implicados.

DELFos permite generar tres tipos de exámenes distintos, tal y como muestran las pantallas de selección de la figura 6. La primera opción es solicitar un cuestionario completo que generará las mismas preguntas que se ofrecían en el modo de evaluación, para ello se pulsa el botón "Examen de un cuestionario", dando lugar a la aparición de una ventana de selección de cuestionario similar a la de la figura 1. Dado que los cuestionarios se hallan distribuidos en toda la materia de la asignatura, el profesor puede pedir el envío de certificados de cuestionarios en fechas concretas para hacer el seguimiento del progreso de los estudiantes.

Como segunda opción, el estudiante puede solicitar un examen compuesto de preguntas obtenidas de todos los cuestionarios pertenecientes a un capítulo concreto del temario. Como que cada capítulo tiene, entre todos sus cuestionarios, más de 10 preguntas, en este caso el sistema elegirá de forma aleatoria las preguntas del examen dentro del conjunto disponible.

Finalmente existe una tercera opción en la que el estudiante solicita un examen global de 10 preguntas que incluye todo el temario de la asignatura. Nuevamente, como hay más cuestiones disponibles que preguntas en el cuestionario, el sistema realizará una selección aleatoria de cuestiones, en este caso, dada la amplitud del campo abarcado, se realiza la selección de preguntas homogéneamente por todo el temario.



Figura 6. Pantallas de selección en el modo de Evaluación: globalmente y por capítulos (arriba), o por cuestionarios individuales dentro de cada capítulo, apartado y subapartado (abajo).

A diferencia del modo estudio, en cualquier variante del modo examen el estudiante no puede evaluar cada pregunta de manera independiente. Además, dado que las preguntas respondidas erróneamente penalizan en la evaluación del examen, el estudiante tiene también la opción de dejar la pregunta en blanco. Una vez finalizada la introducción de respuestas, el estudiante puede pedir la evaluación de todo el examen. En ese caso se generará una ventana como la mostrada en la figura 7. El examen mostrado como ejemplo en la Figura 7 consta de 10 preguntas, de las cuales, las cinco

primeras se han respondido bien, las dos siguientes mal y las tres últimas se han dejado en blanco.

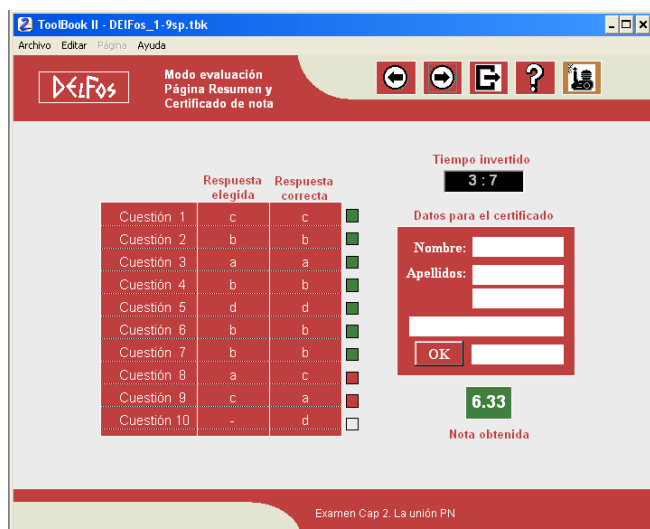


Figura 7. Pantalla resumen del modo de Evaluación correspondiente a un examen de diez cuestiones, que se ha corregido y valorado.

Una vez realizada la evaluación del examen, el estudiante puede solicitar la generación de un certificado. Para ello debe escribir su nombre y sus apellidos y pulsar el botón "OK". Con ello se genera una pantalla imprimible de certificado como la de la Figura 8. Una consecuencia de la generación del certificado es que aparece un código único de validación bajo los apellidos y se bloquean las casillas de nombre y apellidos. El estudiante puede imprimir el certificado, que muestra las respuestas acertadas y falladas, su ubicación en el temario, la nota obtenida y el código de validación que certifica que estos datos no han sido manipulados.



Figura 8. Pantalla resumen del modo de Evaluación con el Certificado de Nota del examen mostrado en la Figura 7.

Cada examen admite la generación de un único certificado, por lo que para obtener un nuevo certificado es necesario

generar, responder y evaluar un nuevo examen. Adicionalmente, una vez realizada la evaluación el estudiante puede acceder a las soluciones correctas, para poder aprender así de los errores cometidos.

A nivel interno los procedimientos que realiza DELFos para generar y evaluar un examen son similares a los empleados en el modo de estudio. No obstante, debido a que en los exámenes es vital mantener la privacidad de los datos que intercambian los módulos de software que constituyen el programa, el algoritmo de funcionamiento añade algunos pasos adicionales.

La figura 9 muestra los procedimientos que realiza DELFos en modo de evaluación. Cuando el estudiante elige un tipo de examen, el motor gráfico realiza una petición al motor de generación de cuestiones (1). El generador de cuestiones accede al fichero índice y, en el caso de exámenes globales y de un tema completo, realiza una selección aleatoria de 10 preguntas dentro del ámbito del control (2). Una vez establecida la lista de cuestiones, el motor de generación accede a la base de datos y obtiene los prototipos encriptados de las cuestiones que compondrán el examen (3). Estos prototipos son desencriptados y, usando datos de partida aleatorios, se general los enunciados y las soluciones (4). Los enunciados se facilitan sin encriptar, pero, para evitar el acceso a ellas, las soluciones se suministran encriptadas.

Adicionalmente, el motor de generación crea un fichero encriptado que contiene la información de cuáles son las respuestas correctas y la clave que será necesaria para desencriptar las soluciones. A partir de este instante, el estudiante ha de resolver los problemas de examen. Una vez que se pide la evaluación, el motor gráfico evalúa las respuestas con la información generada en (4). A continuación, si el estudiante lo solicita, genera un certificado de la nota obtenida (5), el cual incluye un código encriptado de validación.

El motor gráfico, tal y como se ha indicado, se ha realizado en Toolbook Instructor. Este entorno de desarrollo de Herramientas de Autor es muy adecuado para elaborar contenidos multimedia, pero, debido a su baja eficiencia de ejecución, no es adecuado para tareas de desencriptación de ficheros de longitud media, como es el caso de las soluciones del control. Es por ello que el motor gráfico recurre a un programa descodificador externo para desencriptar las soluciones. Para ello, desencripta la clave que obtuvo en el paso (4) y la suministra al descodificador (5) con lo que éste desencripta rápidamente el fichero de soluciones (6). El uso de un descodificador externo no compromete la seguridad del sistema dado que la clave necesaria para su uso es intercambiada de manera segura por el generador de cuestiones y el motor gráfico.

V. CONCLUSIONES

En este documento se ha presentado la herramienta DELFos que sirve de apoyo a una asignatura no presencial de electrónica de dispositivos electrónicos y fotónicos.

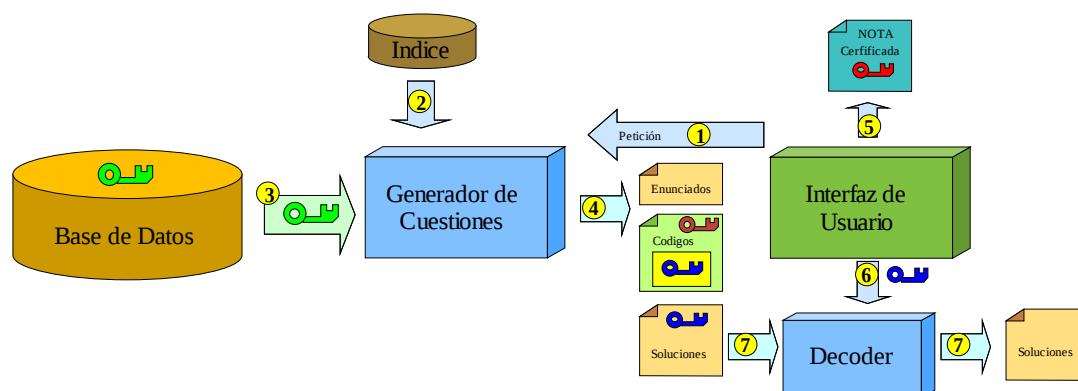


Figura 9. Proceso de generación de cuestionarios de evaluación

Esta herramienta permite trabajar mediante problemas los contenidos de la materia. Además, permite evaluar de manera no presencial los conocimientos adquiridos por parte del estudiante. Es evidente que no se puede garantizar la ausencia de fraude en los resultados de evaluación no presencial de un estudiante, pero la generación de certificados únicos y el uso de preguntas con datos de partida aleatorios dificultan la copia directa de soluciones.

El sistema completo, hace uso de diferentes sistemas de encriptado para codificar la base de datos de cuestiones, las comunicaciones entre procesos y para certificar las notas obtenidas. Los algoritmos de encriptado son razonablemente seguros pero son susceptibles de ser mejorados. Debido a que el motor gráfico, que se halla limitado en capacidad de proceso, no ha de hacer decodificaciones de grandes volúmenes de información, el sistema no se resentiría con el uso de sistemas de cifrado avanzados.

En este momento se ha concluido la elaboración de la herramienta y está lista para sustituir el uso de cuestionarios estáticos en papel. Es pronto para ofrecer conclusiones sobre su uso práctico, pero la experiencia de la herramienta anterior CyDEL nos hace pensar que puede ser muy útil para el entorno no presencial para el que se ha desarrollado.

REFERENCIAS

- [1] L. Prat, et al. *Semi-distance learning vs. traditional organisation for a Master's Degree in Electronic Engineering: an experience at the the Technical University of Catalonia (UPC), Spain*. Int. Journal on Engineering Education, 2004.
- [2] Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona. *Guía Docente 2006-07*, <http://www.etsetb.upc.edu>.
- [3] L. Prat, J. Calderer. *Dispositivos Electrónicos y Fotónicos. Fundamentos*. Ediciones UPC, Barcelona 2002.
- [4] L. Prat, V. Jiménez, J. Pons. *Utilización del cuestionario Interactivo CyDEL como herramienta de aprendizaje en una asignatura de electrónica básica*. Congreso TAAE, 2004.
- [5] <http://www.toolbook.com>



Vicente Jiménez Serres. Nacido en Barcelona en el año 1969. Ingeniero de Telecomunicación por la ETS de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB) en 1992. Doctor Ingeniero de telecomunicación por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) en 1997. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Electrónica (DEE) de la UPC. Sus áreas de trabajo incluyen el diseño circuitos integrados BiCMOS y el desarrollo de circuitos de interfaz para microsistemas (MEMS). Su actividad docente se desarrolla en las áreas de electrónica básica y diseño microelectrónica donde ha participado en el diseño de las herramientas de soporte a la docencia entre las cuales se incluyen los programas CYDEL y DELFOS



Joan Pons-Nin. Nacido en Calafell (Tarragona). Ingeniero de Telecomunicación por la ETSETB en 1989. Doctor Ingeniero en Telecomunicación por la UPC en 1995. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el DEE de la UPC. Ha investigado y publicado sobre emisores para dispositivos bipolares avanzados y células solares. Actualmente trabaja en energía, fiabilidad y control de dispositivos MEMS resonantes. Su actividad docente se ha desarrollado en asignaturas de dispositivos y de electrónica digital, participando en proyectos de innovación, autoría de libros de texto, diseño de software y hardware para docencia e implantación de asignaturas no presenciales y en el Espacio Europeo de Educación Superior.



Josep Calderer. Nacido en Berga (Barcelona) en 1950. Obtuvo la Licenciatura en Física en 1973 y el grado de Doctor en 1981 en la Universidad de Barcelona. Ha trabajado en tecnología y caracterización de células fotovoltaicas, transistores bipolares de heterounión, sensores ópticos integrados en silicio, microsistemas y sensores de gases de tipo resistivo. Actualmente es miembro de Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC.



Lluís Prat Viñas. Nacido en Manlleu el año 1946. Acabó de cursar los estudios de Ingeniería de Telecomunicación en la ETS de Ingeniería de Telecomunicación en el 1970. Es catedrático de Universidad en el área de Tecnología Electrónica en el DEE (UPC) de del 1990. Es autor de varios libros de texto sobre electrónica y también ha desarrollado dos programas informáticos interactivos para el aprendizaje de la electrónica, CyDEL (2001) y DELFOS (2006). Realiza su actividad investigadora en el área de modelización y simulación de dispositivos electrónicos habiendo publicado un centenar de artículos sobre esta temática. Ha sido secretario y jefe de estudios de la ETSETB. Responsable de la UPC del programa de Cooperación Educativa Universidad-Empresa, Vicerrector de Estudios de la UPC y Jefe de la sección del Campus Nord del DEE.

Capítulo 11

Electrónica Física en la Universidad de Barcelona: Comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre una modalidad docente basada en clases expositivas o en docencia centrada en el trabajo del estudiante

Francesca Peiró Martínez y Alberto Romano Rodríguez

Title— Physical Electronics at University of Barcelona: a comparative study of teacher and students dedication between magisterial or student centred docent methodologies

Abstract— A blended learning course has been implemented on the WebCT platform for the subject “Physical Electronics”, developed in parallel with another group having expositive classes as teaching strategy. The aforementioned course is characterised by the encouraging of self-study, cooperative work for problem solving and periodical partial exams, the students being evaluated through a common final exam. We have quantified the effort dedication of students and teachers, in a comparative manner between both teaching strategies. The results of this study reflect the actual costs of the implementation of a methodology based on the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) criteria for teachers, and reveals significant differences between the effort perception and the actual effort for students.

Keywords— Blended learning, Campus virtual WebCT European Credit Transfer System, student-centred learning.

Resumen— Se ha implementado un curso semipresencial sobre plataforma WebCT para la docencia de Electrónica Física, desarrollado en paralelo con un grupo de docencia con clase magistral. Dicho curso se caracteriza por el fomento del trabajo autodidacta, pautas de trabajo cooperativo para la resolución de

problemas y exámenes parciales periódicos, evaluando a los alumnos mediante un examen final común. Se ha cuantificado la dedicación de esfuerzo de alumnos y profesores, de una forma comparativa entre ambas modalidades. Los resultados de este seguimiento reflejan el coste real de la implementación de una metodología docente ECTS para el colectivo de profesores, y revela diferencias significativas entre la percepción de esfuerzo realizado y esfuerzo real en el colectivo de estudiantes.

Palabras clave— Aprendizaje semipresencial, Campo virtual WebCT, Sistema Europeo de créditos Transferibles, WebCT, enseñanza centrada en el alumno.

I. INTRODUCCIÓN

LA Universidad de Barcelona (UB) y el gobierno de la “Generalitat” de Cataluña, plasmaron su compromiso hacia la mejora de la calidad y la innovación en la metodología docente con la creación de los programas de “*Mejora e Innovación de la calidad docente*” (PMID y MQD), apoyando institucionalmente proyectos orientados hacia la Convergencia Europea. La implicación en este mismo sentido de los miembros del departamento de Electrónica queda claramente reflejada en la constitución de dos grupos de Innovación Docente Consolidados, con varios proyectos financiados en las recientes convocatorias. En concreto, el presente trabajo se ha desarrollado en el seno de uno de estos grupos, e-LINDO (Innovación Docente en Electrónica). En la primavera del 2003, se planteó una nueva estrategia docente sobre fundamentos de los materiales semiconductores y dispositivos electrónicos, contenidos básicos de la asignatura Electrónica Física de la licenciatura de Física, con el objetivo de encarar la reducción del número de créditos presenciales colectivos, en favor de una tarea de autoaprendizaje y hacerlo

Este trabajo fue presentado originalmente al Congreso “TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA 2006”.

F. Peiró is with the University of Barcelona National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80305 USA (phone: (+34) 934-039-155; fax: (+34) 934-021-148; e-mail: fpeiro@el.ub.es).

A. Romano is with the University of Barcelona, Electronics Dept. c/Martí Franques 1, 08028 Barcelona, Spain (e-mail: romano@el.ub.es).

desde la perspectiva de organizar una asignatura versátil para ser adaptada según las normas del Sistema Europeo de Créditos Transferibles y acumulables (ECTS). Así, el planteamiento del curso incidió con interés en la reducción de las clases magistrales expositivas, substituyéndolas por clases participativas de resolución de problemas y discusión sobre aspectos clave del temario, y actividades de trabajo cooperativo fuera del aula. La finalidad principal era despertar el interés del alumno por una tarea autodidacta que, además de proporcionarle los contenidos adecuados sobre la materia, le ayudara a formarse en actitudes de autoaprendizaje y de trabajo en equipo [1].

Si bien la organización de un curso semipresencial no requiere a priori la utilización de sistemas multimedia, no se ha de obviar que la aplicación de la Tecnología de la Información y de las Comunicaciones aporta ventajas añadidas a la organización del curso, permitiendo la incorporación de guías de aprendizaje tutorizado [2], facilitando el acceso a herramientas adicionales de autoaprendizaje como soporte a la docencia semipresencial [3], favoreciendo el diseño de actividades transversales en materias afines y asegurando el soporte de comunicación entre alumnos y con el profesor fuera del horario lectivo [4]. El curso se organizó sobre la plataforma virtual WebCT, soporte del Campus Virtual para aprendizaje continuado de la Universidad de Barcelona, que incorpora herramientas de autoevaluación y permite una óptima gestión y seguimiento del curso. Hay que señalar que en la actualidad el Campus Virtual de la UB se está configurado de nuevo sobre la plataforma de programación libre Moodle, y por tanto este curso semipresencial también pasará a ofrecerse implementado sobre el nuevo campo virtual.

Antes de iniciar el proyecto la oferta de esta asignatura troncal se concretaba en dos cursos por semestre, con horario lectivo de mañana y de tarde, ambos con docencia magistral de teoría y problemas. La modalidad semipresencial se ofreció como sustituto del curso de tarde, asegurando la optatividad de los alumnos para seleccionar una u otra metodología docente, con lo que la docencia de la asignatura se ha venido desarrollando en paralelo según las dos metodologías, lo que ha permitido realizar una comparación exhaustiva atendiendo a diferentes aspectos. La descripción del formato del curso implementado sobre plataforma virtual WebCT y la metodología docente empleada ya ha sido descrita en anteriores trabajos [5], [6].

II. OBJETIVOS

La implementación de nuevas metodologías docentes con programación semipresencial y un soporte de aprendizaje virtual, además de ir precedida de una rigurosa planificación [7], ha de ir acompañada de una seria valoración de la calidad de la docencia y el impacto de dichas iniciativas [8]. En nuestro caso, uno de los aspectos más inmediatos es analizar las diferencias en el rendimiento académico de los estudiantes

que han seguido una u otra modalidad docente, habiendo sido evaluados mediante un examen final común. Indicadores como el número de aprobados, porcentaje de calificaciones elevadas y porcentaje de alumnos presentados al examen son mejores que los del grupo con docencia magistral [5], [6]. En el presente trabajo se resumen brevemente los resultados estadísticos globales sobre seis cursos impartidos desde la primavera del curso académico 2002-2003 y hasta el otoño del 2005-2006. Otros aspectos menos directos son igualmente significativos. En particular es importante prestar atención a:

- La dedicación de esfuerzo personal de los estudiantes según una u otra metodología docente.
- Las diferencias de tiempo de dedicación que implica para el profesorado según el modo de impartir la asignatura.
- La posible influencia del incremento de tiempo dedicado a una asignatura impartida en este formato especial sobre el rendimiento en asignaturas cursadas simultáneamente.
- La correlación de asistencia a clase y participación activa con el rendimiento final para ambas modalidades docentes.

Estos otros puntos clave están desarrollándose en el marco de un proyecto de Investigación en Docencia financiado por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Barcelona dentro del Programa REDICE-04 (“**R**ecerca en **D**ocència del **ICE**”) y en esta comunicación, presentamos por primera vez los resultados de esta investigación comparativa entre las dos modalidades docentes en lo que hace referencia a la cuantificación del esfuerzo real de profesores y estudiantes.

III. METODOLOGÍA DOCENTE Y EVALUACIÓN

El curso está estructurado bajo los siguientes criterios:

- **Planificación** de las clases presenciales y evaluaciones parciales.
- **Estudio autodidacta** el temario propuesto
- Sesiones presenciales que se dedican a la resolución de problemas y al planteamiento y discusión de dudas.
- Definición de **grupos de trabajo cooperativo** al inicio del curso, con las siguientes tareas propuestas son:
 - Discusión de cuestiones en las clases presenciales y puesta en común entre grupos.
 - Resolución y entrega de un cuestionario de autoevaluación, que corresponde a uno de los exámenes parciales de años anteriores.
 - Resolución de problemas de exámenes finales de años anteriores y presentación del problema resuelto al resto de la clase.
- **Evaluaciones parciales** de cada tema
- Realización de un **examen final** común para todos los grupos que han cursado la asignatura con independencia de la modalidad docente.

Con anterioridad a la programación del curso semipresencial, se preparó una amplia colección de material docente que le permitiera al alumno afrontar la tarea autodidacta sin verse abrumado por la novedad de la metodología. Este material a disposición de los alumnos es el siguiente:

- **Apuntes de la asignatura.** Estos apuntes son el resultado de un proyecto financiado por la Universidad de Barcelona para la realización de un Texto Guía sobre la asignatura. Están organizados sobre la tabla de contenidos de WebCT, pero también disponen de ellos en formato impreso.
- **Transparencias de presentación de los contenidos:** este material, más rico en esquemas y figuras que los apuntes, constituye el soporte docente sobre el que se basan las clases expositivas del curso en modalidad clásica de docencia magistral.
- **Colección de problemas resueltos:** se le proporciona al alumno una colección de enunciados, con la indicación de cuales son los más significativos y también la solución de estos problemas en formato electrónico.
- **Definición de objetivos:** se preparó una recopilación de los aspectos clave que deberían ser asimilados para cada uno de los temas, con la finalidad de que los alumnos pudieran ir controlando los objetivos cubiertos a medida que avanza el curso.
- **Bibliografía:** se preparó una selección de bibliografía básica para el seguimiento del curso, accesible desde la Biblioteca de la Facultad. Asimismo se incorporaron dos enlaces a dos sitios para consulta “on line” vía Internet [9], [10]. Naturalmente esta selección de bibliografía en soporte virtual podría ser fácilmente ampliable, pero el criterio ha sido mantener una navegabilidad cómoda dentro del curso, y un exceso de enlaces provoca a menudo una dispersión innecesaria.
- **Aplicaciones de simulación:** con el objetivo de familiarizar a los alumnos con algunas propiedades estructurales básicas de los materiales semiconductores y con el funcionamiento de los dispositivos elementales, se incorporaron enlaces al servidor de “applets” de la Universidad de Búfalo [11].
- **Enunciados de ejercicios de examen:** a menudo los alumnos se sienten inseguros ante el desconocimiento del tipo de prueba final que deberán resolver. Los alumnos disponen de los enunciados de los exámenes de años anteriores desde la herramienta de dossiers electrónicos gestionados por la Biblioteca [12].
- **Cuestionarios de autoevaluación:** por último, es de destacar la incorporación de autoevaluaciones para cada uno de los temas. Se han organizado en dos niveles de dificultad, A y B son básicos, y C-D-E tienen un nivel semejante al del examen parcial que han de realizar para cada tema. Las preguntas incorporadas son de varios tipos, de respuesta múltiple, de cálculo, (con datos generados aleatoriamente y respuesta puntuada en función de la tolerancia de error

de la solución numérica), de relación e incluso de respuesta corta para corregir por el profesor.

Como método de evaluación se optó por una modalidad mixta de evaluación continua y evaluación final, exigiendo a los alumnos del grupo en modalidad semipresencial la realización de la misma prueba final que al grupo que cursó la asignatura de forma convencional. La prueba final se valoró con un peso del 70%, y el restante 30% de la evaluación continuada del curso, desglosada en:

- 60% Exámenes parciales
- 20% Resolución de autoevaluación
- 15% Resolución escrita y presentación a los compañeros de problemas de examen
- 5% Asistencia y actitud en las clases presenciales.

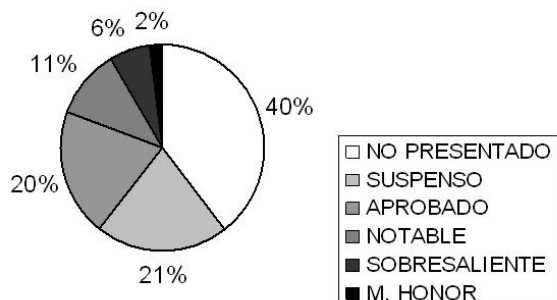
Teniendo en cuenta la singularidad de esta asignatura dentro de la licenciatura de Física, y con el criterio de no perjudicar a los alumnos que habían optado por esta modalidad, se decidió determinar la calificación final a partir de la nota más alta de las dos opciones (examen final, o promedio ponderado con la calificación del curso), ya que a menudo, las primeras pruebas parciales resultan muy negativas, disminuyendo significativamente la nota media. Teniendo en cuenta que la prueba final sería común, para evitar que los alumnos del grupo con docencia presencial estuvieran en desventaja frente a los alumnos del grupo semipresencial en cuanto a la accesibilidad a material docente y herramientas multimedia, se optó por organizar los mismos recursos sobre la plataforma de “Dossiers Electrónicos” gestionada por la Biblioteca de la UB [12]. Este material, incluía también los cuestionarios de autoevaluación preparados para el control del nivel alcanzado autodidácticamente en el curso semipresencial. Hemos de destacar, por lo tanto, que la única diferencia significativa entre ambos cursos ha sido la realización de exámenes parciales puntuables distribuidos a lo largo del semestre, además de no realizar un seguimiento del uso del material docente puesto a disposición del grupo con docencia magistral.

Finalmente, se ha venido realizando una encuesta amplia valorando en graduación de 1 a 5 diferentes aspectos del curso organizados en bloques relativos a la utilización del entorno virtual, la actividad del profesor, la planificación temporal de las actividades, la metodología y recursos docentes, los métodos de evaluación, la impresión sobre el esfuerzo personal que deben dedicar a la asignatura, y otras valoraciones personales, si bien la presentación detallada del resultado de dichas encuestas no es el objetivo del presente trabajo.

IV. COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO

La figura 1 presenta la comparativa global de rendimiento para todos los alumnos que han cursado la asignatura en modalidad semipresencial (195), frente a los que lo han hecho

a) MAGISTRAL: 361 estudiantes



b) Semipresencial y WebCT: 195 estudiantes

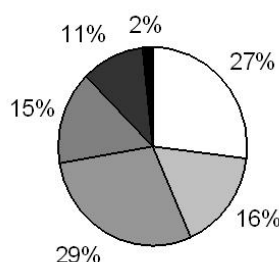


Fig. 1. Comparación del rendimiento de los estudiantes en la asignatura de Electrónica Física según la modalidad docente a) Curso semipresencial+WebCT b) Clase magistral.

en formato clásico de clase magistral (361) a lo largo de seis semestres. Destaca que el porcentaje global de alumnos aprobados y con notas elevadas es mayor en el grupo con modalidad de docencia semipresencial+WebCT. Este patrón se repite en cada semestre [6]. Sin embargo en el curso semipresencial se observa una clara tendencia de aumento del número de suspensos y no presentados a lo largo de los semestres, que puede ser atribuida a una homogeneización del perfil del alumnado, desde un primer semestre con alumnos especialmente motivados.

El porcentaje global de alumnos que no se presentan al examen es mayor en el curso en modalidad clásica. Esto confirma que la tarea autodidacta no supone un incremento en la tasa de abandono en comparación con un grupo de docencia magistral, sino más bien al contrario. Este hecho queda reflejado en la evolución del porcentaje de alumnos que no se presentan respecto al total de alumnos matriculados (figura 2a). En esta misma figura, en el gráfico 2b se comprueba que el nivel de aceptación de esta innovación docente por parte de los alumnos es alto, a pesar de ser una singularidad dentro de la licenciatura de Física. Cabe señalar que la última edición que aparece en el gráfico, correspondiente a la primavera del curso 2005-2006, se introdujeron dos cambios significativos que favorecieron sin duda el incremento de alumnos en el curso semipresencial: uno fue la oferta del curso en horario de mañana, siempre más numeroso que el de tarde, y el segundo, la oportunidad de aprobar el curso por evaluación continuada.

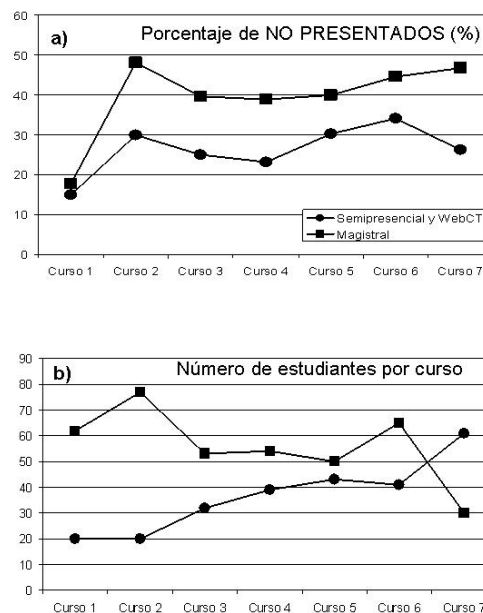


Fig. 2. a) Porcentaje de alumnos que no se presentan al examen final para cada una de las modalidades docentes. b) Evolución del número de alumnos matriculados en cada edición del curso, que ilustra la buena aceptación de la modalidad semipresencial.

El análisis comparativo de la implantación de la evaluación continuada sin examen final en las últimas ediciones del curso será objeto de un posterior trabajo.

V. MEDIDA DEL ESFUERZO PERSONAL DE ALUMNOS Y PROFESORES

A. Dedicación de los estudiantes

Según las encuestas de valoración del curso, más del 90% de los alumnos consideraba que esta modalidad docente, requería una dedicación mucho más alta que la modalidad convencional de docencia magistral. Partiendo de esta afirmación de los estudiantes sobre el incremento en horas que han debido dedicar a esta asignatura, se planteó cuantificar la dedicación total a partir del cómputo del tiempo real dedicado a cada una de las tareas. Así, en base a la colección de documentos por F. Sánchez et al. [13], según la comunicación presentada en la conferencia TAAE'04, se adaptaron unas plantillas adecuadas a las tareas propuestas en nuestra asignatura. Las tareas consideradas fueron: asistencia a las clases expositivas (PRES), estudio de individual de teoría (TEOI) y de problemas (PROI), estudio en grupo de la teoría (TEOG) y realización en grupo de problemas (PROG), resolución de ejercicios de autoevaluación (AUTO), realización de exámenes parciales (EXAM) y sesiones de tutoría (TUTO). Se pidió voluntariamente a los estudiantes rellenar la plantilla a lo largo del curso. En este momento

disponemos del análisis del seguimiento comparativo entre modalidad magistral clásica y semipresencial de 2 semestres correspondientes a las ediciones 5 y 6 del curso. Teniendo en cuenta que la respuesta no fue muy mayoritaria (28% del curso semipresencial en el curso 5) es posible que los resultados estén algo desplazados al alza, considerando que probablemente han respondido los alumnos a priori más “trabajadores”, es decir, que el esfuerzo de dedicación real esté algo sobrevalorado.

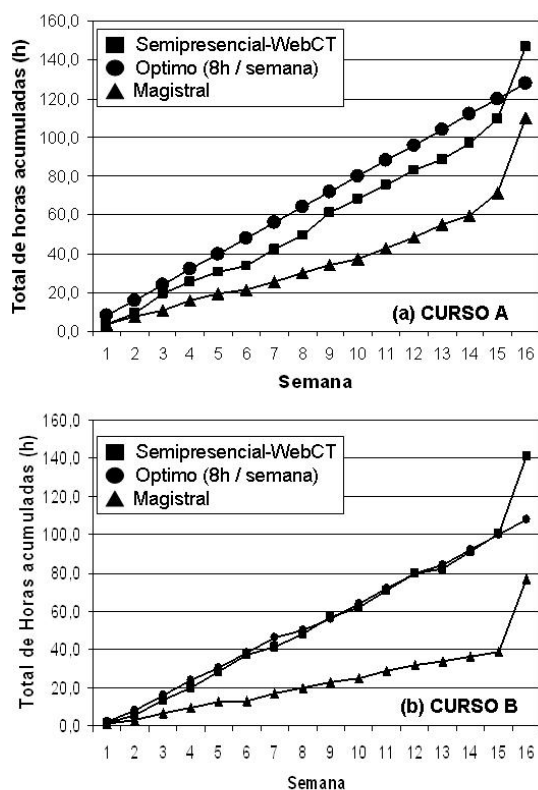


Fig. 3. Estimación de la carga de trabajo acumulado en cada semana para el estudiante a lo largo de las 16 semanas del curso según las dos modalidades docentes en comparación con una estimación de la dedicación óptima fijada en 8 horas a la semana. La semana 16 corresponde al esfuerzo antes del examen final una vez finalizado el período lectivo.

La figura 3 resume los datos recopilados en dos semestres (en lo que sigue cursos A y B correspondientes a la primavera del curso 2004-2005 y al otoño del curso 2005-2006 respectivamente), comparando las dedicaciones del grupo magistral y semipresencial acumuladas a lo largo del período lectivo de cada semestre con un promedio considerado como “óptimo” estimado a partir del número de clases lectivas de la asignatura a la semana. Cabe señalar los siguientes aspectos:

CURSO A: Esta asignatura tiene una asignación de 6 créditos lo que equivale a una docencia de 4 horas a la semana durante un período de 15 semanas. Inicialmente pues, se consideró como óptima una dedicación de trabajo personal de una hora más por cada hora lectiva del curso magistral, es decir se asumió como óptima una dedicación promedio de 8

horas semanales. Como puede verse en la figura 3a, para el curso A los resultados están algo alejados de la predicción teórica, especialmente en el caso del grupo magistral, para el cual, la dedicación semanal durante el curso (4.8h), apenas supera el tiempo que ya de por sí está asignado a la asistencia a las cuatro horas semanales de clase expositiva. Curiosamente, si se suma el esfuerzo global de los alumnos incluyendo la dedicación antes del examen, resulta un tiempo de 7.3h, igual al que los alumnos del grupo semipresencial dedican regularmente durante las 15 semanas del curso. En ambas modalidades destaca un pico de dedicación antes del examen final. En la modalidad semipresencial, los ligeros incrementos periódicos se correlacionan temporalmente con los exámenes parciales del curso.

CURSO B: En este caso se corrigió la estimación óptima, considerando como horas lectivas, no las 4h semanales, sino las reales descontando días festivos y no lectivos. En este caso, la dedicación del grupo semipresencial está muy ajustada al óptimo, mientras que la del grupo magistral resulta muy inferior. En esta modalidad, según se resume en la tabla 1, la dedicación durante el curso ni siquiera alcanza las cuatro horas lectivas a la semana, claro indicativo de un alto nivel de absentismo en las clases. Por lo tanto se concluye que los alumnos tienen la impresión de que se dedica mucho más tiempo a la asignatura en la modalidad semipresencial y de trabajo cooperativo, pero que en realidad, la dedicación global está dentro de lo que sería exigible para la dotación de créditos de la asignatura, situándose entre 7 y 9 horas de dedicación equivalente a la semana distribuyendo este esfuerzo a lo largo de 15 semanas lectivas. Contrariamente, el esfuerzo realizado en una asignatura con docencia magistral es claramente menor del que debería ser, enfatizando la percepción de una dedicación excesiva en aprendizaje basado en el alumno.

En la tabla 1, se presentan los promedios numéricos evaluados a lo largo de los dos cursos. En esta tabla, las dos primeras columnas de cada modalidad acumulan el total de horas incluyendo el trabajo personal en periodo no lectivo realizado justo antes del examen final. Las dos columnas de la derecha promedian el trabajo realizado durante las quince semanas lectivas, sin contar pues la dedicación final. Es evidente que el curso semipresencial presenta una distribución del esfuerzo más racional a lo largo del semestre aunque también se observa un pico de dedicación justo antes del examen en la mayoría de los casos.

La distribución de la dedicación por actividades a lo largo del curso se presenta en la figura 4a para la modalidad semipresencial, y 4b para la modalidad de docencia magistral. En la modalidad semipresencial destaca una mayor variabilidad de actividades. Aparecen unos picos de trabajo asociados a las semanas en que se realizaron los exámenes parciales. El estudio de teoría en grupo, es la tarea a la que se le dedica menos tiempo, a parte de las horas dedicadas a la consulta con el profesor. El estudio individual de la teoría y los problemas comporta el mayor número de horas totales. En

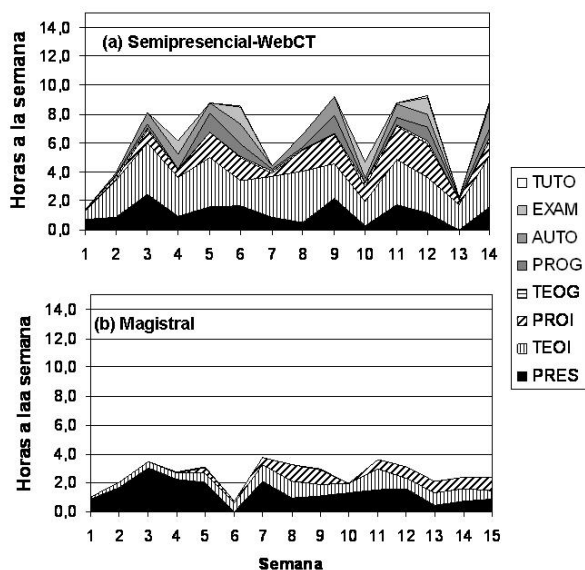


Fig. 4. Distribución del tiempo dedicado a cada tarea a lo largo de las quince semanas del semestre para las dos modalidades docentes. Los datos corresponden a la edición del curso B y la definición de cada tarea se resume en el texto.

la modalidad de docencia magistral, durante el curso (figura 4b) la mayor parte del tiempo es la propia asistencia a las clases expositivas (20.4h), incluso por encima del tiempo dedicado al estudio personal de teoría y problemas (18h), y apenas si hay actividad en relación al material docente como las autoevaluaciones puestas a disposición también de este grupo. El esfuerzo de estudio personal se concentra al final del curso en la llamada semana 16, en la que prácticamente se dobla y se triplica la dedicación al estudio de teoría y problemas en relación al tiempo dedicado durante el curso. En la figura 5 aparece la distribución en porcentaje para cada actividad según la modalidad. Vemos que el tiempo de estudio personal de teoría y problemas global es similar en ambos grupos a pesar de que el grupo con docencia semipresencial no tiene clases magistrales expositivas.

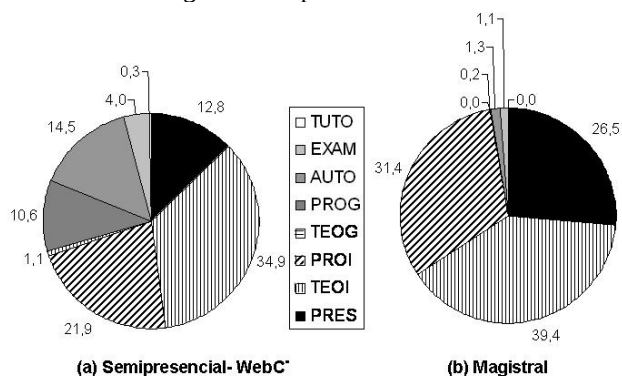


Fig. 5. Porcentaje del esfuerzo global que ha dedicado el estudiante para cada una de las tareas según la modalidad docente. Los datos corresponden a la edición del curso B.

TABLA I

CARGA DE TRABAJO DE LOS ESTUDIANTES

Comparación de la dedicación a la asignatura según la modalidad docente: T1 es el tiempo total dedicado; T2 es el promedio semanal durante el semestre estimado como T1/15; T3 es el tiempo dedicado sin contar el esfuerzo final antes del examen; T4 es un promedio de la dedicación semanal sin contar el esfuerzo final, estimándolo como T3/15.

	T1 (horas)	T2 (Horas/semana)	T3 (horas)	T4 (Horas/ semana)
Semipresencial + WebCT				
Curso A	146.6	9.8	109.6	7.3
Curso B	141.0	9.4	100.7	6.7
Magistral				
Curso A	110.0	7.3	71.3	4.8
Curso B	77.0	5.1	38.6	2.6

TABLA II

CARGA DE TRABAJO DE LOS PROFESORES

Comparación de la dedicación del profesorado en función de la modalidad docente. T3 es el tiempo dedicado sin tener en cuenta el trabajo de preparación del examen final y la corrección de dicho examen. T4 es el promedio por semana estimado como T3/15.

	T1 (horas)	T2 (Horas/semana)	T3 (horas)	T4 (Horas/ semana)
Semipresencial + WebCT				
Curso A	175.0	11.7	153.0	10.2
Curso B	172.8	11.5	147.0	9.8
Magistral				
Curso A	116.8	7.8	111.8	7.5
Curso B	82.9	5.5	57.1	3.8

B. Dedicación del profesorado

En paralelo se diseñaron plantillas similares para el cómputo de la dedicación de los profesores. En este caso, las tareas consideradas son: preparación de nuevo material docente (PND), impartición de clases expositivas (PRE), supervisión de los exámenes en el aula (EXA), atención al estudiante de forma virtual (ESE) o en tutorías presenciales (ESP), corrección de ejercicios (COR), coordinación del curso (CUR) y finalmente tareas relacionadas con la presente investigación englobadas bajo la etiqueta (REDICE), donde se computan la preparación de las plantillas, recopilación y tratamiento de datos.

En total el profesor del curso semipresencial dedicó el curso A de la primavera 2005, 153 horas en las quince semanas lectivas, sin computar el tiempo para la preparación y corrección del examen final. Esto da un promedio semanal de 10.2 horas, que se reduce a 9.2 h si no tenemos en cuenta el tiempo dedicado a las tareas del Proyecto Redice que han dado lugar a la presente trabajo. Como segundo ejemplo, podemos ver los resultados del curso B que se presentan en la figura 6, distribuidos por semanas, o bien en la figura 7, los porcentajes

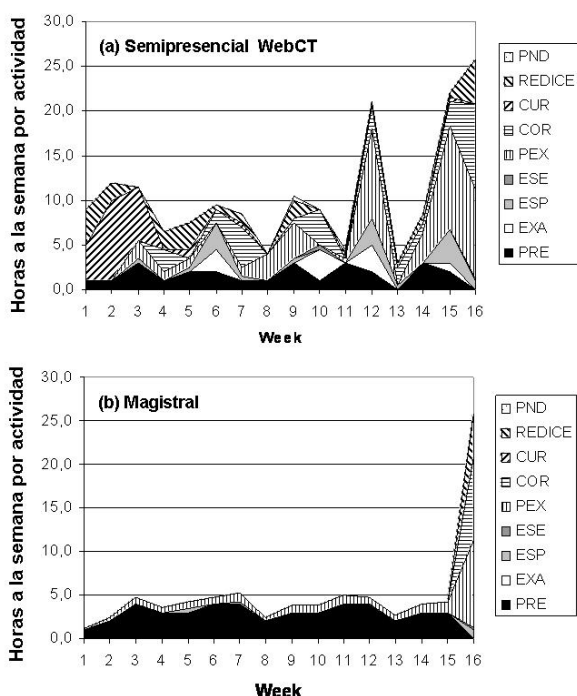


Fig. 6. Distribución de la dedicación del profesor a cada una de las tareas a lo largo del semestre. La semana 16 incluye el tiempo dedicado a la preparación y corrección de los exámenes finales. La definición de cada tarea se resume en el texto.

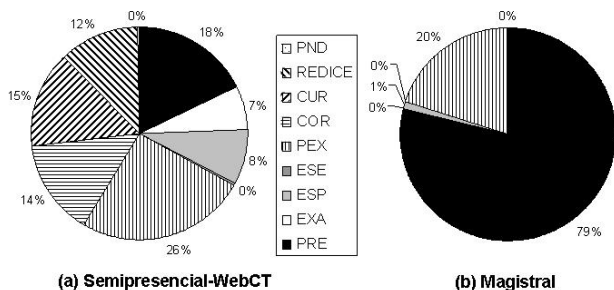


Fig. 7. Porcentaje del esfuerzo global que ha dedicado el profesor para cada una de las tareas según la modalidad docente.

globales de dedicación por actividad. En cuanto a la distribución por tareas (fig. 6) cabe señalar los siguientes aspectos: la seriedad de las respuestas de los alumnos pueden valorarse a partir de alguna correlación con las medidas del profesor, por ejemplo, la comparación de la distribución de clases presenciales, que vemos que es la misma para el colectivo de estudiantes y el profesor; la dedicación promedio para la realización de exámenes es también comparable para ambos colectivos, y resulta en un promedio de 1.8 horas por examen realizado desde el punto de vista del profesor, y de 1.2 h por parte de los alumnos. La tarea que implica mayor dedicación, es la preparación de ejercicios para la resolución en equipo y la preparación de los exámenes parciales. Las

horas de consulta computadas por el profesor, son mayores que la media deducida del cómputo de los alumnos, lo que sugiere que alumnos que no han rellenado la plantilla también han realizado consultas. La preparación de material docente, una vez implementado todo el curso, no resulta una tarea excesiva, si bien destacan picos de trabajo asociados a la preparación y corrección de exámenes parciales. En general destaca que para el profesor, la dedicación resulta claramente mayor que la requerida para los 6 créditos nominales. En principio, tendríamos cuatro horas lectivas, más las correspondientes de permanencia, que frecuentemente, no son utilizadas en tareas relativas a la asignatura. Hay que tener en cuenta además, que en esta dedicación no se ha computado el tiempo empleado en la preparación inicial del material docente para el curso y el empleado en la implementación de todo este material en la plataforma WebCT. Por el contrario, en el curso de docencia magistral, el promedio semanal durante las quince semanas lectivas es de 3.8 h, y alcanza las 5.2 horas si se tiene en cuenta también la dedicación final justo antes del examen. Si tomamos como indicador un promedio de 4 horas de clase presencial y 4 más de tutoría y preparación, la modalidad docente en clase magistral estaría en un porcentaje del 35% por debajo de la dedicación nominal, mientras que el curso semipresencial estaría un 35% por encima de la dedicación nominal requerida. La diferencia de dedicación entre el curso A y B es atribuible a la incorporación de un nuevo profesor de problemas en el curso A, incrementando el tiempo de preparación de la asignatura. Los datos mostrados son un ejemplo objetivo del coste que la implementación de una metodología ECTS tendrá para el colectivo de profesores, dado el cambio de papel que ha de jugar como docente en el nuevo espacio EEES [14].

VI. CONCLUSIONES

Se ha implementado un **curso semipresencial** para la docencia de la Electrónica Física en la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona, basado en el trabajo personal del estudiante. Indicadores como nº de aprobados, porcentaje de calificaciones elevadas y porcentaje de alumnos presentados al examen son mejores que los del grupo con docencia magistral basada en clases expositivas. Los aspectos diferenciadores clave son dos: por un lado el esfuerzo dedicado al **estudio autodidacta** de la teoría ha mejorado la comprensión de la asignatura y por otro lado, la realización de los **exámenes parciales** revela el nivel real de consolidación de los objetivos del temario y permite modificar la actitud de estudio a medida que avanza el curso para ir adecuándola al nivel exigido.

Se han aplicado **pautas de trabajo cooperativo** en algunas de las actividades propuestas. Ha resultado difícil implicar a los estudiantes en esta nueva metodología de trabajo, y el interés ha sido desigual entre los grupos. Se ha valorado también el impacto de esta innovación sobre la **dedicación de esfuerzo de alumnos y profesores**. Se ha comprobado que

para el primer colectivo, la dedicación media semanal es la que debería tener una asignatura de 6c. El equivalente en número de créditos ECTS de esta asignatura, suponiendo una equivalencia de 28 horas de trabajo/crédito sería de un total de 5 ECTS. En cuanto al profesorado, la dedicación a la actividad docente de esta asignatura es mayor de lo que nominalmente supone una asignación de 6 créditos actuales, equivalentes a 60 horas de clase más las de permanencia.

Actualmente se está trabajando en la correlación de datos estadísticos sobre las calificaciones, para establecer en qué medida el rendimiento en el resto de asignaturas paralelas se ha visto afectado. Para ello, se están analizando las calificaciones en las asignaturas obligatorias y optativas cursadas durante el mismo semestre que se ha cursado la asignatura Electrónica Física, y se compararán estas correlaciones según la modalidad docente que se haya seguido.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la "Generalitat de Catalunya" en el programa de financiación de Proyectos para la Mejora de la Calidad Docente en las Universidades Catalanas en la convocatoria del año 2003 (Proyecto 2003MQD 00141), la Universidad de Barcelona, como Proyectos de Innovación Docente 2003 PID-UB/05 y 2004 PID-UB/035, y finalmente por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE), como Proyecto de Investigación en Docencia en el programa (REDICE-04).

REFERENCIAS

- [1] S. Bermejo, "Cooperative Electronic Learning in Virtual Laboratories Through Forums" IEEE Transaction on Education, vol. 48, 140-149 (2005).
- [2] V. Sklyarov and I. Skliarova, "Teaching Reconfigurable Systems: Methods, Tools, Tutorials, and Projects", IEEE Transaction on Education vol.48, n°2, 290-300 (2005).
- [3] L. Palma, F.R. Morrison, P.N. Enjeti and J.W. Howze, "Use of Web-Based Materials to Teach Electric Circuit Theory", IEEE Transaction on Education vol. 48, n° 4, 729-734 (2005).
- [4] J. A. Day and J. D. Foley, "Evaluating a Web Lecture Intervention in a Human-Computer Interaction course", IEEE Transaction on Education vol.49, n° 4, 420-431 (2006).
- [5] F. Peiró, "Innovación de la metodología docente sobre fundamentos físicos y dispositivos, basada en la implementación de un curso semipresencial en el entorno virtual WebCT", VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, <http://www.upv.es/taee2004/> Valencia, 14-16 Julio (2004). (Disponible a 11-12-2007)
- [6] F. Peiró, "Nueva estrategia docente basada en semipresencialidad y trabajo cooperativo para la docencia de la electrónica física", XIII Congreso Universitario de Innovación Educativa de las enseñanzas Técnicas CUIEET XIII, Ponencia A-32, <http://www.eup.ulpgc.es/XIIICUIEET/inicio.htm> Gran Canaria 21-23 Septiembre (2005).
- [7] S. P. Mudur, P. Gharpure and P. Rajan, "A Methodical Assessment of Integrative Model-Based E-Course Development", IEEE Transaction on Education vol.48, n° 4, 605-611 (2006).
- [8] H.L. Liu and M.N.Yang, "QoL Guaranteed Adaptation and

Personalization in E-Learning Systems", IEEE Transaction on Education vol.48, n° 4, 205-687 (2006).

- [9] HyperFísica-Electronics (<http://230nsc1.phyastr.gsu.edu/hbase/electronic/etroncon.html#c1>) (Disponible a 11-12-2007)
- [10] Principles of Semiconductors Devices, (<http://ece-www.colorado.edu/~bart/book/>) B. V. Zegbroeck (Available 11-12-2007)
- [11] The semiconductor applet service, <http://jas.eng.buffalo.edu/index.html> University of Búfalo. (Disponible a 11-12-2007)
- [12] Dossiers electrónicos de la Biblioteca de la Universidad de Barcelona (<http://www.bib.ub.edu/es/>) (Disponible a 11-12-2007)
- [13] F.J. Sánchez, R. Casanella, and I. Fernández, "Estimación de la carga de trabajo del estudiante y el profesor de la asignatura electrónica digital (EPSC-UPC) basada en aprendizaje cooperativo", VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, <http://www.upv.es/taee2004/> Valencia, 14-16 Julio (2004). (Disponible a 14-03-2007)
- [14] M.M. Danchak AND M.P. Huguet, "Designing for the Changing Role of the Instructor in Blended Learning", IEEE Transactions on Professional Communication, vol. 47, n°3, 200-210 (2004).



Francesca Peiró Martínez, nacida en Barcelona en 1965, acabó la licenciatura en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona en 1988 y obtuvo el título de Dr. en 1993, realizando un trabajo de investigación sobre estructuras semiconductoras de materiales III-V tensionados para dispositivos de efecto de campo de alta movilidad de portadores (HEMT). Desde 1988 a 1995 trabajó como técnico especialista en Microscopía Electrónica de Transmisión en los Servicios Científico Técnicos de la Universidad de Barcelona. De 1994 a 1995 fue profesor asociado a tiempo parcial en la Universidad Autónoma de Barcelona, impartiendo clases en Ingeniería Informática de Sistemas y en Ingeniería Electrónica. Desde 1995 es profesor titular del Departamento de Electrónica en la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona, impartiendo clases segundo ciclo en Física e Ingeniería Electrónica, así como en estudios de Máster. De 2004 a 2007 fue coordinadora del Plan de Acción Tutorial de la Facultad de Física y es Secretaria del Consejo de Estudios. En la actualidad es coordinadora del Máster de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona. Miembro de la Sociedad Española de Microscopía, sus tareas de investigación se centran en la caracterización de materiales y nanoestructuras mediante Microscopía Electrónica de Transmisión y técnicas analíticas relacionadas, con aplicación especialmente en sensores de gas, electrodos y electrolitos para pilas de combustible y óxidos metálicos para espintrónica.



Albert Romano-Rodríguez es profesor titular de universidad del Departamento de Electrónica de la Universitat de Barcelona desde 1993. Licenciado (1986) y doctor (1991) en Física por la misma universidad, inicialmente trabajó en la caracterización eléctrica, óptica y estructural de materiales y dispositivos electrónicos. Entre 1988 y 1991 desarrolló toda la investigación que condujo a su tesis doctoral en el laboratorio IMEC de Leuven (Bélgica) y, después, volvió a Barcelona como investigador contratado. Su actividad investigadora ha continuado en la caracterización de materiales y procesos de la electrónica, en el diseño, la fabricación y la caracterización de sensores físicos y químicos y dispositivos electrónicos. En los últimos 4 años su trabajo se ha orientado hacia la nanotecnología y, más concretamente, hacia la fabricación y caracterización de nanodispositivos. Toda esta actividad ha dado lugar la autoría o coautoría de más de 150 artículos científicos y técnicos en estos campos de investigación.

Capítulo 12

Modificações em Jogos Digitais e seu Uso Potencial como Tecnologia Educacional para Ensino de Engenharia

L. O. M. Ribeiro, M. I. Timm, e M. A. Zaro

Title—Digital game modifications and its use as educational technology for engineering education.

Abstract—This paper presents the use of mod-games (digital games modifications) as an effective educational technology, and summarizes main researches about the use of commercial games for training and educational goals. The mod-games allow the construction of educational environments and virtual laboratories. Its use, in interactive, immersive and collaborative way, increases the level of the student's development of cognitive skills, attending contemporary education's requirement, in particular for strongly demanding areas, like engineering. By reducing development cycle of the educational games, these modifications make them more accessible and contribute to improve educational research.

Keywords—educational games, simulation, virtual laboratory, science and technology education, engineering education

Resumo—Este artigo apresenta as modificações de jogos digitais como uma alternativa viável e eficaz de tecnologia educacional e revisa algumas pesquisas sobre o uso de jogos comerciais em atividades de educação e treinamento. Os mod-games ao possibilitarem a construção de cenários educacionais e laboratórios virtuais, e seu uso de forma interativa, imersiva e colaborativa, elevam a experimentação pelos alunos a um novo nível ao permitirem o desenvolvimento de habilidades cognitivas contextualizadas com as exigências atuais da educação e, em especial, do ensino de engenharia. Ao reduzir o ciclo de desenvolvimento de jogos as modificações de games tornam-se

mais acessíveis aos professores, permitindo a pesquisa educacional na área.

Palavras-chave— jogos educacionais, simulação, laboratórios virtuais, ensino de ciência e tecnologia, ensino de engenharia

I. INTRODUÇÃO

As pesquisas na área de tecnologias educacionais atravessam um período em que a diversidade tecnológica se destaca. Em especial, o uso da informática na educação descortina um imenso campo de possibilidades, sendo possível destacar um campo específico neste segmento, o dos jogos digitais. O uso de *games* na educação tem sido objeto de diversos estudos. Sugere-se, a este respeito, que o ensino de ciência e tecnologia, e especificamente, o ensino de engenharia, no Brasil, pode se beneficiar com a pesquisa sobre o potencial desse recurso como apoio ao processo educacional. O objetivo desse artigo é revisar o estado da arte na produção de cenários e laboratórios educacionais a partir de modificações de jogos (*games*) digitais comerciais e apresentar estudos acerca de sua utilização como tecnologias educacionais viáveis, pela sua natureza pedagógica cognitiva, e pela otimização do ciclo de produção que oferecem aos produtores e professores.

O setor de jogos digitais vive uma fase de crescimento recorde, graças ao enorme volume financeiro que recebe atualmente, com uma estimativa de fluxo para 2007 de US\$ 21 bilhões [1], superando a indústria cinematográfica. Nesse mercado bilionário as empresas produtoras de *games* têm conseguido contratar profissionais qualificados e incorporar tecnologias de uma forma muito intensa [2]. Poucos segmentos da área de desenvolvimento de software conseguiram absorver tão rapidamente os avanços nas pesquisas de informática como os desenvolvedores de *games* [3]. Pesquisas relacionadas a Inteligência Artificial (IA), Redes Neurais, Sistemas Multiagentes e Física são temas presentes nos congressos de jogos. Os desenvolvedores, para minimizar os custos de criação de seus produtos,

Este trabajo fue presentado originalmente al VII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação PGIE, Julho 2006.

L.O.M. Ribeiro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Av. Paulo Gama, 110, prédio 12105, 3º andar, sala 332, 90.041-970, Porto Alegre, RS, Brazil, luis.ottoni@terra.com.br

Maria Isabel Timm, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Av. Paulo Gama, 110, prédio 12105, 3º andar, sala 332, 90.041-970, Porto Alegre, RS, Brazil, beta@cesup.ufrgs.br

Milton Antonio Zaro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Av. Paulo Gama, 110, prédio 12105, 3º andar, sala 332, 90.041-970, Porto Alegre, RS, Brazil, zaro@ufrgs.br

implementam os chamados *game engine*, ou motores de jogos, um “conjunto de componentes de software integrados e reutilizáveis projetados para facilitar o desenvolvimento de jogos de computadores” [4].

Os motores de jogos são modularizados para tratar de funções específicas no ciclo de desenvolvimento dos *games*. Existem os motores gráficos responsáveis por toda a parte de gráfica do jogo, com seus cenários e texturas, assim como motores de IA e motores de física [5], que facilitam o desenvolvimento das ações dos jogos, facilitando a programação e a simulação de fenômenos da realidade. Essa modularização permite a separação no desenvolvimento do jogo entre a parte artística, o roteiro do jogo com seus *scripts*, que compõem a parte lógica, e a parte de programação dos motores em si. As grandes empresas de desenvolvimento optam por desenvolver seus próprios motores, mas alguns desenvolvedores optam por licenciar *engines* e trabalham na implementação de seus argumentos e histórias. Um bom exemplo desse funcionamento é a franquia desenvolvida pelo diretor norte-americano George Lucas, com a empresa Lucas Arts (<http://www.lucasarts.com/>) que traduziu em diversos títulos de *games* a série cinematográfica *Star Wars*.

No que se refere a *physics game engine*, ou seja, ao motor de desenvolvimento da física de jogos, destaca-se a HAVOC (<http://www.havok.com/products/physics.php>). Sua *engine* está disponível para a maioria das plataformas de *games*. A *engine* de física realística Havoc 2 permite a interação dos jogadores com objetos físicos, como por exemplo seixos, os quais, se atirados na água, comportam-se, como esperado, tal qual objetos pesados, obedecendo às leis de massa, fricção, gravidade, e flutuação. Um exemplo de integração da *engine* de física Havoc2 com um jogo, é o Half-Life 2 da empresa VALVE, que incorpora a Havoc 2 com sua própria *engine* de renderização Source. O jogo propicia um elevado grau de liberdade na exploração interativa dos objetos presentes no ambiente.

Half-Life 2 não é o primeiro jogo a usar a *engine* de física realística do Havoc 2, mas certamente acrescentou valor ao integrar o efeito realístico dos fenômenos aos atrativos da interatividade. Algumas cenas podem ser experimentadas de várias formas, dependendo da criatividade dos jogadores na sua relação com o ambiente e com os objetos disponíveis. Existem atualmente cerca de 120 títulos que licenciaram o Havok para plataformas Xbox, Playstation, PC e Gamecube. Baseado nesta gama de possibilidades, foi adotado o Half-life 2 como plataforma de *game* para exploração de experimentos educacionais, em projeto de tese atualmente em fase de implantação junto ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da UFRGS¹. Ao longo do artigo, serão mostradas modificações baseadas nesse jogo com fins educacionais, que exploram as potencialidades e as limitações de seu uso.

II.. JOGOS DIGITAIS COMO FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS

Os jogos digitais, ao permitirem a simulação em ambientes virtuais, proporcionam momentos ricos de exploração e controle dos elementos. Neles, os jogadores – crianças, jovens ou adultos – podem explorar e encontrar, através de sua ação, o significado dos elementos conceituais, a visualização de situações reais e os resultados possíveis do acionamento de fenômenos da realidade. Ao combinar diversão e ambiente virtual, transformam-se numa poderosa ferramenta narrativa, ou seja, permitem criar histórias, nas quais os jogadores são envolvidos, potencializando a capacidade de ensino-aprendizado. Murray [6] atribui a esta nova narrativa quatro propriedades importantes: procedurais (porque podem ser programados para executar tarefas e inferências, com base em regras e padrões), participativos (porque permitem que os usuários realizem atividades, desafios, etc.), espaciais (porque os usuários atuam neles de dentro da própria cena) e enciclopédicos (porque podem estar integrados à biblioteca global da Internet, além de bases específicas de conhecimento). Esses ambientes encantam por incorporar às narrativas tradicionais três novas possibilidades de envolvimento do jogador-navegador: imersão, agenciamento e transformação/simulação.

A imersão em *games* depende da percepção e da ação do sujeito. Pesquisas cognitivas sugerem que a percepção humana e a ação estão profundamente interconectadas [7]. Ao jogar um *game*, quando uma pessoa dirige um carro ou abre uma porta no porão do castelo, ela sente como se o seu corpo e mente estivessem inseridos em um novo espaço. Por isso, o jogador sente-se livre e interessado, em explorar livremente o ambiente, interagindo com os elementos. Ao se auto-representar internamente em um cenário virtual, o jogador sente prazer, através do que vem sendo descrito como uma sensação, ou percepção, de imersão, ou seja, ele está envolto pela ação, pelos elementos do cenário e pelos desafios apresentados ao personagem que está representando. Essa sensação se relaciona com a sensação de agenciamento, pois o jogador quer agir, atuar nesse cenário, deixar a posição de observador passivo e ser um agente protagonista que vê o resultado de suas ações e escolhas.

No caso da característica de agenciamento, que pode contribuir para a eficiência e a verossimilhança dos *games*, a ação do jogador produz uma consequência, cujos resultados interferem na narrativa, o que permite avaliar suas próprias escolhas e tomadas de decisão. Esta característica, associada à de transformação e simulação, permite ao jogador sentir-se poderoso e responsável. Afinal, onde mais poderia decidir, por exemplo, sobre o futuro da humanidade, vivenciar atos heróicos, resgatando reféns, mudando o curso da história. Caso as escolhas resultem em derrota, basta recomeçar o jogo e passar pela mesma experiência mas fazendo escolhas diferentes, muitas vezes pelo simples prazer de fazer diferente ou responder aquela curiosidade “e se eu fizesse assim....”.

A geração atual de crianças e adolescentes tem gasto mais tempo semanal jogando *games* do que estudando e fazendo

¹ O referido projeto de tese está sendo desenvolvido pelo primeiro autor do presente artigo, sob orientação do prof. Dr. Milton Antonio Zaro.

seus deveres escolares [8]. Essas pesquisas mostram que esse uso constante tem modificado as habilidades cognitivas dessa geração: ao consultar um material, primeiro eles examinam os gráficos e depois lêem os textos para adicionar informações. Sentem-se à vontade com informações hipertextuais, com a exigência de habilidades visuais-espaciais, constroem mapas mentais e usam o computador como uma ferramenta mental.

Segundo Mayo [9] o uso de *games* para treinar, aprender e executar atividades reais em ambientes realísticos melhora a performance dos aprendizes, tornam-se melhores através da aprendizagem baseada em *games*. Possibilitam experiências de aprendizagem produzidas individualmente de acordo com seu estilo de aprendizagem e desempenho. A pesquisa é bem completa e apresenta diversas pesquisas sobre a influência dos jogos digitais na aprendizagem, inclusive com estudos de neurociência. Seu estudo compara as teorias de aprendizagem com características dos jogos:

“- *Aprendizagem experimental (você faz, você aprende): participação ativa com decisões que tem consequências. Típico de jogos imersivos;*

- *Aprendizagem baseada no questionamento e feedback (o que acontece quando eu faço isto?): exploração em jogos;*

- *Autenticidade (quanto mais a situação de aprendizagem for realista, mais facilmente os aprendizes transferem a informação para a vida real): mundos virtuais;*

- *Eficácia própria (se você acredita que você pode fazer você aumenta suas chances de sucesso): recompensas e níveis nos games;*

- *Estabelecer metas (você efetua um progresso maior se trabalhar com metas bem definidas): objetivos do jogo;*

- *Cooperação (aprendizagem em time) - estudos mostram que a aprendizagem cooperativa apresenta resultados 50% superiores sobre a aprendizagem individual ou competitiva: jogos massivamente multiusuário - MMOGs.”*[9]

O uso de jogos digitais como ferramenta para potencializar o ensino tem sido demonstrada em vários estudos. A ênfase do uso dos games aparece com focos distintos. Um grande número de trabalhos destaca o desenvolvimento de jogos digitais como facilitador do ensino de ciência da computação. A investigação de Silva e Silva [10] relata experiências tais como o desenvolvimento de jogos de computadores baseados em interface Web, que facilita o ensino de conceitos fundamentais de computadores; um curso de projeto e implementação de jogos digitais, que provê um ambiente ideal para os estudantes integrarem uma gama de conhecimentos e habilidades de ciências da computação; e na pós-graduação na área, um curso de Inteligência Artificial (IA), no qual são construídos jogos mais realísticos e interessantes e que permitem excelentes cenários nos quais se podem testar e aplicar as técnicas de IA aprendidas. Entretanto, essas abordagens tratam do desenvolvimento de jogos digitais, com ênfase na programação, como uma solução para potencializar o cenário educacional, motivando e engajando o aluno no processo educacional. Os jogos digitais seriam assim desenvolvidos usando linguagens de programação ou

ferramentas de autoria, normalmente *freeware* que possibilitem o desenvolvimento dos jogos sem o pagamento de *royaltes*.

Outra área relacionada aos jogos digitais que vem merecendo atenção da comunidade acadêmica é o uso de *games* comerciais na sala de aula, explorando ferramentas pedagógicas que se aplicam ou apóiam o desenvolvimento de disciplinas convencionais, como matemática ou geografia entre outras. Uma pesquisa sobre o potencial educativo do videogame foi conduzida utilizando o simulador de cidades *SimCity4*, envolvendo professores de Português, Matemática e Geografia [11]. A pesquisa explora e argumenta sobre a necessidade dos professores adequarem seus conteúdos e estratégias didáticas de suas disciplinas para o ambiente multimídia, onde ocorrem mudanças nos processos de gerenciamento e regulação das situações de aprendizagem em função do jogo digital. A mudança principal é a troca de um processo tradicional de ensino para um que alie diversão e aprendizagem, facilitando uma aprendizagem por descobertas. Os *games* produzem mudanças nas habilidades cognitivas dos aprendizes, em especial a capacidade de processar uma quantidade maior de informação ao mesmo tempo e aprender através da experimentação e ações rápidas. De acordo com Hostetter [8], citado no estudo, os *games* também desenvolvem o raciocínio dedutivo, estratégias de memorização e coordenação visual e motora. O estudo favoreceu a vivência de professores e alunos de uma experimentação interdisciplinar, outro efeito foi o da abertura do grupo para novas alternativas didáticas.

A compreensão de que as ferramentas para desenvolvimento de jogos trazem em si outros potenciais aparece no trabalho de Boron [12] que argumenta que a indústria de *games* oferece uma poderosa ferramenta de expressão, com a qual tanto arquitetos quanto designers de jogos podem experimentar seus projetos através de um ambiente virtual, imersivo e interativo em tempo-real. A pesquisa busca diluir as distinções entre as ferramentas que arquitetos e designers utilizam.

Um outro estudo a ser destacado é o dos professores do SENAC-SP [13] que tem trabalhado os fundamentos de *game design* através de modificações de jogos digitais comerciais, no caso o *Half-Life*, a utilização dessa estratégia de modificação em jogos conhecidos mostram o que são e como os principais conceitos em design de jogos podem ser aplicados, permitindo aos alunos desenvolver e aplicar conceitos a um custo baixo e com resultados rápidos e atraentes.

Ao reunir ambientes realísticos, interação e imersividade, os mundos virtuais dos jogos enfraquecem a distinção entre experiência física e virtual. Esses espaços de jogos ao serem apresentados perceptivamente em primeira pessoa recriam a experiência construtiva do ambiente. Além disso, ao aliar-se a interação em tempo real entre indivíduos através de um jogo baseado em internet, os ambientes de jogos mostram seu potencial numa função considerada chave e associada à arquitetura, que é a criação de lugares significativos para encenar e suportar trocas sociais. Segundo o autor dessa

pesquisa “quando esses lugares virtuais são reconectados ao real, através de vídeos digitais em tempo real, os ambientes virtuais podem funcionar como pontos de acesso, ou portais, de volta à realidade” [12]. O trabalho citado aponta para os objetivos da pesquisa desenvolvida pelos autores deste artigo, na qual os ambientes projetados para funcionar como jogos educacionais recriam situações problemas para o estudante de engenharia, potencializando a interação num ambiente de aprendizagem virtual.

III. MODIFICAÇÕES DE JOGOS DIGITAIS – UM NOVO CENÁRIO

As empresas de games, interessadas em ampliar o número de usuários de seus produtos, têm disponibilizado ferramentas para a construção de modificações para jogos (*Mod-Games*). Desta forma, juntamente com a *engine* disponibilizada, são reunidas outras ferramentas auxiliares que se destinam à criação de cenários ou personagens, com isso os próprios usuários ou outras empresas podem desenvolver modificações (*mods*) sobre o jogo original.

Como o *mod* é um *game* que se utiliza do núcleo tecnológico de outro jogo digital, diversas empresas oferecem gratuitamente, via Internet, o suporte, tutoriais e os arquivos necessários para a construção de *mods*. No caso do *Half-Life 2* (da empresa Valve), a empresa disponibiliza o *Source Engine* para a criação de *mods*, o qual inclui um kit (*Source SDK*) com: ferramenta de expressão facial – *Face Poser*, editor de mapas estilo WYSIWYG – *Valve Hammer Editor*, pré-visualizador completo de modelos – *Half-Life Model Viewer*, e outros recursos. A Valve distribui este kit através de sua ferramenta de autenticação e distribuição - *Steam*, bastando para isso o usuário dispor de um game original e registrar-se no ambiente (o *download* do kit é gratuito).

A facilidade em desenvolver modificações de jogos deve ser analisada em maior profundidade pela comunidade acadêmica no Brasil. As experiências atuais com *mod-games* ainda se concentram no ensino de computação ou design de jogos. Entretanto o potencial de desenvolvimento não se limita a esses cenários, em outros países a construção de cenários e laboratórios virtuais através de modificações de jogos está mais avançada. O potencial para atividades de simulação e treinamento são inúmeras, tendo despertado o interesse de educadores [14].

“A modificação de jogos desponta como uma solução atraente, já que a implementação trabalha normalmente com jogos que já fazem parte do repertório dos educandos, e que já são efetivamente jogados. Com isso o educador não necessita preocupar-se com a resistência comum aos jogos educativos, contando também com a experiência de utilização do jogo que pode ser conhecida.” [15]

Ao unir-se a possibilidade de simulação em cenários 3D com tecnologias familiares a geração atual de estudantes, é iniciada a convergência para uma nova tecnologia educacional, a dos jogos de simulação. Nesses jogos, o objetivo não é o de recriar sistemas de realidade virtual que

procurem reproduzir os ambientes físicos com o maior realismo possível, este é o papel dos simuladores profissionais. Para Tori [16]

“a rigor, para ser chamado de simulador, um determinado sistema deveria atender aos requisitos máximos de precisão quanto aos fenômenos que se tenha a intenção de levar ao virtual. Mas se considerarmos que os requisitos de simulação para jogos são diferentes, com menos exigência de precisão, podemos aceitar a categoria jogos de simulação”.

A preocupação presente nesse trabalho é explorar as modificações de jogos como uma alternativa de baixo custo para a criação de cenários educativos e laboratórios em realidade virtual. Utiliza-se assim dos jogos de simulação para uma representação funcional da realidade, ainda que de forma simplificada, mas que permite “uma mistura entre as características de um jogo – competição, cooperação, regras etc – com aquelas de um simulador, que é a incorporação de características críticas da realidade” [17].

A pesquisa em curso utilizará a ferramenta para criação de mapas - *Valve Hammer Editor*, que permite a criação de modificações do jogo *Half-Life 2*, na construção de um cenário urbano virtual, com diversas edificações, permitindo o estudo de patologias prediais. A Fig. 1 retrata algumas das telas do cenário piloto.

O uso de ambientes 3D para o estudo de patologias foi sugerido em outra pesquisa [18]. Entretanto o foco daquela pesquisa é na integração de textos e ambientes 3D interativos com propósitos educacionais, sem a utilização de *mods*. Já a pesquisa proposta busca inovar o ensino de patologias, através da oferta de uma ferramenta educacional que possa levar o aluno a desenvolver raciocínio diagnóstico e tomadas de decisões, com base em observação visual de casos reais simulados em ambiente 3D imersivo e desafios apresentados na linguagem de game usando motores gráficos de jogos comerciais.

É importante destacar que o game *Half-Life 2* não se enquadra na categoria de jogos de simulação, ele é classificado como jogo de tiro em primeira pessoa (*First Person Shooter - FPS*), um jogo de ação. Entretanto, pela facilidade e recursos disponibilizados no *source engine* para criação de MODs, ele será o objeto de estudo inicial. O uso da *game engine* do *Half-Life* com fins educacionais não é inédito. Esta ferramenta já foi utilizada para implementar um laboratório virtual de simulação de acidentes [19], no qual os pesquisadores exploraram uma variedade de diferentes plataformas de desenvolvimento, para determinar quais seriam mais práticas e efetivas para simulação educacional em primeira pessoa. O estudo também destacou que os MODs viabilizam produção de realidade virtual a baixo custo, embora não atingindo um mesmo nível de realismo e credibilidade. Entretanto, seu uso tem como vantagem o acesso de um grande número de usuários, e, com os recentes avanços dos PCs e das placas gráficas, tornou-se possível aos estudantes acessar estes ambientes nas suas próprias universidades ou em casa, via Internet.



Fig. 1. Telas capturadas do cenário piloto com patologias prediais

Um outro pesquisador tem se destacado no uso educacional de *mods*: Tim Holt [20], como pesquisador assistente da Oregon State University desenvolve com pesquisadores florestais um visualizador de ambientes florestais, o GNN Visualization (GNNVis); usando a *Valve Source Engine*, em outro projeto para a Texas A&M University Corpus Christi's desenvolve para o Office of Naval Research um ambiente para simulação e treinamento de atendimento de saúde de emergência, o projeto Pulse!, com a adoção não só do ambiente mas da própria linguagem de *games*. Ambos os projetos baseiam-se na modificação do jogo Half-Life 2 e contam com verbas federais norte-americanas para o seu desenvolvimento. Os dois estudos exploram a capacidade da ferramenta de permitir o desenvolvimento rápido de novos ambientes, incluindo apoio para ações disparadas pelos movimentos dos jogadores e interações com objetos que obedecem às leis da física. Também viabilizam a programação de características humanas para interagir com os humanos nos laboratórios de simulação. A *Source Engine* SDK também oferece um grande número de componentes úteis, incluindo objetos e mobília, como poltronas, cadeiras e computadores.

Outro recurso que não deve ser desconsiderado é a possibilidade de gravação das imagens do cenário virtual com câmeras de vídeo virtuais. Estas imagens poderiam servir para posterior análise pedagógica, pelo professor e alunos, do desenvolvimento das experiências no laboratório de realidade virtual. Aliando a possibilidade da *Source Engine* em criar MODs para até 32 usuários simultâneos, tem-se um recurso poderoso para proporcionar uma imersão de uma turma de alunos, como no cotidiano de sua vida escolar. Os experimentos podem ser executados de forma colaborativa, com os alunos discutindo entre si seus cálculos e previsões, observando o resultado de suas ações, e isso abre novas discussões sobre os impactos pedagógicos desses cenários virtuais.

Na pesquisa em desenvolvimento para o ensino de engenharia os primeiros cenários virtuais e laboratórios criados com *mods* demonstram que as texturas mapeadas para

superfícies das construções apresentam o realismo necessário. Foram mapeadas imagens reais de patologias existentes em construções civis que foram aplicadas às construções virtuais. O processo de identificar patologias no ensino de engenharia envolve etapas complexas. Durante uma vistoria, por exemplo, o técnico procura por indícios e sintomas da ocorrência de algum fenômeno que possa prejudicar o bom desempenho das pessoas, das máquinas e equipamentos ou dos componentes da edificação. As dificuldades nessa capacitação envolvem:

- Sazonalidade ou temporalidade das obras com patologias;
- Desenvolvimento de raciocínios sobre casos práticos;
- Segurança e dificuldades de visualização;
- Diversidade de tipos de patologias.
- O desenvolvimento de um cenário virtual através de uma modificação de jogos traz os seguintes benefícios iniciais:
 - Recria cenários de difícil acesso, temporários e perigosos;
 - Possibilita criar num espaço virtual localizado uma diversidade de situações-problemas;
 - Permite simular o processo de inspeção, vistoria, perícia e outros relacionados;
 - Otimiza a visita virtual aos locais, a qualquer hora, circunstância, a distância (EAD) e de forma segura, dispensando o acompanhamento do professor;
 - Permite a construção de situações problema contextualizadas.

A pesquisa irá explorar se é possível simular nos alunos, através da navegação no ambiente virtual de imersão, percepções e raciocínios equivalentes aos da percepção/análise visual e verificação *in loco* do cenário da patologia. Outra questão é testar se a interação com os personagens virtuais e a proposição de tarefas/desafios contribui para o engajamento dos estudantes na atividade pedagógica, ou seja, verificar se o roteiro, o argumento e a narrativa do jogo potencializam a ação pedagógica da tecnologia educacional adotada. As primeiras evidências apontam que os cenários 3D preservam os cases de construções reais e reúnem uma diversidade de patologias num cenário controlado e de fácil acesso, caracterizando, por isso, uma tecnologia educacional importante para o ensino de engenharia e, em especial, para o estudo de patologias de construções. Assim como, as ferramentas para criação de modificações de jogos digitais facilitam o ciclo de desenvolvimento dos ambientes educacionais 3D imersivos para o estudo das patologias de construção. Os resultados apresentados são iniciais e serão validados através de metodologia adequada.

IV. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O recurso de *Multiplayer* disponível nos MODs abre espaço para diversas experimentações pedagógicas. Reforçando a tese de criarem-se ambientes de realidade virtual a um custo baixo, tem-se na criação de *serious mods* uma possibilidade que não

deve ser dispensada. Se a simulação em primeira pessoa já traz em si mesma um grande atrativo para o estudante, que atua de forma ativa no ambiente, facilitando a construção de aprendizagens significativas; deve-se pensar então nas vantagens de permitir que os estudantes entrem nesse ambiente em grupos [21].

A aprendizagem cooperativa poderia ocorrer de forma espontânea com vários alunos realizando simultaneamente os experimentos [22]. Deve-se lembrar as vantagens do modo *multiplayer* nos MODs, a primeira consiste na possibilidade de criação de avatares 3D personalizados, ou seja, pode-se, após escanear previamente a imagem do rosto dos alunos, atribuir estas imagens ao rosto de personagens individualizados dentro do ambiente. Atualmente os jogadores gastam um bom tempo personalizando as *skins* (imagens) de seus personagens virtuais, para que sejam reconhecidos e tenham o seu status diferenciado no *game*. Pedagogicamente o recurso de criarmos uma identidade visual para a presença virtual no ambiente reforçaria o sentimento de imersão na realidade virtual [23]. Aliando-se a isto o recurso de comunicação por voz e escrita, dispõe-se de canais efetivos pra recriar a atmosfera coletiva e participativa com a maior riqueza possível.

O uso de motores (*engines*) de jogos comerciais pode ser questionado em função de ser uma *engine* proprietária, porém o escopo deste artigo é destacar exatamente a facilidade da comunidade educacional em se apropriar da tecnologia de criação de modificações de jogos e poder explorar os impactos de seu uso na educação. Vale a pena lembrar que a comunidade virtual existente produz e disponibiliza uma grande quantidade de informações, conteúdos e materiais para a criação de *mods*. A variedade de tutoriais e arquivos com exemplos e componentes é imensa, o que facilita a curva de aprendizado para os desenvolvedores informais, que são os educadores e alunos, assim como aceleram o ciclo de desenvolvimento pela utilização de componentes livremente disponibilizados.

Futuramente, como continuidade da pesquisa, será testado o envolvimento dos próprios alunos no processo de criação das modificações de jogos. Há evidências [24] do engajamento dos estudantes e de benefícios educacionais decorrentes dessa participação ativa no desenvolvimento de experiências imersivas. Os alunos podem envolver-se não só na pesquisa dos problemas de conteúdos a serem enfocados, como também na criação do *storyboard*, personagens, diálogos, geração de imagens e texturas de patologias reais, exploração e identificação de cases existentes a serem convertidos para o cenário digital. Assim, os estudantes assumiriam um papel de co-autores, superando o papel de simples atores para criar variantes dos jogos, o que ensejaria uma aprendizagem mais significativa uma vez que se pressupõe a autoria como umas características essenciais a uma aprendizagem autônoma e significativa.

A questão central nesse momento é testar limites e possibilidades dos argumentos para a área educacional, em especial o ensino de engenharia. Com certeza, após a

comprovação das vantagens do seu uso, as aplicações validadas poderão ser portadas para *engines* gratuitas e feito um esforço de programação para a implementação dos recursos necessários, disponíveis nas *engines* proprietárias e comerciais pelo seu avanço tecnológico e que ainda não existem nos motores gratuitos. Contudo, a decisão em portar para uma plataforma gratuita de desenvolvimento de jogos, licenciar com o fabricante ou disponibilizar como *mod* será tomada de forma consciente em função da relação custo-benefício. O mais importante é tornar possível a pesquisa educacional otimizando o desenvolvimento e aplicação de novas idéias, reduzindo as exigências de conhecimento de linguagens de programação por parte dos educadores interessados.

REFERÊNCIAS

- [1] DTI. British Department of Trade and Industry. *Computer games overview*. Disponível em: <<http://www.dti.gov.uk/sectors/games/index.html>>. Acesso em: 4 jun. 2006.
- [2] E. AZEVEDO, (Coord), *Desenvolvimento de jogos 3D e aplicações em realidade virtual*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- [3] A.S. PERUCIA, A.C. BERTHÊM, G.L. BERTSCHINGER, R.R.C. MENEZES, *Desenvolvimento de jogos eletrônicos – teoria e prática*. São Paulo: Novatec, 2005.
- [4] R. NAKAMURA, et al. “A practical study on the usage of a commercial game engine for the development of educational games”. In *Proceedings of theii workshop de jogos e entretenimento digital*. Salvador: SBC, 2003. (CD-ROM)
- [5] C. HECKER, “Physics in computer games”. In *Communications of the acm*. Vol 43, No 7, 2000, pp.34-37.
- [6] J. H. MURRAY, *Hamlet on the Holodeck: the future of narrative in Cyberspace*. New York: The Free Press, 1997.
- [7] J.P. GEE, “Learning by design: Games as learning machines”. In *Proceedings of game developers conference*. San Jose, CA: 2004.
- [8] O. HOSTETTER, *Video Games - The necessity of incorporating video games as part of constructivist learning*. Game Research. Copenhagen. Dez. 2002. Disponível em: <http://www.game-research.com/art_games_constructivist.asp>. Acesso em 3 jun. 2006.
- [9] M. J. MAYO, “Ender's game for science and engineering: games for real, for now, or we lose the brain war”. In *Serious games summit DC 2005 sessions*. Disponível em: http://www.seriousgamesummit.com/conference/Speaker%20Presentations/Merrilea_Mayo.ppt . Acesso em 4 ago. 2005.
- [10] F. C. L. SILVA, F. S. C. SILVA, Um ambiente virtual baseado em jogos para o aprendizado de inteligência artificial. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 4., 2005, São Paulo. Anais WJOGOS 2005. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2005, p.284-289.
- [11] P.C.A. ILHA, D.M. CRUZ, “Reality simulation in education: the SimCity in brazilian high school”. In *Workshop brasileiro de jogos e entretenimento digital*, 4., 2005, São Paulo. Anais WJOGOS 2005. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2005, p.295-299.
- [12] D. BORON, *Infinite regress: the blurring of an architectural game-space*. Carleton University. Dissertação de Mestrado. Disponível em: http://gamasutra.com/features/20060411/boron_01.shtml . Acesso em: 1 jun. 2006.
- [13] R. TAVARES, F. NEVES, “Tutorial – Introdução ao Game Design através da modificação de Half-Life”. In *Workshop brasileiro de artes e design em jogos de computador e entretenimento digital*, 2., 2005, São Paulo. Anais SBGAMES 2005 – Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. 2005. (CD- ROM).
- [14] C. ALDRICH, *Simulations and the future of learning: an innovative (and perhaps revolutionary) approach to e-Learning*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2004.
- [15] F. NEVES, “Mod-games in training and education”. In *Workshop brasileiro de artes e design em jogos de computador e*

- entretenimento digital*, 2., 2005, São Paulo. Anais SBGAMES 2005 – Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. 2005. (CD-ROM).
- [16] TORI, R. "Game e treinamento profissional". In *simpósio game_cultura*. São Paulo: SESC. Disponível em: http://www.sescsp.org.br/sesc/hotsites/game_cultura/texto_romerotori.doc. Acesso em: 1 ago. 2005.
- [17] J.R. GALVÃO, P.G. MARTINS, M.R. GOMES, "Modeling reality with simulation games for a cooperative learning". In *Proceedings of the 2000 winter simulation conference*. San Diego: Society for Modeling and Simulation International, 2000, pp.1692-1698.
- [18] M. S. HOUNSELL, I. GASPARINI, R.E. SILVA, R. SUZUKI, "Integrando textos e ambientes 3D interativos com propósitos educacionais". In *Workshop brasileiro de jogos e entretenimento digital*, 4., 2005, São Paulo. Anais WJOGOS 2005. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2005, p.318-323.
- [19] J.T. BELL, H.S. FOGLER, "Implementing virtual reality laboratory accidents using the Half-Life game engine, WorldUp, and Java3D". In *Proceedings of the 2003 american society for engineering education annual conference & exposition*. American Society for Engineering Education, 2003.
- [20] T. HOLT, "Creating a serious mod: development of the GNNVIS virtual forest and Pulse! project visualization mods". In *Serious games summit DC 2005 sessions*. Disponível em: <http://www.cmpevents.com/GDsg05/a.asp?option=C&V=11&SessID=949>. Acesso em 4 ago. 2005.
- [21] C. ALDRICH, *Learning by doing: the essential guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and others educational experiences*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2005.
- [22] J.P. GEE, *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave Macmillan, 2003.
- [23] N. LAZZARO, *Why we play games: Four keys to more emotion in player experiences*. Disponível em: http://www.xeodesign.com/xeodesign_whyweplaygames.pdf Oakland, CA: XEODesign. Acesso em: 1 ago. 2005.
- [24] J.T. BELL, "The VRUPL Lab – Serving education on two fronts". In *SIGCSE annual conference*. Norfolk, VA: 2004.



Luis Otoni M. Ribeiro é Doutorando em Informática na Educação - UFRGS, Mestre em Tecnologia, Especialista em Educação Continuada e a Distância, Especialista em Controle de Processos. Profissional que atua na Educação Profissional de nível técnico e tecnológico desde 1988 no Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas. Implantou e coordenou o Programa Especial de Formação Pedagógica de Docentes para a Educação Profissional no CEFET-RS. Dirigiu a Coordenação de Meios e Suportes do CEFET-RS, responsável pela informatização da parte acadêmica do Centro. Participou da implantação do Núcleo de Educação a Distância do CEFET-RS, tendo atuado em diversas ações de capacitação de docentes pra EAD junto a UNIREDE, ADIFERS, MEC/SETEC. Desenvolve projetos de capacitação em tecnologia educacional, multimídia e educação a distância para instituições de educação profissional e tecnológica. Áreas de interesse atual: educação profissional e tecnológica; tecnologia educacional, multimídia educacional e games educacionais para estas áreas; educação a distância.



Maria Isabel Timm - Possui graduação em Comunicação Social pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1982) e doutorado em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005). É jornalista do quadro técnico-administrativo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (UFRGS). Atualmente coordena o setor de pesquisa e desenvolvimento em Tecnologia Educacional e Ensino à Distância do Centro de Supercomputação (CESUP) da UFRGS. Co-orientadora de teses de mestrado (PPG

Ciências do Movimento) e doutorado (PPG Informática na Educação), da UFRGS. Tem experiência profissional em todas as funções de jornalismo gráfico e áudio-visual nas áreas de cultura, política, política internacional e economia, tendo sido professora da UFRGS, durante 11 anos, em disciplinas técnicas e teóricas de jornalismo, incluindo jornalismo especializado, cultura e filosofia da comunicação. Desenvolve projeto de capacitação em multimídia e educação a distância de agentes de educação para o trânsito, junto à Empresa Pública de Transporte e Circulação do Município de Porto Alegre (Brasil). Áreas de interesse atual: educação científica e tecnológica; ensino de engenharia; tecnologia educacional, multimídia educacional e games educacionais para estas áreas; neurociência aplicada à pesquisa e produção de tecnologia educacional; ensino a distância; jornalismo científico; cultura científica; cultura tecnológica; jornalismo especializado.



Milton Antonio Zaro - Possui graduação em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1973), mestrado em Eng. Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977), doutorado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1992) e pós-doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina (1993). Atualmente é professor/pesquisador (aposentado) convidado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no PGIE - PPG em Informática na Educação e coordenador do laboratório de pesquisa em Biomecânica do IBTeC - Instituto Brasileiro do Couro Calçado e Artefatos, N.Hamburgo- RS, atuando principalmente nos seguintes temas: biomecânica, bioengenharia, ensino tecnológico, ensino de engenharia, tecnologia educacional, aquisição e processamento matemático de dados e instrumentação, neurociência aplicada à pesquisa e produção de tecnologia educacional.

Capítulo 13

Material Didáctico Basado en *Virtual Test Bed* para Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables

Domingo Biel, *Member, IEEE* y Rafael Ramos, *Member, IEEE*

Title— Educational material based on Virtual Test Bed for teaching Power Electronics in Renewable Energy Systems.

Abstract— This work is devoted to present some educational material developed by teachers of Catalanian Technical University in renewable energy systems field and their nowadays technical application. The lesson plans and laboratory program of a Power Electronics in Renewable Energy Systems course, which is offered in the Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltrú. The course laboratory experiences are based on freeware Virtual Test Bed.

Keywords— Solar energy, photovoltaic cells, solar power generation, computer aided software engineering

Resumen— En este trabajo se presenta la experiencia didáctica desarrollada por profesores de la Universidad Politécnica de Cataluña con relación a las energías renovables y su actual aplicación tecnológica. En este sentido se indica el programa de teoría y prácticas de la asignatura “Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables” que se oferta actualmente como asignatura optativa en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltrú. Las prácticas de la asignatura se basan en el uso del programa de libre acceso Virtual Test Bed.

Palabras clave— Energía solar, células fotovoltaicas, generación de energía solar, programas de ayuda a la ingeniería

I. INTRODUCCIÓN

EN las últimas décadas existe una creciente preocupación mundial respecto a los temas relacionados con la generación, almacenamiento, transporte y consumo de la energía. A grandes rasgos puede afirmarse que esta inquietud se debe fundamentalmente a dos aspectos diferentes. El

primero está asociado con la paulatina disminución de las reservas existentes de combustibles fósiles frente a una demanda creciente de energía, mientras que la segunda está relacionada con los efectos contaminantes sobre el medio ambiente del tratamiento de dichas fuentes primarias. Como principal alternativa al tratamiento de fuentes primarias constituidas por combustibles fósiles surgen con fuerza las energías renovables, sostenibles y ecológicas. Las ventajas de las energías renovables son sobradamente conocidas y entre estas pueden resaltarse:

- Su capacidad de preservación de las fuentes primarias al ser sostenibles.
- La seguridad del suministro energético debido a la diversidad de fuentes de energía renovable.
- Su poco o nulo impacto ambiental, contribuyendo de este modo a la protección del medio ambiente.
- Una clara tendencia a la baja en costos de los equipos procesadores de energías renovables.
- El uso de una tecnología de tipo modular y distribuida que permite ampliar y desarrollar la infraestructura de forma gradual y conforme a los requerimientos del consumo.

A tenor de esto y con el objetivo de cubrir las necesidades docentes en esta materia y, al mismo tiempo, completar el currículum del estudiante se ha propuesto e impartido la asignatura “Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables (SEPE)”, que se oferta actualmente en la Universidad Politécnica de Cataluña, como asignatura optativa en las titulaciones de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad Sistemas Electrónicos e Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial.

En el apartado II se resumen los objetivos principales de la asignatura y se presenta el programa de teoría, mientras que en el apartado III se presenta el desarrollo de las prácticas basadas en el software de simulación Virtual Test Bed (VTB). Finalmente, en el último apartado, se resumen las conclusiones del presente trabajo.

Este trabajo fue presentado originalmente en el CONGRESO SAAEI 2006. D. Biel is with the UPC- EPSEVG, Vilanova i la Geltrú 08800, Spain (e-mail: biel@eel.upc.edu).

R. Ramos is with the UPC-EPSEVG, Vilanova i la Geltrú 08800, Spain (corresponding author: 34-938967779; fax: 34-938967700; e-mail: lara@eel.upc.edu).

II. PROGRAMA DE TEORÍA

La asignatura pretende introducir al estudiante en el procesado de energías alternativas para su almacenaje o distribución en la red eléctrica. Dentro de este amplio concepto la materia se centra en la descripción, análisis y diseño de los sistemas conversores de potencia, sin perder de vista los aspectos económicos y medioambientales. Dentro de esta descripción genérica pueden detallarse los siguientes puntos:

- Se presentan, en el primer tema, diversos sistemas de energía renovable como son los eólicos, fotovoltaicos, hidráulicos o biomasa, aunque la asignatura se centra, posteriormente, en la conversión fotovoltaica-eléctrica (tema 2) y la eólica-eléctrica (tema 3).
- Se describen los principios de funcionamiento, así como los componentes, de los sistemas de conversión. Se presentan las problemáticas asociadas a cada uno de dichos sistemas y se muestran las herramientas para su análisis.
- Se detallan los convertidores y máquinas de potencia requeridos para la realización de la conversión de energía.
- Se diseñan los controladores que garanticen un correcto funcionamiento en el almacenaje o la entrega de la energía a la red eléctrica.
- Se realizan ejemplos y ejercicios de dimensionado y presupuestado de los sistemas de conversión energética a nivel instalador.

Para alcanzar estos objetivos la asignatura se organiza en los siguientes temas:

Tema 1. Introducción a los Sistemas de energía renovable.

Tema 2. Sistemas electrónicos de potencia aplicados a la energía fotovoltaica.

Tema 3. Sistemas electrónicos de potencia aplicados a la energía eólica.

Tema 4. Almacenamiento y distribución de energía eléctrica.

III. PROGRAMA DE PRÁCTICAS

A. Entorno de Simulación

Las prácticas de la asignatura SEPE están basadas en simulaciones realizadas con el programa Virtual Test Bed (VTB), <http://vtb.engr.sc.edu/>. Este programa de libre acceso es un entorno de simulación desarrollado por la Universidad de Carolina del Sur que permite comprobar las prestaciones de funcionamiento de un sistema dinámico de gran escala que incorpore elementos de diferentes disciplinas: electromecánicos (máquinas, motores, etc.), electrónicos (convertidores de potencia entre otros), eléctricos, químicos, térmicos, etc., todos ellos orientados a aplicaciones de potencia [1]. Estas características hacen a VTB una herramienta adecuada para evaluar prototipos de sistemas de potencia de gran escala como paso previo a su implementación práctica. El software VTB incluye tres componentes básicos:

1) *Schematic Editor*: Esta aplicación realiza la función de interface de usuario y permite construir el modelo del sistema

que se pretende simular. Los componentes individuales necesarios para diseñar el sistema están ubicados en la librería de componentes. Para crear el sistema basta seleccionar los componentes adecuados, ensamblarlos entre si en la plantilla de dibujo y ajustar el valor de los parámetros. El Schematic Editor también permite realizar la simulación de funcionamiento del sistema diseñado.

2) *Visualization Extensión Engine (VXE)*: esta herramienta permite visualizar de forma gráfica los datos obtenidos mediante simulación, haciendo más fácil la interpretación de los mismos.

3) *Vector Icon Editor (VIE)*: esta aplicación permite crear iconos para utilizarlos junto con los modelos en el Schematic Editor.

A continuación se describen los pasos a seguir para crear, ejecutar y simular un sistema con el programa VTB. Se utilizará, a modo de ejemplo, un sencillo panel solar de cual se pretende medir los parámetros característicos de tensión en circuito abierto, corriente de cortocircuito y punto de máxima potencia.

En primer lugar se construye el modelo del sistema a simular utilizando la herramienta Schematic Editor a partir de los modelos que podemos encontrar en la librería de componentes ajustando adecuadamente el valor de los parámetros del modelo. En la figura 1 se muestra el esquema definitivo del sistema a simular formado por un panel solar, una fuente de temperatura, un condensador y una fuente de irradiancia solar. El circuito diseñado permitirá medir las características estáticas de la célula solar a temperatura constante, como es la tensión a circuito abierto V_{oc} , la corriente de cortocircuito I_{sc} , y el punto de máxima potencia para las condiciones de irradiancia fijadas. En efecto, inicialmente el condensador de carga de la célula solar está descargado por lo que equivale a un cortocircuito. La corriente que circula en $t=0$ es la corriente de cortocircuito de la célula. A medida que transcurre el tiempo el condensador se va cargando con lo que la tensión aumenta y la corriente disminuye. El proceso de carga finaliza cuando el condensador adquiere la tensión de circuito abierto de la célula. El siguiente paso previo a la simulación es ajustar, si es necesario, los parámetros de los modelos que se utilizan en el sistema diseñado. Para este ejemplo se ajusta a una el número

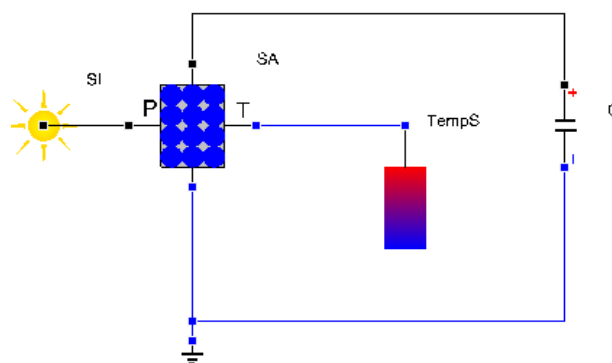


Fig. 1. Esquemático del modelo del panel solar

de células en serie y en paralelo que contiene el panel solar. Asimismo, se fija la hora del día (12:30h) a la que se realiza la prueba determinando con ello la posición del sol en el cielo y, por tanto, la cantidad de irradiancia que incide en el panel. Finalmente se ajusta la temperatura del panel a 300 Kelvins.

Una vez ajustados los parámetros de los componentes se debe seleccionar los resultados de la simulación se van a visualizar. Cada componente del circuito tiene asociado una serie de variables que se pueden visualizar si están seleccionadas, de las cuales se escogen las más representativas para la prueba a realizar, en este caso, la corriente y tensión en el condensador.

El siguiente paso es realizar la simulación ajustando previamente los valores de los parámetros correspondientes al paso de simulación y el tiempo de simulación.

Finalmente, se realiza la visualización de los resultados con el programa VXE. Si, por ejemplo, se selecciona la corriente y tensión del condensador se obtiene el resultado mostrado en la figura 2. Sobre estas gráficas es posible determinar el valor de la tensión de circuito abierto V_{oc} , así como la corriente de cortocircuito I_{sc} .

Las herramientas disponibles en el programa VXE permiten representar figuras interesantes como la potencia de salida en función de la tensión de salida. La potencia de salida de la célula solar viene dada por el producto de la tensión de salida

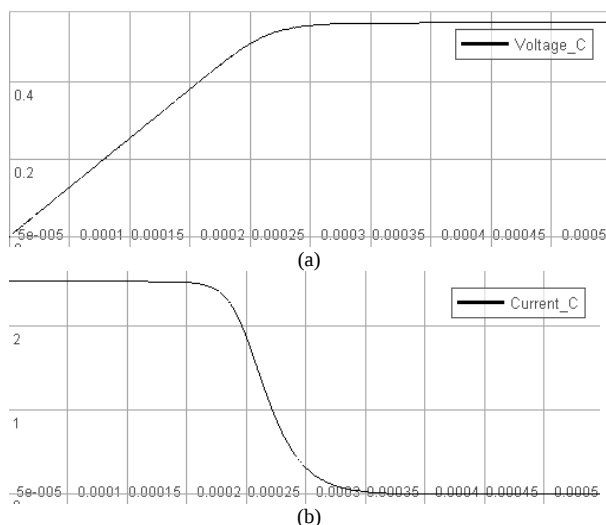


Fig. 2. Resultado de la simulación del circuito de la figura 1. (a) Tensión y (b) corriente en el condensador

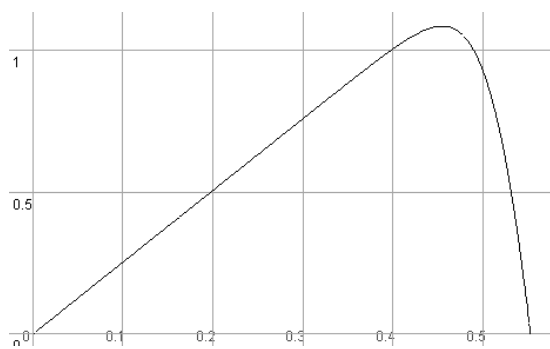


Fig. 3. Potencia de salida de la célula solar en función de la tensión de salida

por la corriente de salida: $P_{out} = I_{out} \cdot V_{out}$. En la figura 3 se muestra el resultado de simulación de la potencia de salida de la célula solar en función de la tensión de salida.

B. Programa de prácticas

El programa de prácticas desarrollado para la asignatura “Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables” comprende una serie de ejercicios relacionados con los sistemas electrónicos de potencia aplicados a la energía fotovoltaica y enfocados a cubrir los siguientes objetivos:

- Introducción al funcionamiento del programa de simulación de sistemas dinámicos Virtual Test Bed (VTB).
- Determinación de los parámetros de una célula y un panel solar.
- Estudio del punto de trabajo de una agrupación de paneles solares.
- Conocer los elementos de un sistema fotovoltaico y su comportamiento en lazo abierto.
- Conocer y probar dos algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT): Perturbación y Observación, y Conductancia Incremental.
- Conocer los elementos de un sistema fotovoltaico para conexión a red.
- Conocer y probar una estrategia de control para la transferencia eficiente de energía a la red eléctrica.
- Conocer aplicaciones prácticas de los sistemas fotovoltaicos de potencia.
- Conocer y probar una estrategia de control para la carga de sistemas de almacenamiento de energía.

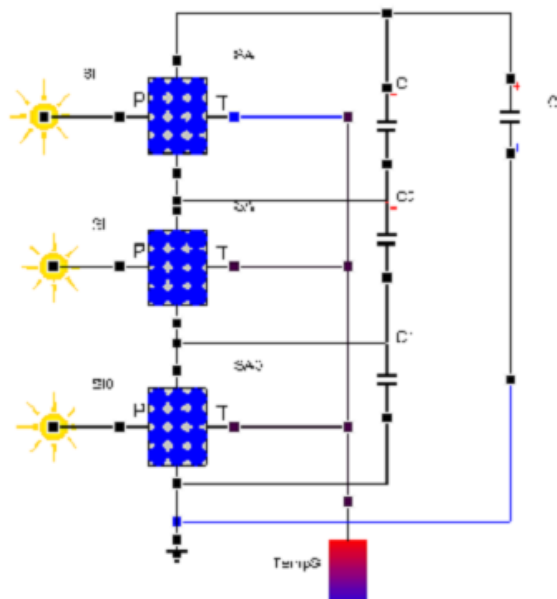
Para cumplir estos objetivos docentes se ha desarrollado cuatro experiencias prácticas [2] a desarrollar por el estudiante y que constituyen la base del programa de prácticas de esta asignatura:

1) PRACTICA 1: Introducción al manejo del programa de simulación Virtual Test Bed (VTB).

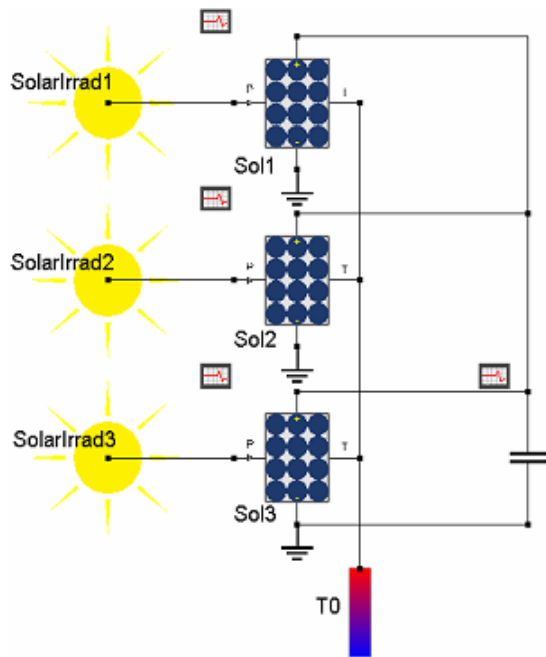
En esta práctica se introduce al estudiante en el entorno de simulación y se realizan experiencias de caracterización de unacelda fotovoltaica (curva de potencia) para diferentes irradiancias y temperaturas. A su vez se introducen la conexión serie y paralelo de celdas fotovoltaicas (figura 4) y se detallan los problemas existentes en cuanto a la variación de la distribución de potencia al variar la irradiancia entre las celdas (efectos de sombreado) y la necesidad de la utilización de algoritmos del seguimiento de punto de máxima potencia.

2) PRACTICA 2: Control de sistemas de potencia fotovoltaicos autónomos.

En esta práctica se simula la conexión de paneles fotovoltaicos a cargas aisladas y a baterías. Para ello se presenta inicialmente el comportamiento en lazo abierto de un sistema formado por el generador fotovoltaico y un convertidor reductor Buck DC-DC cargado con una batería y una carga, tal y como se muestra en la figura 5.



(a)



(b)

Fig. 4. Agrupación de paneles en (a) serie y (b) paralelo

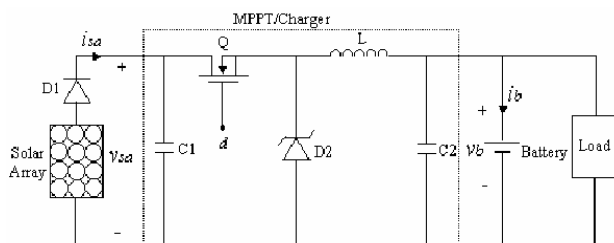


Fig. 5. Esquema de un sistema de potencia fotovoltaico aislado

Posteriormente, el estudiante ha de diseñar y simular dos algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia: el algoritmo MPPT de Perturbación y Observación (figura 6) y el algoritmo de Conductancia Incremental [3]. Finalmente, el estudiante debe proponer y programar en el entorno de simulación su propio algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia.

3) PRACTICA 3: Control de sistemas fotovoltaicos conectados a red.

En esta práctica se presentan y analizan los problemas de control propios de la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica. Para poder realizar la conexión del generador fotovoltaico a la red eléctrica se propone un sistema de procesamiento de potencia compuesto por un convertidor elevador Boost en serie con un inversor reductor Buck (figura 7). El convertidor Boost realiza una doble función: eleva la tensión de salida del array fotovoltaico para obtener de esta manera un nivel de tensión suficientemente alto para poder realizar la conexión a la red eléctrica y realiza el seguimiento del punto de máxima potencia del array fotovoltaico.

Por otra parte, el convertidor Buck se utiliza como convertidor DC-AC o inversor y se encarga de inyectar corriente en la red eléctrica en fase con la tensión de red. La amplitud de la corriente inyectada dependerá de la potencia que se extrae del panel. Para poder llevar a cabo esta aplicación, en primer lugar se desarrolla el modelo de ecuaciones de estado de los inversores y se diseñan los lazos de tensión y corriente. Los estudiantes, por su parte, diseñan sus propios controladores para implementar los lazos de realimentación planteados y realizan simulaciones para validarlos (figura 8). Para completar el diseño, los estudiantes deben incorporar un conmutador colocado entre la salida del convertidor Boost y la entrada del inversor reductor. La función de este conmutador es la de mantener al inversor reductor desconectado de la salida del convertidor Boost mientras la tensión de dicha salida sea menor a 450V, asegurando de esta manera el correcto funcionamiento del conjunto.

4) PRACTICA 4: Aplicación de sistemas fotovoltaicos conectados a red.

En esta última práctica el estudiante debe realizar sus propios controladores en aplicaciones de cargadores de batería (en modos de funcionamiento de corriente y/o tensión) y sistemas conjuntos formados por cargas aisladas y conexión a red eléctrica. El estudiante deberá diseñar y simular un sistema de carga de batería que incorpora un convertidor Buck cuya función es la carga de la batería a tensión constante o corriente constante dependiendo del nivel de tensión de la batería (figura 9).

La aplicación desarrollada se conecta al generador fotovoltaico diseñado en la práctica 3 y se comprueba el correcto funcionamiento del conjunto (figura 10).

Como complemento a las prácticas que el estudiante realiza de forma obligatoria se proponen extensiones de aplicación del entorno de simulación Virtual Test Bed (VTB) a otros campos de gestión energética, como el eólico, en forma de trabajos optativos.

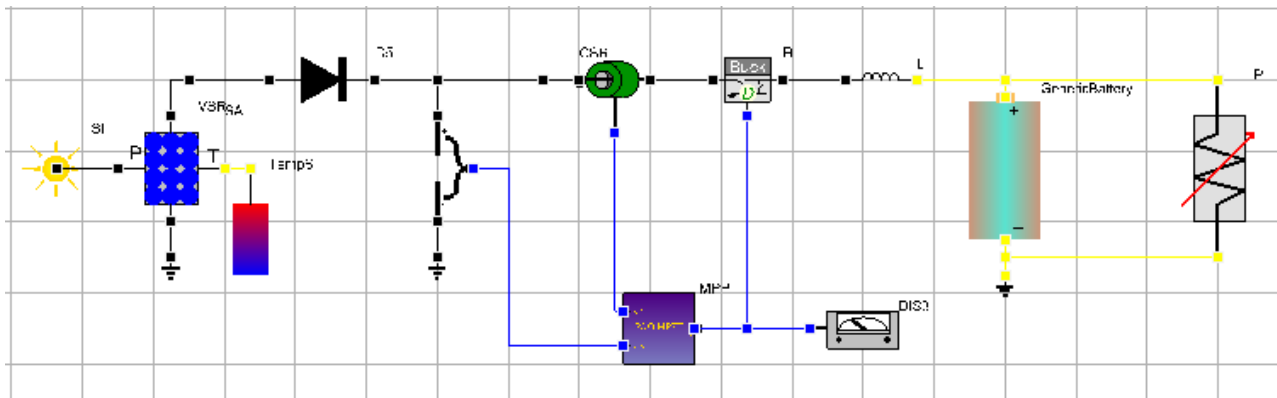


Fig. 6. Sistema fotovoltaico en lazo cerrado con algoritmo de Perturbación y Observación (P&O)

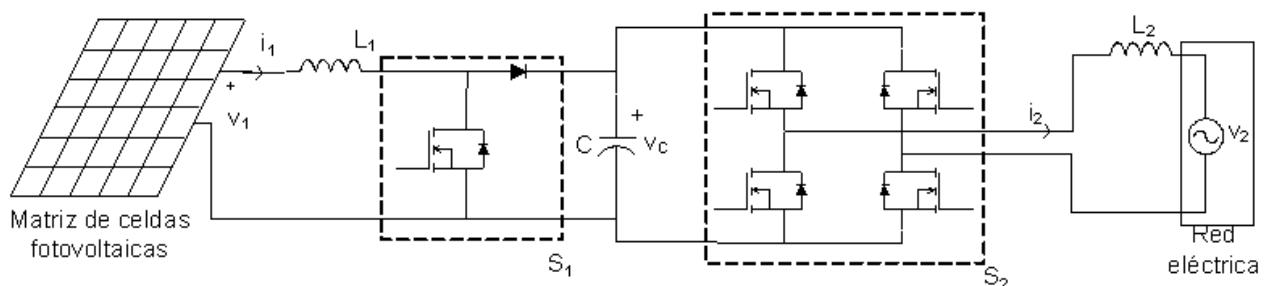


Fig. 7. Esquema eléctrico del sistema de procesamiento de potencia para conexión a red

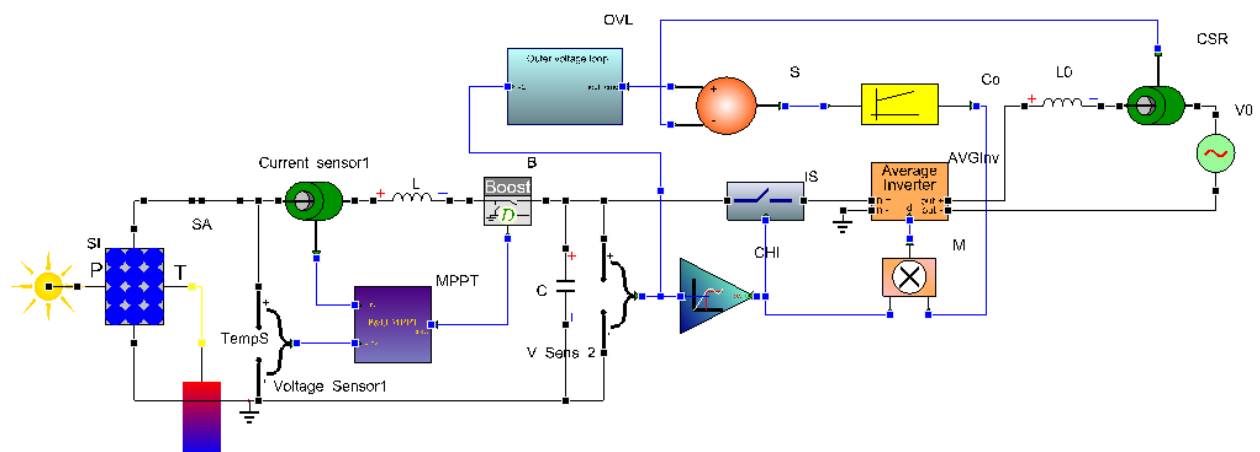


Fig. 8. Modelo VTB de la conexión a red de un sistema fotovoltaico con algoritmo de punto de seguimiento de máxima potencia

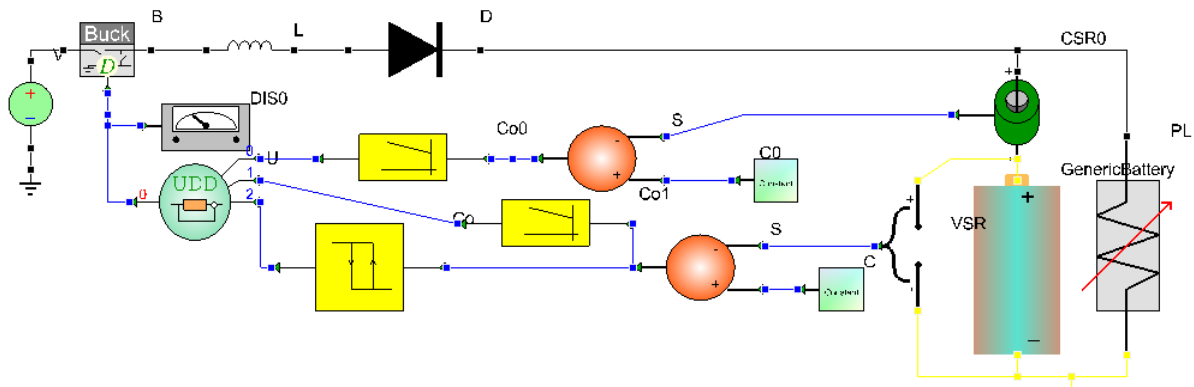


Fig. 9. Modelo VTB del sistema cargador de baterías a tensión/corriente constante

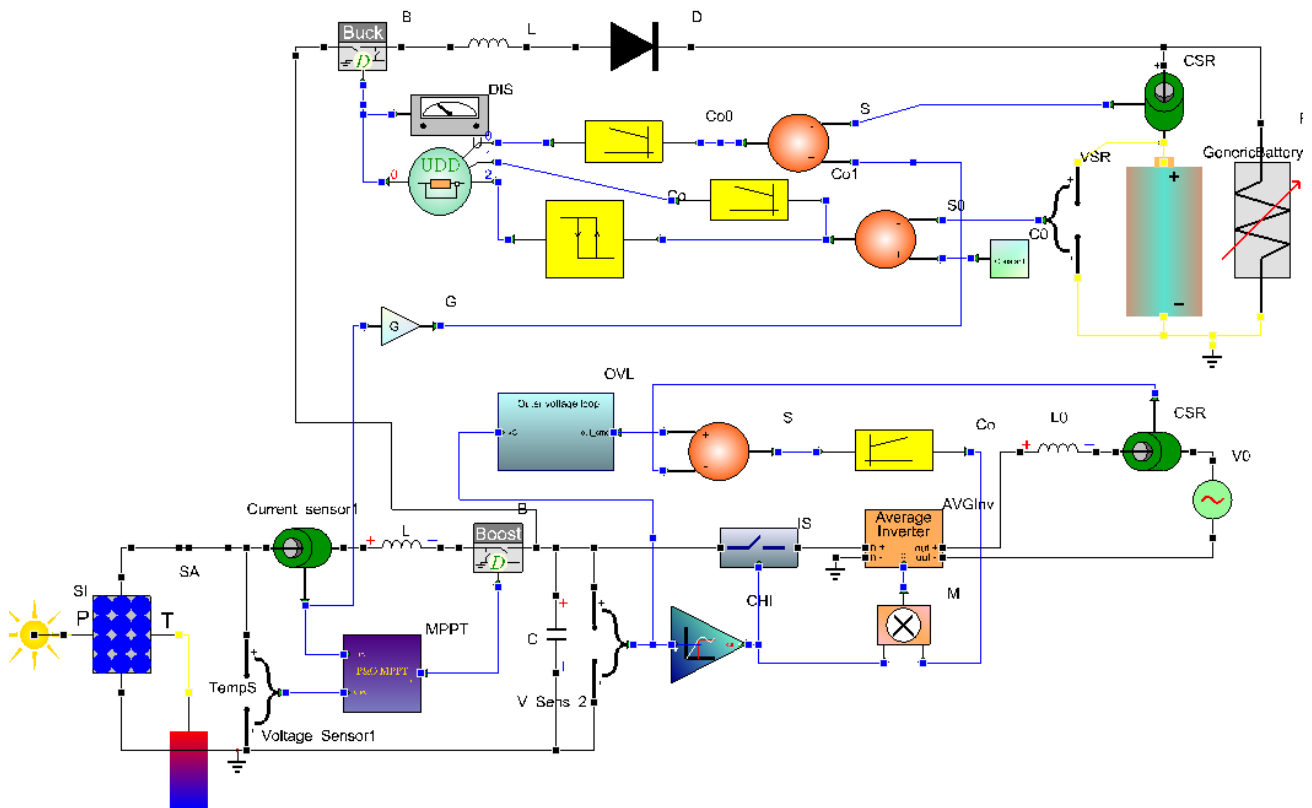


Fig. 10. Modelo VTB del generador fotovoltaico con cargador de batería

IV. CONCLUSIONES

En esta comunicación se ha presentado el programa de teoría y de prácticas de la asignatura Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables

El desarrollo de las prácticas está basado en el entorno de simulación Virtual Test Bed (VTB). Dicha plataforma de simulación de libre acceso fue desarrollada en la Universidad de Carolina del Sur para crear prototipos de sistemas dinámicos de gran escala e interdisciplinarios [1]. La sencillez de utilización, la cantidad de elementos y sistemas prediseñados y la facilidad de los ajustes de parámetros de

dichos elementos y del entorno permiten la realización de simulaciones demostrativas de forma rápida y ágil.

Las diferentes prácticas propuestas permiten comprobar mediante simulación el comportamiento de diferentes estructuras de paneles solares como son las agrupaciones serie y paralelo y la influencia sobre estas estructuras de las variaciones de temperatura e irradiancia.

El modelo de células fotovoltaicas, construido con base en ecuaciones de diferentes disciplinas (fotovoltaica, electro-térmica, calentamiento directo, proceso de enfriamiento), permite obtener resultados cercanos a datos reales [4].

El estudiante tiene la oportunidad de realizar el análisis, diseño y simulación de sistemas que permiten obtener potencia de salida DC, convenientemente regulada para realizar la carga de una batería y/o alimentar una carga DC y extraer al mismo tiempo la máxima potencia disponible en cualquier condición de temperatura y carga, así como experimentar con sistemas fotovoltaicos que entregan energía directamente a la red que despiertan un especial interés debido a la reducción de costos que se obtiene de la supresión del subsistema de almacenamiento de energía propios de sistemas autónomos [5].

El material presentado permite cubrir las necesidades docentes en materia de energías renovables, con especial incidencia en la energía fotovoltaica, y al mismo tiempo completar el currículum del estudiante en un campo del conocimiento tecnológico de gran proyección de futuro.

REFERENCIAS

- [1] T. Lovett, A. Monti, E. Santi, R. Dougal, "A multilanguage environment for interactive simulation and development of controls for power electronics", Power Electronics Specialists Conference (PESC2001), Vol. 3, pp. 1725-1729, 2001.
- [2] Rafael Ramos, Domingo Biel, "Manual de Prácticas de Sistemas Electrónicos de Potencia para Energías Renovables" EPS de Vilanova i la Geltrú (UPC), Febrero 2006.
- [3] Chihchiang Hua and Chihming Shen, "Study of Maximum Power Tracking Techniques and Control of DC/DC Converters for Photovoltaic Power System," Power Electronics Specialists Conference, (PESC98) vol. 1, pp. 86-93, May 1998.
- [4] S.Liu and R.A. Dougal, "Dynamic Multi-physics Model for Solar Array", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 17, No. 2, pp. 285-294, June 2002.
- [5] Carlos Meza, Domingo Biel, Juan Martínez y Francesc Guinjoan, "Control de un inversor Boost-Buck para sistemas fotovoltaicos conectados a red," Seminario Anual de Automática y Electrónica Industrial (SAAEI), Septiembre 2005.



Domingo Biel (S'97-M'99) recibe el título de Ingeniero Técnico, Ingeniero Superior y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Cataluña, en 1990, 1994 y 1999, respectivamente.

Su tesis está basada en la aplicación del control en modo deslizante a la generación de señal en convertidores conmutados DC-DC. Desde 1994 es profesor titular del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña, donde imparte docencia en temas relacionados con la electrónica de potencia, las energías renovables y la teoría de control. Su ámbito de investigación está relacionado con el control no lineal, el control en modo deslizante, las energías renovables y la electrónica de potencia.



Rafael Ramos (S'97-M'06) recibe el título de Ingeniero Técnico, Ingeniero Superior y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Cataluña, en 1990, 1996 y 2006, respectivamente.

Desde 1990, ejerce de profesor del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña, donde imparte docencia en temas relacionados con microcontroladores, dispositivos programables y energías renovables. Su ámbito de investigación está relacionado con el control en modo deslizante, control no lineal, procesamiento de señal e implementación digital de procesamiento y control en tiempo real.

Capítulo 14

Uso de un sistema embebido como servidor Web para proyecto de estudiantes de Ingeniería en Telemática

Víctor Sánchez Huerta, Javier Vázquez Castillo y Alejandro A. Castillo Atoche

Title— An Embedded Web Server Project for Telematics Engineering Students.

Abstract— Nowadays, the telecommunication and informatics engineering students are enrolled on topics related with instrumentation, electronics, digital systems architecture, programming, telecommunications, etc. It is a common practice to assign projects at the end of each course, independently. However, they hardly integrate all the knowledge to solve a real life problem. This paper presents a project for the final courses of an undergraduate program. Its purpose is to apply all the knowledge and abilities developed through the program. This will improve professional profile and design experience of the students.

Keywords— Education, embedded system, instrumentation, microcontroller, signal acquisition, telematics, Web server.

Resumen— Actualmente los estudiantes de ingeniería en telemática dentro de sus programas de estudio cursan asignaturas relacionadas con las áreas de instrumentación, electrónica, arquitectura de sistemas digitales, programación, telecomunicaciones, etc. Sin embargo, los estudiantes difícilmente logran integrar todos estos conocimientos para converger en la solución de un problema real, debido a que por lo general se hacen proyectos individuales al final de cada asignatura cursada. En este artículo se presenta un proyecto de fin de carrera que tiene como finalidad integrar los conocimientos adquiridos por el estudiante para mejorar sus habilidades profesionales e incrementar su seguridad en el diseño de proyectos.

Este trabajo fue presentado originalmente en el Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación 2006 (SAAEI 06).

V. Sánchez actualmente es profesor-investigador de la Universidad Quintana Roo, en Chetumal, Q. Roo, México. Tel: (+52) 9838350392, (e-mail: vsanchez@uqroo.mx).

J. Vázquez actualmente es profesor-investigador de la Universidad Quintana Roo, en Chetumal, Q. Roo, México. Tel: (+52) 9838350360, (e-mail: jvazquez@uqroo.mx).

A. Castillo es profesor de la Universidad Autónoma de Yucatán, México y actualmente cursa estudios de doctorado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, en Guadalajara, Jalisco, México. (e-mail: acastill@uady.mx).

Palabras clave— Adquisición de señales, educación, instrumentación, microcontrolador, servidor Web, sistema embebido, telemática.

I. INTRODUCCIÓN

UN sistema embebido se define como un sistema de cómputo de propósito especial, el cual está completamente encapsulado por el dispositivo que controla. Los sistemas embebidos tienen requerimientos específicos y desempeñan tareas predefinidas, a diferencia de una computadora personal de propósito general[1].

En los últimos años, el desarrollo de los sistemas embebidos ha permitido una mejora en el procesamiento y almacenamiento de información, lo que ha permitido una mayor facilidad en el diseño y aplicación de estos sistemas en tareas de adquisición de datos y automatización de procesos. Además, hoy en día existen en el mercado sistemas embebidos que además incluyen protocolos de comunicación, implantados tanto en software como en hardware, que permiten la transmisión de la información procesada por estos sistemas a través de protocolos de comunicación seriales de amplio uso como: RS-232, RS-485, TCP/IP, RF. Con base en estas mejoras de los sistemas embebidos, el ingeniero de diseño electrónico se enfoca principalmente en el desarrollo de la solución y en la selección adecuada de los componentes que la rodean, como son los elementos de medición (transductores), los elementos finales de control que se requieran en el proyecto y del protocolo de comunicación adecuado.

Tomando en cuenta las mejoras de los sistemas embebidos, en la carrera de ingeniería en telemática de la Universidad de Quintana Roo, México; se planteó que los alumnos desarrollarán un proyecto de fin de carrera en el que aplicarán los conocimientos adquiridos teóricamente aplicándolos al desarrollo de un proyecto práctico [2],[3]. El proyecto planteado para su desarrollo consistió de un sistema de adquisición de datos que registre los valores de variables ambientales (irradiancia solar, temperatura, humedad) y que

esta información se transmitiera vía Internet para contar con una base de datos de las mismas. El criterio para la selección de este proyecto se basó en desarrollar una herramienta auxiliar para la carrera de Ingeniería en Sistemas de Energía, de esta misma universidad, en donde se realizan estudios de generación de energía a partir de energía solar y en donde es importante llevar el registro de estas variables; así como para la caracterización de nuevos materiales de construcción.

Con base en el proyecto propuesto se seleccionó a una tarjeta de desarrollo para sistemas embebidos del fabricante Rabbit Semiconductor. Esta tarjeta se basa en un microcontrolador Rabbit 3000 y cuenta con memoria flash, RAM estática, convertidor A/D de 8 canales, reloj en tiempo real, puertos de entrada/salida digitales. La tarjeta de desarrollo esta diseñada para aplicaciones Ethernet/Internet[4].

La Fig. 1 muestra el esquema general de proyecto propuesto interactuando en una red LAN e Internet, de esta forma los usuario remotos pueden acceder al servidor Web integrado en la tarjeta de desarrollo a través de una dirección IP pública [5]-[7].

Este proyecto está diseñado para desarrollarse en la asignatura de proyecto final. Esta asignatura es un curso de 64 horas en un periodo de 4 meses. En este artículo se presenta el desarrollo e implantación de un sistema de adquisición de datos en un sistema embebido con servidor web integrado.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema de adquisición de datos esta conformado por el bloque de transductores (temperatura, humedad relativa e irradiancia solar), un acondicionador de señal para la variable de irradiancia solar y la tarjeta de desarrollo, como se muestra en la Fig. 2.

III. MEDICIÓN DE VARIABLES

A. Medición de Humedad Relativa (HR)

En la medición de humedad se utilizó un transductor de la línea Honeywell de la serie HIH-3610. Este tipo de transductores tienen la ventaja de que se energizan con 5 VCD y proporciona un voltaje de salida que es proporcional a la humedad relativa en el ambiente evitando con ello la necesidad de acondicionamiento de señal. La señal del voltaje

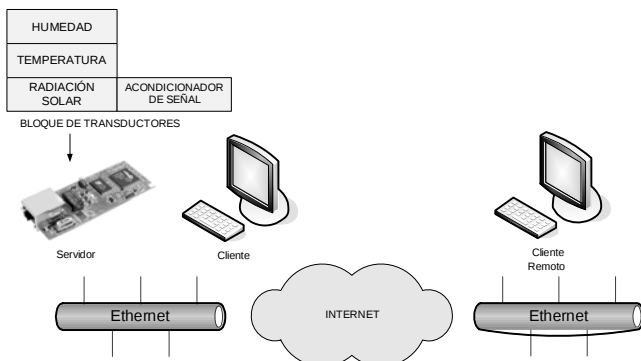


Fig. 1. Sistema de adquisición de datos interactuando con una red LAN e Internet.

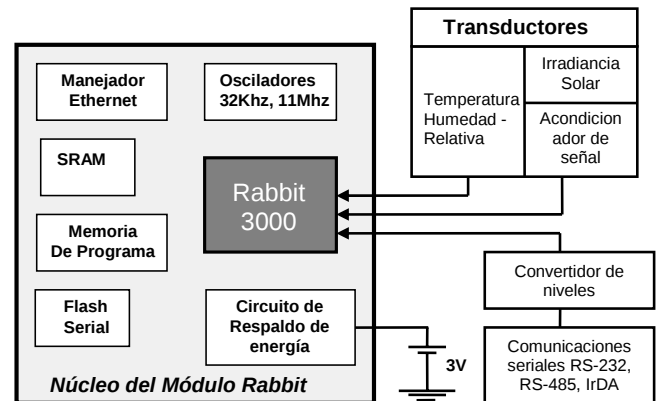


Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos con conexión a Internet.

de salida está en el rango del voltaje de alimentación del

transductor. La Fig. 3 muestra la conexión eléctrica del transductor.

Con base en la hoja de datos del fabricante, el rango de medición del transductor es de 0 – 100% HR con una precisión de $\pm 2\%$ HR. El valor actual de humedad relativa se determina mediante (1).

$$\%HR = \frac{V_{salida} * 0.86}{0.0320} \quad (1)$$

B. Medición de Temperatura

Para la medición de temperatura se utilizó el sensor de circuito integrado LM35 AH. Al igual que en el caso del transductor de humedad, no se utilizó un circuito de acondicionamiento de señal ya que genera un voltaje de salida proporcional a la temperatura con una relación de 10 mV/°C. En la Fig. 4 se muestra la conexión eléctrica de este transductor. El LM 35AH tiene un rango de medición de -55°C a +150°C con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

C. Medición de Irradiancia Solar

En la medición de esta variable se utilizó un piranómetro que proporciona un voltaje de salida proporcional a la irradiancia solar de acuerdo con (2).

$$V_{SALIDA} = Irradiancia \times 9.88 \times 10^{-6} \frac{\text{volts}}{\text{W} \cdot \text{m}^2} \quad (2)$$

Debido a que el voltaje de salida que proporciona el piranómetro es de unos cuantos milivolts, es necesario emplear un circuito de acondicionamiento de señal que amplifique el voltaje de salida del piranómetro a un valor

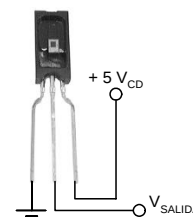


Fig. 3. Conexión eléctrica del sensor de humedad relativa.

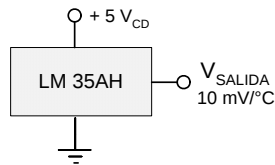


Fig. 4. Conexión eléctrica del sensor de temperatura

adecuado para la etapa del convertidor analógico/ digital. Para ello se utilizó un amplificador operacional en la configuración de amplificador no inversor con una ganancia de 101. El amplificador operacional LM358 fue utilizado como amplificador no inversor. La Fig. 5 muestra la conexión eléctrica del piranómetro con el circuito de acondicionamiento de señal.

IV. COMPONENTES

A. Tarjeta de desarrollo del Microcontrolador

El control del sistema de adquisición de datos y la conectividad a Internet es realizado por un sistema electrónico basado en el microprocesador RCM3000 de 8 bits. Este sistema electrónico está constituido básicamente por el microprocesador, las unidades de memoria RAM (Random Acces Memory – Memoria de acceso aleatorio) y un convertidor analógico-digital de 12 bits. Este sistema electrónico es un sistema mínimo al que se le ha agregado un circuito integrado que funciona como el manejador para tener la conectividad a Internet.

La ventaja de utilizar este tipo de sistemas es que los protocolos TCP/IP ya están implementados en software en el microprocesador y el driver Ethernet proporciona los niveles de voltaje correspondientes al protocolo Ethernet. Esta característica permite al programador configurar al sistema como servidor Web, servidor FTP o configurarlo para proporcionar servicio de correo electrónico o Telnet.

B. Desarrollo del Software

La aplicación del servidor Web que sirve como interfaz con el usuario de manera remota, está alojado en la tarjeta de desarrollo así como el programa asociado a la adquisición de datos como se muestra en la Fig. 6.

El sistema de adquisición de datos usa a la información proveniente de los puertos analógicos [8], los cuales convierten la señal analógica a digital, para adecuar las

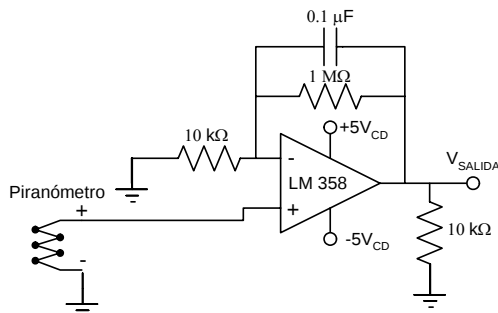


Fig. 5. Circuito de acondicionamiento de la señal del piranómetro.

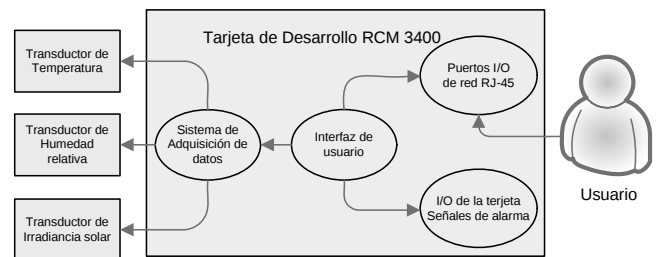


Fig. 6. Diagrama de interacción usuario-hardware/software.

señales y obtener los valores correspondientes mediante las ecuaciones presentadas en (1) y (2). Los valores adquiridos son

almacenados en la memoria flash, para uso y visualización en la página Web. La página Web es desplegada mediante el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP).

V. RESULTADOS

El sistema de adquisición de datos fue configurado para registrar los datos de humedad relativa, temperatura e irradiancia solar con un intervalo de 1 minuto. Estos datos son presentados en tiempo real por el servidor Web implementado en la tarjeta del microprocesador y a su vez son almacenados para su posterior análisis. Para ingresar al sistema de adquisición de datos se hace referencia a una dirección de Internet mediante un navegador Web como se muestra en la Fig. 7.

El número de usuarios que pueden ingresar al servidor Web es configurado mediante software. Para tener control sobre los usuarios que ingresan al sistema, se configura una aplicación de validación de usuario como se muestra en la Fig. 8.

En la página de configuración del sistema, Fig. 9, se puede visualizar la hora del reloj en tiempo real con que cuenta el sistema, el cual puede ser actualizable. Así también el usuario puede re-inicializar al sistema de adquisición de datos en el momento que desee. La hora y fecha del cambio es almacenada para su visualización posterior.

La página de visualización de datos almacenados es

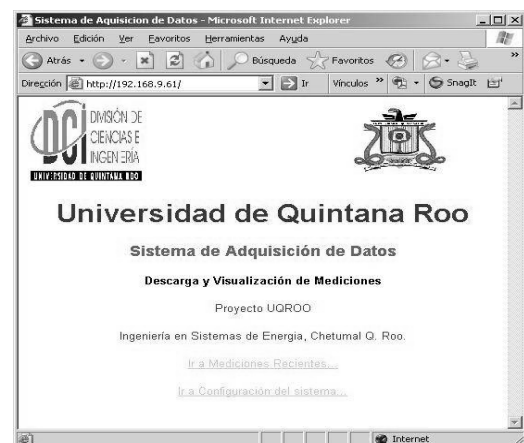


Fig. 7. Página WEB del sistema de adquisición de datos.



Fig. 8. Validación de usuario para ingreso al sistema de adquisición de datos.

presentada en la Fig. 10 y contiene la información almacenada desde que se inició la captura de información hasta los datos de la última medición.

Los datos pueden ser almacenados en el formato de valores separados por comas (CSV) y leídos con algún programa para su procesamiento y estudio. Actualmente se pueden almacenar hasta 1500 datos por cada una de las variables, dándonos un total de 61 días para que la memoria del sistema sea agotada si el intervalo entre mediciones es de 1 minuto. Las rutinas que operan en el sistema de adquisición de datos son utilizadas principalmente para realizar las tareas de actualización de campos del reloj en tiempo real interno, muestreo de datos, cálculo de la irradiancia, temperatura y humedad acorde a las ecuaciones (1) y (2), almacenamiento de datos y presentación de datos por medio de la interfaz de la página Web, lo anterior es realizado por medio de multitareas. Las multitareas son segmentos de código los cuales son ejecutados y controlados mediante sentencias de espera. La estructura básica en el lenguaje de programación Dynamic C de una multitarea se presenta en la Fig. 11.

En Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, se presentan las gráficas del comportamiento de las variables durante un día de muestreo.



Fig. 9. Página de configuración del sistema de adquisición de datos.

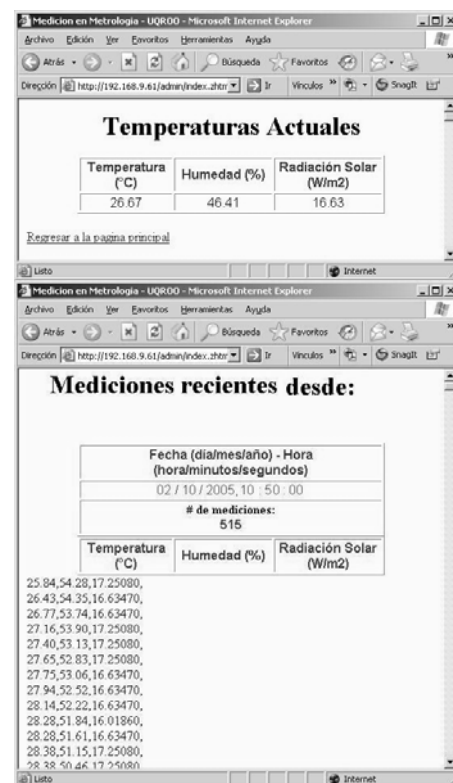


Fig. 10. Página de visualización de datos del sistema de adquisición de datos.

El muestreo inicia a las 5:00 AM y finaliza a las 00:00 del día siguiente, con un intervalo de muestreo de 1 minuto. De esta forma, la Fig. 12 muestra los datos registrados por el sistema de adquisición de datos para la irradiancia solar. La Fig. 13 y Fig. 14, presentan las gráficas correspondientes al comportamiento de las variables temperatura y humedad.

La implementación de esta aplicación, busca esencialmente integrar los conocimientos adquiridos en los cursos de

```
main()
{
    /* Declaración de variables */
    variable1;
    variable2;
    ...
    while (1)
    {
        costate Tarea_1 always_on
        {
            waitfor(delay(periodo de espera de tarea_1))
            /*Código de tarea 1*/
            ...
        }
        ...
        costate Tarea_N always_on
        {
            waitfor(delay(periodo de espera de tarea_N))
            /*Código de tarea N*/
            ...
        }
    }
}
```

Fig. 11. Estructura básica de segmentos multitarea.

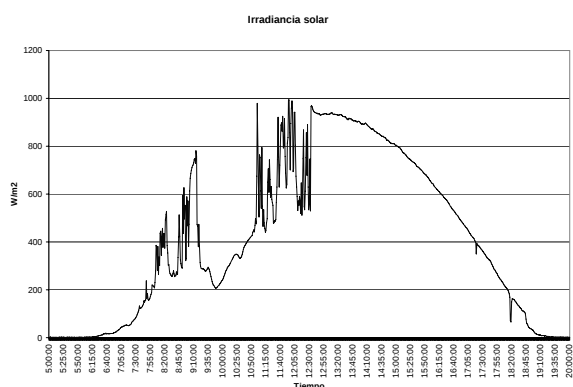


Fig. 12. Gráfica de datos correspondientes a la variable Irradiancia solar

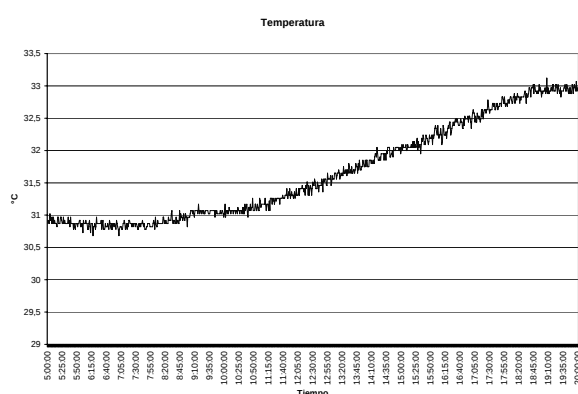


Fig. 13. Gráfica de datos correspondientes a la variable Temperatura.

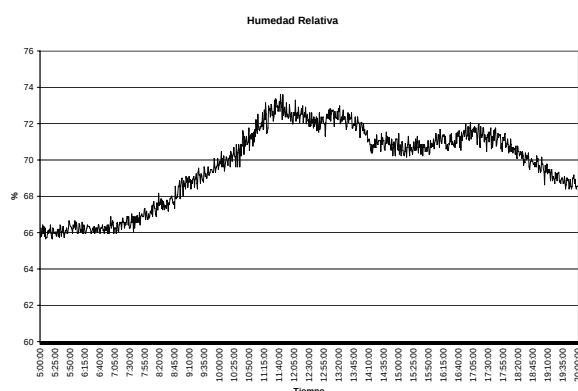


Fig. 14. Gráfica de datos correspondientes a la variable Humedad Relativa.

ingeniería mediante el desarrollo de una aplicación, la cual pueda servirle al alumno como una primera etapa de su preparación como futuro ingeniero. Debemos recalcar que hoy en día las bases teóricas por parte del alumno no determinan plenamente la formación del estudiante como ingeniero, si no que también debe ser contemplado el desarrollo de sus habilidades, lo cual será pieza clave de su persistencia en la industria. En la Fig. 15, se presenta un diagrama de flujo que puede servir de guía para la planeación de un curso el cual incorpore el desarrollo de esta aplicación.

El tiempo estimado para desarrollar la aplicación es de 64 horas, las cuales pueden ser cubiertas fácilmente en un periodo de curso si los estudiantes ya tienen conocimientos previos sobre los tópicos manejados.

VI. CONCLUSIONES

Se ha presentado el desarrollo e implementación de un sistema de adquisición de datos con conexión a Internet que puede ser realizado por estudiantes de ingeniería en telemática, en el cual es necesario que desarrollen aplicaciones en donde se reafirman sus habilidades como desarrollador, ya que hoy en día en la industria es común el diseño e implementación por parte de los ingenieros que laboran en las empresas. La realización de este proyecto satisface el interés de los estudiantes al solucionar un problema real, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante su formación como ingeniero. Por otra parte en la propuesta de este sistema también se buscó desarrollar una aplicación novedosa y la cual contenga un desempeño eficiente para no ser un ejercicio sin aporte tecnológico, por lo que una de las principales características de este sistema de adquisición de datos, es que opera y tiene conectividad a Internet sin emplear un ordenador, lo cual de entrada impacta de forma importante en los costos. La conectividad a Internet del sistema permite que los datos puedan ser recolectados y analizados desde cualquier parte del mundo. En industrias o centros de investigación que cuenten con una red inalámbrica es factible que el sistema de adquisición de datos también pueda ser configurado para operar en forma inalámbrica. Por otra parte, el desarrollo de este tipo de sistema permite generar tecnología propia que puede ser configurada para aplicaciones de monitoreo de forma remota o automatización.

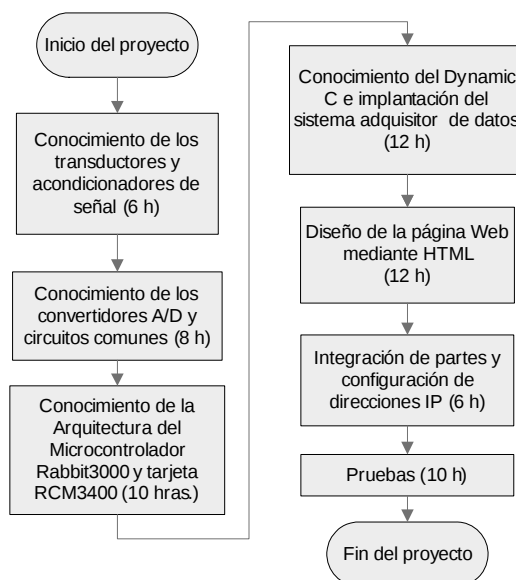


Fig. 15. Diagrama de flujo para el desarrollo del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la División de Ciencias e Ingenierías de la Universidad de Quintana Roo, por el apoyo prestado para la realización de este proyecto.

REFERENCES

- [1] K. Hyder, B. Perrin, "Embedded Systems Design using the Rabbit 3000 Microprocessor", Elsevier press, UK, 2005.
- [2] S. Li, A. Khan, "Applying IT Tools to a Laboratory Course for Measurement, Analysis, and Design of Electric and Electronic Circuits", IEEE Transactions on Education, Vol. 48, No. 3, August 2005.
- [3] F. Ferrero, J. C. Campo, J.C. Álvarez, J.C. Viera, C. Blanco, M. González, "An Electronic Instrumentation Design Project for Computer Engineering Students", IEEE Transactions on Education, Vol. 48, No. 3, August 2005.
- [4] Z-World, Inc. "RabbitCore RCM3400, User's Manual", U.S.A. 2003 – 2004.
- [5] G. Zecevic, "Web based interface to SCADA system", IEEE, 1981.
- [6] R. McClanahan, "SCADA and IP", IEEE Industry Applications Magazine, March – April 2003.
- [7] V. Sanchez, J. Vazquez, F. Chan, "Sistema de adquisición y transmisión de datos sobre TCP/IP para la caracterización del recurso solar y eólico en sistemas de generación de energía a partir de fuentes renovables", IEEE XV Reunión de otoño de comunicaciones, computación, electrónica y exposición industrial, Acapulco 2004.
- [8] Application Bulletin Burr – Brown, "Principles of data acquisition and conversion", U.S.A. May 1994.



Víctor Sánchez Huerta (S'97) ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Orizaba (1996) y Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (2000). Sus áreas de estudio son sistemas de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, convertidores de potencia de alta eficiencia y sistemas de adquisición de datos.



Javier Vázquez Castillo egresado del Instituto Tecnológico de Mérida con la especialidad de ingeniería en electrónica (1999). Obtiene su Maestría en Ciencias en ingeniería eléctrica en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN con la especialización en telecomunicaciones (2002). Áreas de interés son las redes comunicación a altas velocidades, VoIP y QoS.



Alejandro Arturo Castillo Atoche es Maestro en Ciencias del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (2002) en México, Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Mérida, México (2000). Actualmente es profesor en la Universidad Autónoma de Yucatán y en el Instituto Tecnológico de Mérida en los departamentos de Mecatrónica y Electrónica respectivamente, sus áreas de interés son: diseño, microelectrónica digital y tratamiento digital de señales.

Capítulo 15

Servicios de Alertas configurables en Entornos de M-Learning

Rosa M. Carro y Nuria Andueza

Title—Supporting Configurable Alerting Services in Mobile Learning Environments

Abstract—In this manuscript we present a mechanism to support adaptive alerting functionality for mobile e-learning systems. The main goal is to decide, for each user connected to the system, whether he should be alerted about the availability of new activities, given his specific context. The mechanism is based on alerting-rule processing and log analysis. Alerting criteria can be specified by means of rules. Semiautomatic mechanisms for log analysis are also offered, so that the decision can be taken automatically according to user previous actions. The basics of this mechanism, as well as an example to illustrate them, are presented next.

Keywords—Adaptive systems, alerting services, mobile learning.

Resumen—En este manuscrito se presenta un mecanismo de alertas configurables para sistemas de aprendizaje móvil. El principal objetivo consiste en decidir si interrumpir o no al usuario para informarle de la disponibilidad de nuevas actividades, según su situación particular. El mecanismo se basa principalmente en procesamiento de reglas y análisis de históricos. Los criterios para el comportamiento del sistema de alertas se pueden especificar mediante reglas. Además, se ofrece un mecanismo de análisis de históricos para tomar decisiones en función de las acciones previas de los usuarios. A continuación se presentan las bases del mecanismo con un ejemplo ilustrativo.

Palabras clave— Aprendizaje móvil, servicios de alertas, sistemas adaptativos.

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO SIIE'2006

R.M. Carro is with the Computer Science Department, University Autonoma of Madrid, Tomás y Valiente, 11. 28049 Madrid, Spain (corresponding author to provide phone: +34914972276; fax: +34914972235; e-mail: rosa.carro@uam.es).

N. Andueza is a PhD student of the Computer Science Department, University Autonoma of Madrid, Tomás y Valiente, 11. 28049 Madrid, Spain. She is also with Caja de Ahorros de Navarra, Spain (e-mail: nuria.andueza@estudiante.uam.es).

I. MOTIVACIÓN

LA rápida evolución de las redes inalámbricas y de los dispositivos móviles está facilitando el acceso a la información desde cada vez un mayor número de lugares en distintos momentos temporales a través de diversos dispositivos. Esto motiva a investigadores y empresas a desarrollar nuevas aplicaciones para dar soporte al acceso a la información desde distintos dispositivos y, en muchos casos, a utilizar técnicas de adaptación para presentar esta información de la forma más adecuada en función de cada usuario y dispositivo. En esta dirección y en el contexto de la enseñanza, se están desarrollando también sistemas de aprendizaje móvil que se benefician tanto de la tecnología móvil como de la posibilidad de aprender y enseñar a través de la Web. En este marco de trabajo, uno de nuestros objetivos más reciente consiste en ofrecer medios para la creación y configuración de sistemas adaptativos de aprendizaje móvil, en los que es posible: i) recomendar a cada usuario actividades individuales y colaborativas a realizar en función de sus características y necesidades particulares, considerando además el contexto en que se encuentra; y ii) dar soporte a la realización de dichas actividades, generando espacios de trabajo individuales y colaborativos adaptados, en los que no sólo se pueden adaptar los contenidos y las herramientas disponibles, sino también la organización de las actividades, la presencia/ausencia de algunas de ellas y la flexibilidad de la guía ofrecida. Las decisiones para la adaptación de todos estos aspectos se basan en información sobre los usuarios, como sus características, preferencias, acciones, necesidades y contexto en que se encuentran (localización, tiempo disponible y dispositivos).

Uno de los aspectos clave en este sentido está relacionado con el desarrollo de mecanismos de adaptación capaces de tomar las decisiones correctas en cada nivel de adaptación: organización de conceptos/actividades, guía de navegación, selección de las actividades más adecuadas para realizar en cada momento y contexto, adaptación de contenidos, etc. Hay otro aspecto crucial: el mecanismo de alertas. En un entorno de aprendizaje móvil adaptativo sensible al contexto, se

pueden proponer distintas actividades a cada usuario en cada situación específica, surgiendo la necesidad de alertar a los usuarios en tiempo real sobre la disponibilidad/adecuación de las distintas actividades. Pero en algunas situaciones no se debería interrumpir a los usuarios (por ejemplo, si están asistiendo a una clase). Sin embargo, sería adecuado informarles sobre la posibilidad de aprovechar su tiempo libre en una situación particular para terminar tareas pendientes o comenzar a abordar otras. No obstante, determinar en qué situaciones debería interrumpirse o no a un usuario es una tarea compleja, pues en la mayoría de las ocasiones dependerá del tipo de actividad a realizar y del contexto específico en que se encuentre. Además, puede ser conveniente interrumpir a un usuario en una situación particular y considerarse inapropiado interrumpir a otro incluso aunque se encuentre en la misma situación. Por tanto, la decisión a tomar puede depender, además, del tipo de usuario considerado. Esto nos sugiere la necesidad de: modelar el usuario y su contexto; dar soporte a la creación y configuración de servicios de alertas; y crear un mecanismo capaz de proporcionar alertas adaptadas a las necesidades particulares. El resto del artículo se organiza como sigue: En la sección 2 se describe el estado del arte. En la sección 3 se presenta el mecanismo de alertas creado, incluyendo los instrumentos para facilitar la configuración de servicios de alertas por medio de reglas y para dar soporte a alertas semi-automáticas basadas en análisis de históricos. En la sección 4 se muestra un ejemplo de uso y finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones.

II. ESTADO DEL ARTE

Hoy en día el potencial de los dispositivos móviles y redes inalámbricas está siendo ampliamente explotando. Uno de los focos centrales de desarrollo está relacionado con la adaptación de recursos a dispositivos. Durante los últimos años, la utilización de dispositivos móviles se ha incrementado de forma exponencial, no sólo como vía de acceso a la información, sino también para realizar diferentes actividades. En el ámbito de la enseñanza, ha surgido una nueva área denominada *mobile-learning* (*m-learning*), definida como “aprendizaje electrónico a través de dispositivos móviles y tecnologías de la información de mano, que utiliza transmisión inalámbrica (PDAs, teléfonos móviles, portátiles y tablet PCs) [1]. La tecnología móvil está a punto de convertirse en una de las tecnologías más prometedoras para dar soporte al aprendizaje individual y colaborativo [2]. Actualmente existen varias investigaciones en las que se explora el potencial de dispositivos móviles y red inalámbrica para dar soporte al aprendizaje. Por ejemplo, Maths4Life[3] explora hasta qué punto el aprendizaje móvil puede motivar y comprometer a los estudiantes de Aritmética. Uno de los retos de estas investigaciones consiste en adaptar los contenidos al contexto del usuario, incluyendo las características de sus dispositivos móviles [4]. MOBIlearn [5] está explorando nuevas formas de utilizar entornos móviles para mejorar el acceso a la

información para los siguientes grupos: trabajadores que quieren actualizar sus conocimientos continuamente para satisfacer las demandas de sus trabajos; ciudadanos que quieren mejorar su experiencia cultural cuando visitan una ciudad y sus museos; y ciudadanos que quieren tener información básica de tipo médico para sus necesidades cotidianas. En el contexto de los sistemas de enseñanza basados en la Web, el principal objetivo de la hipermedia adaptativa educativa consiste en adaptar los recursos educativos a los estudiantes conforme a sus objetivos individuales, conocimiento, formación previa y preferencias, entre otros [6]. Desde los años 90 hasta la actualidad, se han desarrollado varios sistemas adaptativos para dar soporte a la enseñanza, como ELM-ART [7], AHA! [8] o TANGOW [9], entre otros. En contextos educativos, las herramientas colaborativas se han utilizado para reducir la sensación de aislamiento, para enriquecer el proceso de aprendizaje y para facilitar el desarrollo de habilidades personales y sociales [10] [11]. Algunos sistemas incluyen también adaptación de actividades colaborativas, como EPSILON [12], WebDL [13], COALE [14] y TANGOW [9]. En los sistemas móviles, no sólo son relevantes los dispositivos disponibles, sino también el contexto del usuario [15]. La palabra contexto se define en [16] como “cualquier información que pueda ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad”. En este trabajo, la palabra contexto se refiere a la localización del usuario, al tiempo disponible y a los dispositivos que tiene a su alcance en ese momento. En cuanto a mecanismos de alertas se refiere, no se han encontrado referencias en la literatura a formas específicas de dar soporte a la configuración de este tipo de mecanismos en entornos de aprendizaje móviles. Si se han encontrado mecanismos de alertas para aplicaciones móviles específicas. En ifMail [17], un sistema de correo móvil, los usuarios de dispositivos móviles cuando hay mensajes importantes esperando ser leídos. Agentes inteligentes se pueden utilizar en discusiones anidadas de tercera generación para seleccionar, por ejemplo, qué tipo de contribuciones terminan dando lugar a alertas [18]. La necesidad de provocar suficientes pero no demasiadas alertas no es nueva. Como se menciona en [18], “a los usuarios les puede gustar la idea de ser avisados inmediatamente cuando alguien responde a uno de sus mensajes urgentes, pero puede molestarles si reciben una página de texto automáticamente durante la cena. Por tanto, hay una tensión entre accesibilidad e intrusión que debe ser manejada”. Este es uno de nuestros principales objetivos.

III. EL MECANISMO DE ALERTAS

El mecanismo de alertas presentado en este documento ha sido desarrollado en el marco de un sistema de enseñanza adaptativo móvil capaz de, dado un usuario en un contexto específico, seleccionar las actividades más adecuadas para ser realizadas en esa situación concreta. La adaptación basada en el contexto tiene en cuenta las características, preferencias y acciones previas del usuario, así como información sobre su

situación específica en cada momento, como el tiempo disponible, el lugar en que se encuentra y los dispositivos que tiene a su alcance. Una vez que el sistema anota las actividades a presentar al usuario como “recomendadas”, “disponibles pero no recomendadas” o “no disponibles”, el mecanismo de alertas es el responsable de decidir, para cada actividad, si se debería informar al usuario de su estado interrumpiéndole o si, por el contrario, el usuario no debería ser interrumpido en ese momento. Este mecanismo está basado en dos fases principales. La primera está basada en procesamiento de reglas de alertas. Estas reglas representan indicaciones generales sobre lo (in)adecuado que resultaría interrumpir a un usuario en ciertas situaciones particulares. El resultado de esta fase es el conjunto de actividades anotado como se mencionó anteriormente, incluyendo información adicional para cada actividad, indicando la recomendación de interrumpir o no al usuario para informarle de su estado. Si no se obtiene información a partir de las reglas de alertas sobre qué hacer, entonces se realiza un análisis de históricos para tomar la decisión en función de lo que resultó mejor en situaciones previas similares, bien vividas por el usuario o por usuarios similares. Los detalles de cada una de las fases, así como un ejemplo ilustrativo, se ofrecen a continuación.

A. Representación basada en Reglas

Es posible suministrar instrucciones generales sobre lo apropiado o no que puede ser interrumpir al usuario para informarle de la disponibilidad de actividades en contextos específicos por medio de reglas. Las reglas de alertas consisten en:

- Nombre: Se recomienda ofrecer un nombre relacionado con el aspecto a tener en cuenta en la regla.
- Condiciones: Pueden estar relacionadas con la naturaleza de las actividades (por ejemplo, su tipo o prioridad), con la características o preferencias de los usuarios (p.ej., estilo de aprendizaje o personalidad), con la información en la agenda del usuario (actividad actual) o con el contexto de usuario (localización, tiempo disponible, dispositivos al alcance).
- Acción: indica la acción a realizar (interrumpir o no interrumpir al usuario).

Las reglas se agrupan conforme a la naturaleza de su condición de activación, lo que da lugar a distintos conjuntos de reglas. Cada conjunto constituye un filtro que: i) elimina las actividades sobre las cuales el usuario no debería ser informado mediante una interrupción; ii) indica la necesidad de alertar al usuario sobre ciertas actividades tan pronto como sea posible; y iii) deja pasar el resto de actividades a la siguiente fase. Por tanto, es posible establecer distintos tipos de filtros mediante distintos conjuntos de reglas. Estos filtros determinarán el funcionamiento del sistema de alertas. Cada uno de ellos se puede aplicar independientemente.

El procesamiento de estrategias de alertas, primera fase del mecanismo de alertas, consiste en procesar las reglas de alertas que conforman cada filtro para determinar si se debe o no interrumpir al usuario para recomendarle la realización de ciertas actividades en un momento determinado. La primera

regla encontrada cuyas condiciones de activación se cumplen es disparada y, por tanto, se procede a realizar la acción correspondiente. Si durante esta fase no se encuentra ninguna regla que determine la decisión a tomar para un usuario en un contexto concreto (es decir, ninguna regla cuyas condiciones de activación se cumplan), entonces se pasa a la siguiente fase: el análisis de históricos.

B. Análisis de Históricos

Cuando no hay información sobre la conveniencia o no de interrumpir a un usuario en una situación específica para informarle de la disponibilidad/recomendación de actividades, se lleva a cabo un análisis de históricos (*logs*) para decidir si, en esa situación concreta, el usuario debería ser interrumpido o no.

Un histórico recoge información sobre las acciones realizadas por un usuario previamente. Cada entrada en el histórico incluye, además de la acción realizada y la identificación del usuario que la realizó, las condiciones concretas que se estaban dando en ese preciso momento (contexto), y las características de la actividad que se tuvieron en cuenta en el caso de que su recomendación estuviera basada en una regla de alertas. En especial, el histórico sirve para almacenar y recuperar la información sobre la respuesta que dio un usuario cuando se le propuso una actividad en un contexto determinado (si abordó o no la actividad propuesta y el tiempo que dedicó a su realización).

Durante el análisis de históricos se consideran las características, preferencias, comportamiento previo y contexto del usuario, así como el tipo de actividad. El principal objetivo es obtener información sobre situaciones previas similares, para saber qué hizo el usuario en aquellas situaciones y tomar la decisión en correspondiente.

Esta semejanza se establece, en primer lugar, basándose en la información de contexto del usuario (localización, tiempo disponible, dispositivos disponibles), que debe ser igual en ambas situaciones, y en segundo lugar, comprobando que el tipo de actividad es el mismo en ambos casos. En el caso del tiempo para este trabajo se va considerar que dos intervalos de tiempo que se diferencian en menos de 5 minutos son similares (este parámetro se puede configurar).

En caso de que no se encuentre información almacenada en el histórico sobre el comportamiento de un usuario en un contexto determinado, o que la que se encuentre no sea suficiente, el análisis se realiza sobre las acciones pasadas de un conjunto de usuarios, entre los cuales se encuentra el propio usuario. Aquí es donde entran en juego las bases de los sistemas de recomendación colaborativos: se recomiendan actividades teniendo en cuenta las características, acciones, preferencias, etc. de otros usuarios. Para saber si la información obtenida es o no suficiente para realizar el análisis de históricos se compara el número de acciones disponibles en situaciones similares con un parámetro configurable que establece el valor mínimo de acciones previas que es necesario recopilar para poder realizar el

análisis. Para la clasificación de usuarios en grupos se ha utilizado un método basado en vecindad.

En los casos en que un usuario no pueda ser clasificado en un grupo, o en el caso en el que sí pueda serlo pero no se encuentre suficiente información sobre las respuestas previas de los usuarios que conforman el grupo, la acción a realizar por el sistema siempre es interrumpir al usuario para recomendarle la actividad. La respuesta del usuario será almacenada en el histórico y, por tanto, la siguiente vez que se realice un análisis ya se podrá considerar esta información.

IV. EJEMPLO

En esta sección se describe un ejemplo para ilustrar el funcionamiento del mecanismo de alertas. En primer lugar, se explica la forma de configurar el comportamiento futuro del mecanismo de alertas para un sistema de aprendizaje móvil dado. Seguidamente, se describe un escenario de uso para esta configuración.

A. Configuración del Mecanismo de Alertas

Supongamos que el desarrollador de un entorno de aprendizaje móvil quiere incluir un mecanismo de alertas que satisfaga los siguientes requisitos:

- El sistema tendrá en cuenta no solo el estado de conexión de los usuarios, sino también su disponibilidad. Los usuarios pueden establecer su estado a “no molestar” y el sistema deberá comportarse como si el usuario no estuviera conectado.
- Las características de las actividades a considerar son: urgencia (urgente vs. no urgente) y tipo (actividad regular, mensaje, recordatorio).
- La característica del usuario a tener en cuenta es localización (aula de teoría, laboratorio de prácticas, otros lugares del campus, casa o cualquier otro lugar).
- Si el usuario no está conectado o está en estado “no molestar”, no debe ser interrumpido, y la actividad será almacenada directamente en la lista de actividades recomendadas o pendientes, según corresponda.
- Si el usuario está conectado, deberá ser interrumpido siempre que la actividad sea de carácter urgente o, independientemente de lo anterior, si es un mensaje o un recordatorio.
- Finalmente, si el usuario está asistiendo a una clase en el aula de teoría o en el laboratorio, no deberá ser interrumpido, y la actividad quedará almacenada en la lista de actividades pendientes/disponibles/recomendadas, según corresponda.
- En cualquier otro caso, el análisis de históricos podrá tomar la decisión final en función del estilo de aprendizaje del usuario (dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo). El número mínimo de situaciones previas similares a considerar será 5 y el porcentaje mínimo de usuarios que realizaron una acción necesario para recomendar la (no)interrupción será 40.

Las reglas que representan los criterios anteriores se muestran en la tabla 1. Se han definido tres tipos de reglas: reglas relacionadas con la conectividad, reglas relacionadas con las actividades y reglas relacionadas con el usuario. Cada uno de estos grupos de reglas constituye un filtro diferente.

TABLA I
EJEMPLO DE REGLAS DE CONFIGURACIÓN DE ALERTAS

Nº	Condiciones externas	Condición	Nombre	Acción
[1]		c.estado = no conectado o c.estado = no molestar	C_Conexión	ALMACENA
[2]		a.urgencia = urgente	C_Prioridad	ALERTA
[3]		a.tipo = mensaje o a.tipo = recordatorio	C_Tipo	ALERTA
[4]		u.localización = Uni.clase	C_Localiza	ALMACENA
[5]	Agenda = clase	u.localización = Uni.labo	C_Localiza	ALMACENA

Por tanto, el servicio de alertas para este ejemplo estaría formado por tres filtros diferentes: el basado en la conexión, el basado en la actividad y el basado en el usuario. En la figura 1 se muestra un esquema de la configuración de este servicio de alertas, con los tres filtros mencionados y el análisis de históricos.

B. Funcionamiento del Mecanismo de Alertas

Para ilustrar el funcionamiento del mecanismo de alertas para un usuario específico, conforme a la configuración descrita anteriormente, se describe el siguiente ejemplo: Alicia es una estudiante novata, con estilo de aprendizaje reflexivo, que se conecta al sistema de enseñanza móvil a través de un PC desde el laboratorio de la universidad. La salida del módulo de selección de actividades es una lista con dos actividades disponibles: una actividad colaborativa a realizar sincronamente y un mensaje que acaba de enviar su compañera Marta, a leer. A continuación, el mecanismo de alertas es el encargado de decidir si Alicia debería ser informada inmediatamente sobre la disponibilidad de estas actividades.

Para cada actividad, se comprueban las reglas de alertas en orden, dando lugar a las decisiones que conforman el camino marcado en la figura 2. Las reglas 3 y 5 son disparadas y, como Alicia no está asistiendo a ninguna clase práctica en el laboratorio, la única información obtenida de este conjunto de reglas es que habría que avisarle sobre el mensaje de Marta. Con respecto a la actividad colaborativa, la decisión final la tomará el módulo de análisis de históricos.

En primer lugar, el analizador de históricos recopila todas las reacciones pasadas de Alicia cuando, estando conectada al sistema desde un laboratorio de la universidad y sin ninguna clase en la agenda, se le proponía un ejercicio colaborativo. El número de situaciones pasadas encontradas con estas características es cero (es la primera vez que se encuentra en esta situación), por lo que el sistema considera que no hay suficiente información para realizar el análisis. Por tanto, se procede a clasificar a Alicia dentro de un grupo de usuarios teniendo en cuenta su perfil. El sistema clasifica a Alicia en un grupo de 7 estudiantes cuyo estilo de aprendizaje es reflexivo y que tampoco tienen conocimientos previos.

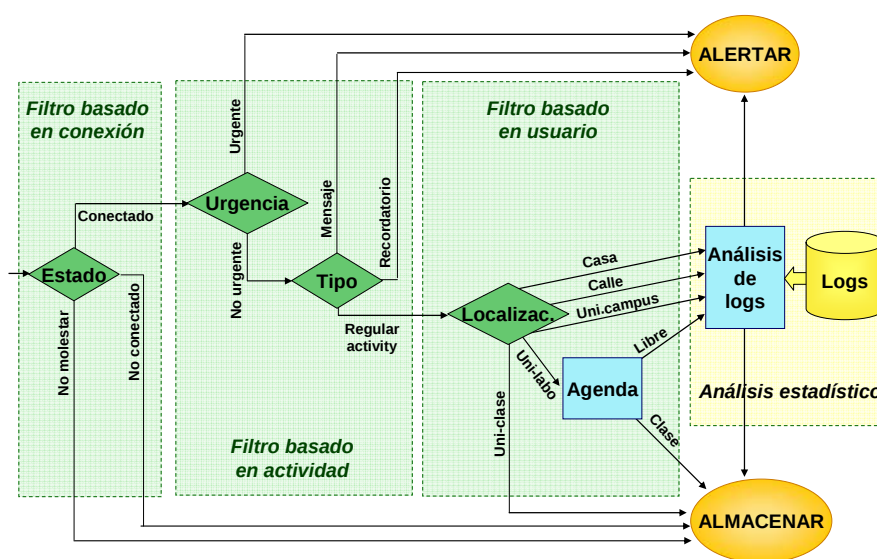


Fig. 1. Configuración del sistema de alertas de ejemplo.

A continuación, el analizador recopila las acciones realizadas por estos usuarios cuando estaban en el laboratorio y se les presentó una actividad colaborativa. En este caso, el número de actividades previas recopiladas es 10, superando el mínimo de 5 indicado durante la configuración del servicio de alertas.

A continuación se procede a analizar las respuestas de los miembros del grupo en que Alicia ha sido clasificada, al proponerles un tipo de actividad igual al actual en un mismo contexto. Para ello el analizador de históricos calcula el

porcentaje de las acciones previas de los usuarios del grupo que abordaron la actividad recomendada. En este caso concreto, el 80% de las actividades recomendadas del mismo tipo y en un contexto similar fueron abordadas por el usuario. Por tanto, la actividad colaborativa es recomendada. Si hubiera sido menor de 40%, la actividad se habría almacenado en la lista de actividades pendientes.

Por tanto, Alicia recibe, además del mensaje de Marta, la recomendación de realizar la actividad colaborativa.

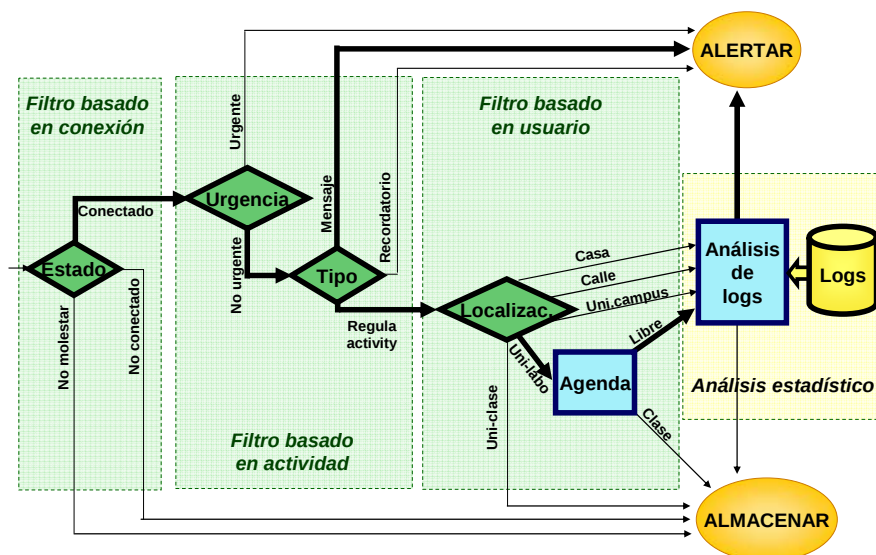


Fig. 2. Decisiones del sistema de alertas para Alicia y su situación.

IV. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es proveer medios para la configuración de servicios de alertas y mecanismos para darles soporte en el contexto de sistemas adaptativos móviles.

Este objetivo tiene una doble vertiente: Por una parte, se trata de hacer posible que los creadores o responsables de sistemas adaptativos móviles puedan decidir y especificar el comportamiento que desean para los mecanismos de alertas de sus sistemas. Por otra parte, esta tarea no debería ser demasiado tediosa: los medios para especificar el comportamiento deseado deberían representar una ayuda para ellos, no una obligación. Por ello, la solución propuesta ofrece tanto la posibilidad de especificar el comportamiento por completo (mediante reglas), como la opción de utilizar mecanismos semiautomáticos (análisis de históricos) para tomar las decisiones, pasando por la combinación de ambas.

En todos los casos es posible especificar distintos criterios dependiendo no solo del contexto en que se encuentran los usuarios, sino también para distintos usuarios incluso aunque se encuentren en la misma situación. Por ejemplo, es posible pensar que si un usuario con estilo de aprendizaje secuencial está viajando en tren estudiando una serie de conceptos relacionados y, en ese momento, aparece una nueva actividad disponible, no sería conveniente interrumpirle para informarle de ello; mientras que si el usuario tiene estilo de aprendizaje global, podría ser interesante avisarle en ese momento, por si quiere echarle un vistazo a dicha actividad.

Gracias al mecanismo desarrollado es posible crear servicios de alertas flexibles y configurables, cuyo comportamiento puede variar en función del tipo de servicio que deba prestar, basándose en estrategias de alertas especificadas por el/los responsable/s del sistema, en las acciones realizadas previamente por los usuarios, o en una combinación de ambas. Para ello combina dos de los métodos más utilizados actualmente en los sistemas de recomendación: el basado en recomendaciones seleccionadas manualmente (por la parte de especificación de estrategias) y el de resúmenes estadísticos (por el analizador de históricos).

Con respecto al módulo de análisis de acciones previas, se ha dado soporte a una toma de decisiones basada en las acciones del propio usuario, como ocurre en los sistemas de recomendación no colaborativos. Pero se ha deseado contar también con la posibilidad de utilizar la información sobre usuarios similares en caso de no tener referencias a acciones previas del mismo usuario, como los sistemas de recomendación colaborativos, por lo que se han incorporado técnicas de clasificación de usuario concretamente basadas en las técnicas de clasificación que utilizan estos sistemas de recomendación. Una vez obtenido el número de acciones previas necesario el análisis se ha basado en el método de resúmenes estadísticos, siendo el grado de personalización ofrecido persistente.

Gracias al trabajo desarrollado, se puede incorporar este tipo de servicios en distintos sistemas móviles en que los usuarios realicen actividades individual o colaborativamente.

Dado que las características y funcionamiento de un servicio de alertas están especificados en forma de reglas y/o parámetros de configuración, y que el mecanismo subyacente es el encargado de dar soporte a la ejecución de los mismos en tiempo real, es posible modificar su comportamiento cambiando las reglas o parámetros de configuración. De esta forma, aunque el servicio de alertas haya estado funcionando durante algún tiempo, se pueden modificar los criterios que determinan su funcionamiento, de modo que los nuevos sean utilizados desde ese momento.

Obsérvese que quien desee incluir un servicio de alertas en su sistema no necesita escribir código del servicio, sino elegir los módulos deseados y configurarlos. Asimismo, tampoco es necesario retocar ningún código si desea actualizar el funcionamiento de dicho servicio.

Por otra parte, aunque el ejemplo se ha basado en el área de la enseñanza, el mecanismo, junto con las reglas en que se basa y los fundamentos del análisis de acciones, es lo suficientemente general como para ser utilizado en otras áreas de aplicación, ya que las actividades pueden ser o no educativas, y las reglas de adaptación indican para qué tipo de usuarios y en qué contextos son adecuadas ciertas actividades.

El trabajo realizado para el módulo de análisis de históricos se podría utilizar como base para no sólo decidir la conveniencia o no de interrumpir al usuario en un momento determinado para avisarle de la disponibilidad de una nueva actividad, sino también directamente para decidir qué actividades deberían estar disponibles o no de todo el conjunto de actividades, dependiendo de lo que los usuarios hicieron en situaciones previas similares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, proyectos TIN2004-03140 y TIN2007-64718.

REFERENCIAS

- [1] D. Ktoridou, and N. Eteokleous, "Adaptive m-learning: technological and pedagogical aspects to be considered in Cyprus tertiary education", Recent Research Developments in Learning Technologies, Formatex, Badajoz, Spain, pp. 676-683 (2005).
- [2] M. Milrad, "Mobile learning: Challenges, perspectives and reality", Mobile Learning: Essays on Philosophy, Psychology and Education, Budapest, Vienna, pp. 25-38 (2003).
- [3] Maths4Life project: <http://www.mboard.org.uk>
- [4] P. Tandler, "The BEACH Application Model and Software Framework for Synchronous Collaboration in Ubiquitous Computing Environments". In: Journal of Systems & Software, Special Edition on Application Models and Programming Tools for Ubiquitous Computing, October (2003).
- [5] MOBIlearn project: <http://www.mobilelearn.org/>
- [6] A. Kobsa, "A generic User Modeling Systems", UMUI, Vol. 11, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 49-63 (2001).
- [7] P. Brusilovsky, "Adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction", Ten Year Anniversary Issue (Alfred Kobsa, ed.) 11 (1/2), 87-110 (2001).
- [8] P. de Bra, A. Aerts, D. Smits, and N. Stash, "AHA! Version 2.0, More Adaptation Flexibility for Authors", Proceedings of the AACE ELearn'2002 Conference, pp. 240-246 (2002).

- [9] R.M. Carro, A. Ortigosa, E. Martín, J. Schlichter, "Dynamic Generation of Adaptive Webbased Collaborative Courses". In: Groupware: Design, Implementation and Use. LNCS 2806. Eds: D. Decouchant, and J. Favela, (Springer-Verlag), 191-198 (2003).
- [10] B. Barros, and M.F. Verdejo, "Designing Workspaces to support collaborative learning". En: Tasks and Methods in Applied Artificial Intelligence. LNAI 1416. Springer-Verlag . pp. 668-677 (1998).
- [11] U. Borghoff, J. Schlichter, "Computer Supported Cooperative Work- Introduction to Distributed Applications", Springer (2000).
- [12] A. Soller, "Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System", International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 12-1, pp. 40-62 (2001).
- [13] J.G. Boticario, E. Gaudio, and F. Hernández, "Adaptive Navigation Support and Adaptive Collaborative Support in WebDL". Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems. LNCS, 1892, Springer Verlag, pp. 51-61 (2000).
- [14] N. Furugori, H. Sato, H. Ogata, Y. Ochi, and Y. Yano, "COALE: Collaborative and Adaptive Learning Environment. Proceedings of CSCW 2002, 493-494 (2002).
- [15] A. Zimmermann, M. Spetch, and A. Lorenz, "Personalization and Context Management", User Modeling and User-Adapted Interaction, Kluwer Academic Publisher, USA, Vol. 15, Issue 3-4, pp. 275-302 (2005).
- [16] A. Dey, "Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications. Ph. D. Thesis, Department of Computer Science, Georgia Institute of Technology, Atlanta, (2000).
- [17] M. Cignini, S. Mizzaro, and C. Tasso, "E-mail on the Move: Categorization, Filtering, and Alerting on Mobile Devices with the ifMail Prototype." In F. Crestani, M. Dunlop, and S. Mizzaro (eds): Mobile and Ubiquitous Information Access, LNCS 2954, Springer-Verlag, pp. 107-123 (2004).
- [18] T. Hill, and M. Roldan, "Toward Third Generation Threaded Discussions for Mobile Learning: Opportunities and Challenges for Ubiquitous Collaborative Environments". Information Systems Frontiers 7:1, pp. 55-70 (2005)



Rosa M. Carro obtuvo su grado de Doctora Ingeniera en Informática en la Universidad Autónoma de Madrid, España, en el año 2001, con su tesis sobre un mecanismo para la generación dinámica de sistemas hipermedia adaptativos.

Trabaja en el Dpto. de Ingeniería Informática de la Univ. Autónoma de Madrid. Fue miembro de la unidad de investigación Matemáticas y Aplicaciones del Dpto. de Matemáticas de la Universidad de Aveiro (2001/02), donde obtuvo

una beca post-doctoral para investigar en juegos educativos adaptativos. En 2002 obtuvo una beca del DAAD para visitar el grupo "Applied Informatics - Cooperative Systems" del Dpto. de Informática de la Universidad Técnica de Munich, donde investigó durante 6 meses en sistemas colaborativos adaptativos (2002/03). Su investigación se centra en hipermedia adaptativa, sistemas colaborativos, sistemas adaptativos basados en contexto, autoría de hipermedia adaptativa y colaborativa y evaluación de sistemas adaptativos.

Rosa M. Carro es User Modeling Researcher desde el 2003, miembro del IASTED Technical Committee on Education y de asociaciones como AIPO y ADIE. Ha coorganizado workshops como "Adaptive Hypermedia and Collaborative Systems" en ICWE'04, y "Authoring of Adaptive and Adaptable Hypermedia" en AIED'05, AH'06 y UM'07. Es miembro del comité de programa de numerosas conferencias internacionales y nacionales y revisora de varias revistas internacionales, como IEEE Internet Computing y IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering.



Nuria Andueza es Ingeniera en Informática por la universidad del País Vasco y estudiante de doctorado de la Universidad Autónoma de Madrid. Obtuvo el Diploma de Estudios Avanzados en Septiembre del 2006 con el trabajo titulado "Creación de un modelo de representación del comportamiento adaptativo de un entorno de enseñanza ubicuo".

Durante los últimos años ha trabajado además en AXPE, Iberia y Caja de Ahorros de Navarra, desempeñando puestos cada vez de mayor responsabilidad. Es autora de varias publicaciones centradas en temas de hipermedia adaptativa, sistemas móviles, entornos de enseñanza ubicuos y modelado de usuario, temas que constituyen sus principales intereses.

Capítulo 16

Aplicando técnicas de aprendizaje automático para el análisis de actividades en entornos CSCL basados en discusión argumentativa

Ana I. Molina, Rafael Duque, Miguel A. Redondo, Crescencio Bravo y Manuel Ortega

Title—Applying machine learning techniques for the analysis of activities in CSCL environments based on argumentative discussion

Abstract— The analysis of activities in CSCL environments can draw interesting conclusions about the collaborative learning processes. This analysis can show the effectiveness of such processes and allow the definition of intervention mechanisms to motivate and engage the students in the learning activities. We hypothesize that the use of Artificial Intelligence techniques can be useful for the production of a rule system for the analysis. Thus, we propose the use of Genetic Classifier Systems because of their evolution and adaptation ability. We present the tool that implements this approach and its application in an environment for the collaborative learning of design.

Keywords— Collaboration and Interaction Analysis, CSCL, Genetic Classifier Systems, Machine Learning.

Resumen—El análisis de las actividades en entornos CSCL puede arrojar interesantes conclusiones relativas a los procesos de aprendizaje colaborativo. Este análisis puede mostrar la efectividad de tales procesos y permitir la definición de

mecanismos de intervención que motiven y comprometan a los participantes en las actividades de aprendizaje. La aplicación de técnicas provenientes del campo de la Inteligencia Artificial puede resultar útil para el análisis. Así, proponemos el uso de Sistemas Clasificadores Genéticos y en este capítulo presentamos la herramienta que implementa nuestra propuesta y su aplicación en un entorno para el aprendizaje en grupo del diseño.

Palabras clave— Análisis de la Colaboración y la Interacción, Aprendizaje Máquina, CSCL, Sistemas Clasificadores Genéticos.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la década pasada, se observa un esfuerzo creciente por estudiar la forma en que las herramientas *groupware* pueden hacer posibles nuevas formas de aprendizaje en comunidades de estudiantes y sus efectos desde el punto de vista de la cognición. Esto da lugar a una disciplina conocida como CSCL (*Computer-Supported Collaborative Learning*) [1]. La comunidad científica está prestando un creciente interés a esta problemática [2]. Este interés se basa en la hipótesis de que el análisis de actividades en entornos CSCL puede arrojar interesantes conclusiones sobre los procesos colaborativos de aprendizaje. Este análisis puede centrarse en el estudio de la colaboración, del producto de la colaboración o de la relación entre ambos.

Como caso particular de sistemas de CSCL nos centramos en aquellos que instrumentan la colaboración mediante discusión basada en conversación [3]. Varios de estos sistemas proponen el uso de los llamados *introdutores de sentencias* (*sentence openers*). Estos elementos permiten identificar de forma sencilla, la intencionalidad del usuario al emitir una contribución a la conversación y el flujo básico del diálogo. Este enfoque de estructuración facilita el análisis de actividades. Los sistemas C-CHENE, DEGREE, C-CHENE y Group Leader son ejemplos representativos de tales sistemas.

C-CHENE [4] registra el diálogo entre los usuarios durante la tarea de diseño. Su aportación más destacable es la clasificación que hace de los elementos del diálogo, lo que permite realizar un análisis por categorías. DEGREE [5, 6]

Este trabajo fue presentado originalmente en el VIII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIIE 2006)

A. I. Molina pertenece al Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real (España) (e-mail: AnaIsabel.Molina@uclm.es).

R. Duque pertenece al Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real (España) (e-mail: Rafael.Duque@uclm.es).

M. A. Redondo pertenece al Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real (España) (e-mail: Miguel.Redondo@uclm.es).

C. Bravo pertenece al Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real (España) (e-mail: Crescencio.Bravo@uclm.es).

M. Ortega pertenece al Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real (España) (e-mail: Manuel.Ortega@uclm.es).

combina un estudio cuantitativo con un análisis cualitativo para el que recurre a un proceso de inferencia difusa. EPSILON [7] almacena las acciones y las contribuciones de los alumnos durante la resolución en grupo de problemas de diseño orientado a objetos. Esta información se somete a un estudio automatizado posterior en el que no sólo se analizan las acciones que se originan durante la realización de las tareas propuestas, sino también el propio proceso de comunicación. Soller et al [8] proponen técnicas para analizar el conocimiento adquirido como consecuencia de una sesión de aprendizaje, así como la identificación de situaciones de aprendizaje efectivo y no efectivo. La propuesta de McManus & Aiken [9], desarrollada en el sistema Group Leader, realiza comparaciones de secuencias de actos de conversación de los estudiantes con aquellos que deberían ser los más recomendados (representados en forma de máquinas de estados finitos). El sistema analiza las secuencias de diálogo y proporciona ayuda y avisos a los usuarios mientras interaccionan. Las propuestas anteriores no se centran en poner en relación la comunicación y el proceso de discusión argumentativa con el resultado obtenido como consecuencia de los mismos.

En el ámbito de los ITS (Sistemas Tutores Inteligentes), encontramos sistemas que se centran en el análisis de la solución elaborada por los estudiantes a los problemas propuestos. Belvedere [10] evalúa la consistencia de diagramas que representan procesos de averiguación científica. Kermit [11] plantea al alumno problemas de modelado de bases de datos y evalúa la calidad de la solución en función del cumplimiento de un conjunto de restricciones sintácticas y semánticas. Sin embargo, la evaluación de la solución no se contrasta con la calidad del proceso de su construcción.

Algunos trabajos plantean el uso de técnicas de *machine learning* (aprendizaje automático) o aportan métodos computacionales de modelado que pueden ser de gran utilidad para el posterior análisis de los procesos de discusión. Tal es el caso del uso los Modelos Ocultos de Harkov [8], los Árboles de Decisión [12], las Redes de Petri [9] o el Reconocimiento de Planes [13]. Las técnicas de *machine learning* empleadas en cada una de estas propuestas dependen en gran medida del método de modelado del proceso de discusión y del objetivo del análisis.

Nosotros pensamos que es posible emplear métodos y herramientas basadas en técnicas de Inteligencia Artificial para el análisis de actividades CSCL considerando características del proceso y del producto de la colaboración con objeto de identificar y caracterizar con precisión las situaciones que se pueden producir durante una actividad de aprendizaje. Identificadas estas situaciones, se pueden proponer mecanismos de intervención para dirigir al alumno o al grupo por los caminos más adecuados o para aumentar su motivación. De entre las técnicas de Inteligencia Artificial existentes creemos interesante utilizar los Sistemas Clasificadores Genéticos (SCG) por su capacidad de evolución. A diferencia de otras propuestas, basamos el

análisis en un estudio conjunto del proceso de colaboración y del producto construido como consecuencia de dicho proceso. Esta propuesta se implementa en un módulo inteligente que trabaja con la información almacenada en una base de conocimiento que evolucionará con el entorno al que da soporte, tratando de incrementar su potencial de caracterización de nuevas situaciones. En este artículo se presenta esta propuesta y alguna de las pruebas que se han realizado con la misma.

Este artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección siguiente se presenta brevemente el contexto en el que se aplica nuestra propuesta; las secciones 3 y 4 presentan el método de análisis propuesto y la herramienta que lo implementa, respectivamente; la sección 5 muestra un ejemplo de uso del módulo implementado; finalmente, el artículo expone las conclusiones que se extraen del trabajo realizado.

II. CONTEXTO DE ANÁLISIS

Las actividades de CSCL para las que está orientado el método que proponemos promueven el aprendizaje del diseño mediante resolución de problemas. Las soluciones a los problemas se construyen mediante un proceso de Planificación Colaborativa del Diseño (PCD) [14]. Los alumnos utilizan una representación intermedia y abstracta para expresar la solución a un problema de diseño. Esta representación es el plan de acciones a realizar para diseñar la solución. El proceso de construcción del plan es realizado en grupo y es colaborativo. Este proceso colaborativo se instrumenta mediante técnicas de discusión argumentativa [15]. En la PCD los alumnos construyen individualmente planes de diseño que deben presentar a los miembros del grupo de trabajo, justificando y argumentando las acciones de diseño que los componen. Por su parte, todos los miembros del grupo pueden realizar críticas, comentarios, sugerencias de mejora e incluso contrapropuestas que supongan un cambio radical en el plan. Así, los planes, inicialmente contruidos de forma individual, van evolucionando reflejando el punto de vista de todos los participantes en el proceso.

El método de análisis que proponemos está dirigido a evaluar actividades de aprendizaje en dominios en el que el enfoque de la PCD sea aplicable. En particular, utilizamos como referencia el dominio del aprendizaje del diseño de instalaciones domóticas para la automatización de viviendas y edificios, ya que se trata de un dominio complejo en el que probar los resultados de nuestras investigaciones. Para este dominio hemos desarrollado un sistema de aprendizaje en grupo denominado DomoSim-TPC [16]. Este sistema incorpora una herramienta llamada PlanEdit [17] que da soporte a la PCD. PlanEdit incorpora un módulo de seguimiento y análisis de actividades que permite visualizar y analizar la interacción en el grupo de trabajo. Para ello se modelan diversos aspectos utilizando variables lingüísticas y se obtienen conclusiones mediante un proceso de inferencia

difusa [18] basado en el método propuesto en DEGREE [19]. Además, la herramienta incorpora otro módulo para analizar los productos que elaboran los usuarios. Esto se hace aplicando técnicas de reconocimiento de patrones que interpretan y contrastan los planes de los alumnos con modelos representados mediante conocimiento experto [20].

El marco que proporciona PlanEdit proporciona un contexto excelente para el estudio de las relaciones e implicaciones entre el proceso colaborativo de construcción de un producto (plan de diseño) y el propio producto.

III. EL MÉTODO DE ANÁLISIS

El uso de una técnica basada en los Algoritmos Genéticos, como son los Sistemas Clasificadores Genéticos (SCG), supone un enfoque abierto y flexible para la inferencia de pautas de comportamiento a partir de experiencias de uso de sistemas de CSCL. El método de análisis conjunto proceso-producto que proponemos en este artículo se basa en el uso de esta técnica.

La primera etapa del método consiste en la identificación de indicadores y descriptores del proceso y del producto. Cada experiencia es descrita mediante un conjunto de *indicadores de análisis* que caracterizan tanto el proceso de aprendizaje, como los productos que se obtienen como resultado del mismo. Según Dimitrakopoulou et al [21], un indicador proporciona información sobre la calidad de la actividad individual, el modo de colaborar o la calidad del producto obtenido como consecuencia de dicha colaboración. En el ámbito de la discusión argumentativa para la Planificación Colaborativa del Diseño se identifican los siguientes indicadores de análisis:

- *Modelado*: Hace referencia a las contribuciones que hacen evolucionar el plan de diseño y por lo tanto el producto.
- *Discusión*: Representa la discusión argumentativa en el proceso de grupo para justificar y defender las decisiones de diseño tomadas para resolver el problema planteado.
- *Cohesión*: Proporciona una valoración del grupo indicando si realmente sus miembros han trabajado conjuntamente o más bien lo han hecho de forma individual.
- *Validez de la solución*: Indica si se satisface la especificación de requisitos.
- *Complejidad y/o dificultad de la solución*: Una solución se considerará difícil si el nivel de dificultad asociado a la misma supera un cierto umbral que puede definir el evaluador.

En la tabla 1 podemos ver dichos descriptores y los valores que pueden tomar. Estos valores se expresan con valores lingüísticos a los que se asocian unas siglas para su manejo posterior. También se indica el tipo de descriptor, es decir, se es relativo al proceso de colaboración o al producto de este proceso.

TABLA I
DESCRPTORES Y ATRIBUTOS QUE DEFINEN EL PROCESO Y EL PRODUCTO EN UN ESCENARIO DE APRENDIZAJE COLABORATIVO.

ATRIBUTO	TIPO DE DESCRIPTOR	VALOR DEL ATRIBUTO	
Validez Solución	Producto	NV/ VI/ VR/ VC/ VBC	No Válida / Válida Incorrecta/ Válida Redundante/ Válida Correcta/ Válida Bien Construida
Dificultad Solución	Producto	S/N	Sí/No
Modelado	Proceso	B/M/A	Bajo/Medio/Alto
Discusión	Proceso	B/M/A	Baja/Media/Alta
Cohesión	Proceso	B/M/A	Baja/Media/Alta

La siguiente etapa consiste en la definición de un conjunto inicial de reglas de clasificación de actividades colaborativas que permiten caracterizar situaciones (o sucesos) relevantes. Estas reglas pueden ser aportadas por un experto, se pueden obtener aplicando un proceso de aprendizaje no supervisado o pueden detectarse mediante algún estudio estadístico que analice la correlación existente entre los indicadores. La validez de clasificación de este conjunto de reglas no debe preocuparnos en un primer momento ya que, posteriormente, estas reglas se someten a un proceso de refinamiento y adaptación a los nuevos sucesos (actividades de aprendizaje) que se producen durante el uso de la herramienta CSCL. La tercera etapa del método desarrolla el proceso de adaptación del sistema de reglas al entorno CSCL mediante el uso de un SCG. Formalmente, un sistema clasificador es un sistema de aprendizaje inductivo de reglas de decisión sobre espacios basados en atributos con el que se trata de producir respuestas adecuadas a un conjunto de estímulos a través de un proceso de clasificación de conceptos que van siendo adquiridos empíricamente [22]. Los detalles de aplicación de este algoritmo pueden consultarse en [23]. Entre las características del SCG destacamos:

- Llamaremos clasificador (c_i) a cada una de las reglas que permiten definir un mismo concepto C (en nuestro caso, una posible clasificación de escenario o actividad de aprendizaje colaborativo). Cada clasificador consistirá en una posible asignación de valores a cada uno de los atributos mostrados en la tabla 1. Si es indiferente el valor que tome un determinado atributo de entre los posibles que pueda tomar, lo indicaremos mediante el símbolo de indeterminación ($\#$). Cada concepto se expresa formalmente en lógica de predicados mediante la disyunción de reglas. Esto constituye un clasificador que notamos como q . Un clasificador tiene la forma $c_1 \vee \dots \vee c_r \Rightarrow C$, que equivale a hacer la disyunción de los posibles valores que pueden tomar sus atributos. Quedarían reglas del tipo:
($VC \vee VBC, \#, \#, A \vee M, A \vee M$) $\rightarrow$ Aprendizaje Efectivo.
- Se hará uso del *enfoque de Michigan* [24] para la codificación de los clasificadores. Este enfoque incluye clasificadores de tamaño fijo, lo cual facilita el tratamiento computacional. El ejemplo anterior quedaría de la siguiente forma:

$(VC, \#, \#, A, A) \vee (VBC, \#, \#, M, M) \vee \dots \rightarrow \text{Aprendizaje Efectivo}$

- Cada tupla (que se usará tanto para definir sucesos como los antecedentes de las reglas de clasificación) estará formada por los valores que toman los atributos *Validez Solución*, *Dificultad Solución*, *Modelado*, *Discusión*, *Cohesión*, en ese orden (consultar tabla 1 para ver los valores que pueden tomar).
- Cada uno de los clasificadores (q_i) tendrá asociado una fuerza (*fuerza_i*) que medirá su aptitud para definir un concepto, lo que le permitirá competir con el resto de clasificadores en el algoritmo genético encargado de obtener la mejor población de reglas (aquellas que mejor definan el concepto).
- Cada vez que un suceso es clasificado por alguna de las reglas de la base de conocimiento el sistema responderá mediante un mensaje de aviso que llame la atención de los alumnos y los encamine hacia un mejor paso en la resolución del problema.
- Si ante un nuevo suceso es posible la activación de varias reglas de clasificación, estas reglas candidatas deberán competir para lanzar sus mensajes de acción, mediante un *proceso de subasta*.
- Por último, cada cierto número de actividades de aprendizaje se pone en marcha un procedimiento evolutivo genético que actualiza la población de reglas, en el que la fuerza actual de cada clasificador se utiliza como medida de su aptitud. La función de *selección* se hace por sorteo y el *reemplazo* por factor de llenado, ya que no interesa tanto encontrar la mejor regla como obtener una población completa de ellas que realice la mejor labor de reconocimiento de situaciones posible.

El método de análisis, de naturaleza automática, puede verse enriquecido con las aportaciones que pueda hacer un experto actuando como evaluador, principalmente en cuanto a la clasificación de escenarios de interés. Es por ello que incluimos la intervención del experto, que ayudará a penalizar o fortalecer las distintas reglas de identificación que el agente automático pueda generar.

IV. LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS

En esta sección se presenta la herramienta de entrenamiento del módulo inteligente de análisis conjunto proceso-producto. En la figura 1 podemos ver las principales áreas que componen la interfaz de usuario de la herramienta de entrenamiento del módulo que analiza y monitoriza las experiencias de aprendizaje colaborativo. Dicho análisis se puede realizar durante las experiencias, así como con posterioridad a ellas. En el área (A) se da la opción de elegir entre un conjunto de clasificadores propuestos inicialmente (que pueden provenir de un análisis estadístico previo, o de un proceso de aprendizaje no supervisado o *clustering*) o la creación de nuevos clasificadores por parte de un experto. En el caso de que se opte por la segunda opción, se habilitará la parte superior derecha de la interfaz (B), para permitir definir tanto los valores de cada uno de los selectores (los *alelos* en terminología de SCG y algoritmos evolutivos) como la acción

que se puede desencadenar cuando se dispare el clasificador. En la herramienta se incluyen por defecto algunos mensajes de aviso a los usuarios (admitiéndose la definición de nuevos mensajes de aviso mediante el botón *Añadir*). De igual forma, la acción que se desencadene podrá consistir en la ejecución de algún tipo de operación y no necesariamente en la visualización de un mensaje.

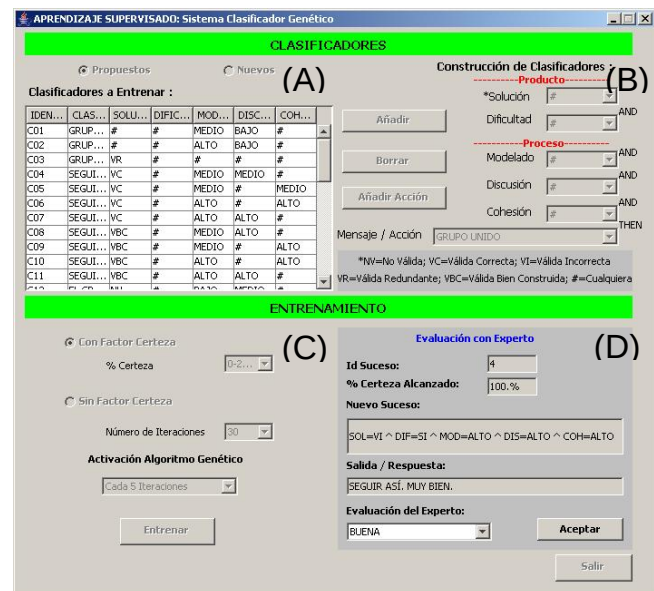


Fig. 1. Interfaz de usuario de la aplicación que permite el entrenamiento de la base de conocimiento experto de clasificación de experiencias de aprendizaje colaborativo.

Una vez definidos los clasificadores se puede pasar al entrenamiento y ajuste de las reglas de la base de conocimiento (parte inferior de la interfaz). Antes de entrenar, es necesario la definición de ciertos parámetros del algoritmo de entrenamiento (fig. 1, C): el criterio de parada del algoritmo, que podrá ser la consecución de un cierto grado de certeza expresado en porcentaje o la limitación a un número de iteraciones. Igualmente se puede determinar la frecuencia con la que se quiere que el algoritmo genético actúe (cada cuantas iteraciones). Una vez definidos los parámetros anteriores se puede pasar al entrenamiento de las reglas (botón *Entrenar*). Si se elige la opción de entrenamiento con factor de certeza, se activará el área (D) de la interfaz. En este caso los sucesos son mostrados al experto, así como las acciones de salida que producen, para que el experto pueda emitir su valoración sobre el par (*Suceso*, *Acción*).

En la figura 2 puede verse el proceso que sigue el método de análisis al que da soporte la herramienta que se presenta. La base de reglas inicial puede ser confeccionada a partir de un análisis estadístico de correlación, de la opinión de un experto (que introduciría las reglas en base a su experiencia) o a partir de la aplicación de un algoritmo de aprendizaje no supervisado (que agrupe sucesos e infiera reglas de clasificación) sobre un conjunto inicial de experiencias de aprendizaje. La herramienta desarrollada implementa un algoritmo de *clustering*, en concreto, la técnica *k-means*, para

obtener el conjunto inicial de reglas. Una vez hecha la agrupación de sucesos, el experto puede nombrar las clases que se generan.

Una vez que la base de conocimiento ha sido entrenada, la herramienta permite validar el funcionamiento del módulo. Para ello se hace uso de dos algoritmos de clasificación (ID3 y CART). El experto puede introducir nuevos sucesos y observar el comportamiento del sistema clasificador, así como la salida que se produciría. En la figura 3 se puede ver el aspecto de esta herramienta en el momento en el que, como consecuencia de identificar un suceso, se ha generado un mensaje de aviso.

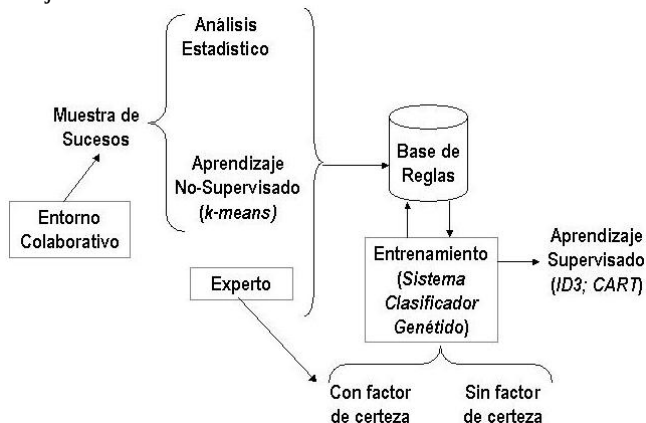


Fig. 2. Esquema general de funcionamiento del módulo de análisis de experiencias de aprendizaje colaborativo.

V. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS

En esta sección se muestra un ejemplo de utilización de la herramienta implementada. Empleamos como indicadores los presentados en la Tabla 1. Partimos de un conjunto de experiencias de uso de la herramienta PlanEdit que están descritas con mayor detalle en [20]. A partir de estos datos experimentales estudiamos los sucesos que tuvieron lugar y los sometimos a un proceso de *clustering*. Como resultado de este proceso se obtuvieron cinco agrupaciones de sucesos bien diferenciadas. Observando estas agrupaciones, pudimos definir algunas tuplas de clasificación de sucesos. Por ejemplo, construimos las siguientes tuplas para dos de las agrupaciones:

$$(VC \vee VBC, \#, A \vee M, A \vee M, A \vee M) \\ (NV, SI, B \vee M, B, B)$$

En nuestra propuesta hicimos uso de 35 clasificadores. El experto o evaluador puede añadir tantos clasificadores iniciales como considere oportuno. Cuanto mayor sea el número de clasificadores mayor será la proporción de sucesos cubiertos por el clasificador y mayor su exactitud de identificación de situaciones. Otro factor considerar es la base de conocimiento con el conjunto de reglas iniciales. El módulo de análisis hará evolucionar este conjunto y lo adaptará a los nuevos sucesos que se produzcan. Algunos de los clasificadores considerados en el experimento son los que se muestran a continuación. Estos clasificadores identifican

situaciones de Aprendizaje Efectivo y Aprendizaje No Efectivo, respectivamente.

$$(VC \vee VBC, \#, \#, A \vee M, A \vee M) \rightarrow \text{Aprendizaje Efectivo} \\ (NV, SI, B \vee M, B, B) \rightarrow \text{Aprendizaje No Efectivo}$$

Las acciones que se generen como consecuencia de la identificación de cada suceso serán definidas por el experto. En nuestra experiencia de uso definimos cinco posibles acciones. Estas acciones fueron mensajes de aviso al grupo como los siguientes: “Seguir así. Muy bien”, “Quizás el problema es demasiado difícil, voy a daros una pista...”, “No estáis centrados en el problema”, etc.

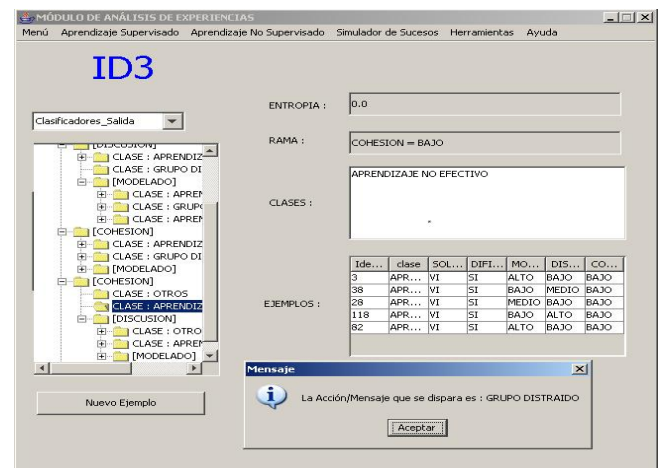


Fig. 3. Interfaz de usuario de la herramienta de aprendizaje no supervisado (*k-means*) y de validación del sistema clasificador (mediante el algoritmo ID3).

Aplicando un sistema clasificador que exclusivamente se base en las agrupaciones realizadas por un algoritmo de aprendizaje no supervisado del tipo *k-means*, el sistema fue capaz de detectar un 56,2% de los nuevos sucesos que se produjeron. Enriqueciendo esta primera clasificación mediante la aplicación del Sistema Clasificador Genético alcanzamos, para un entrenamiento no basado en factores de certeza con un número de 30 iteraciones, un factor de identificación de sucesos del 70%. Este factor se alcanzó en una primera fase. En sucesivas fases este factor alcanzó un 95,1%. A medida que el sistema va evolucionando, mejora considerablemente la capacidad de dar una respuesta correcta a los nuevos sucesos que se producen, manteniendo invariante el número de clasificadores de partida. Por lo tanto, la aplicación del algoritmo genético mejora considerablemente la capacidad de identificación de situaciones. De esta forma, la herramienta de análisis se va adaptando a la evolución del trabajo del grupo, pudiendo aportar información útil para motivar a los participantes o para forzar determinado tipo de situaciones.

VI. CONCLUSIONES

A lo largo del artículo se ha puesto de manifiesto el vacío de los sistemas CSCL para analizar cómo la forma de llevar a

cabo la colaboración entre los miembros del grupo repercute en la solución construida. La utilización de Sistemas Clasificadores Genéticos permite la producción de un conjunto de reglas que se van adaptando a las particularidades que se producen en las distintas actividades de aprendizaje realizadas en un entorno de CSCL. Estas reglas consideran indicadores de análisis tanto del proceso como de la solución.

Con objeto de implementar el método ideado y basado en Sistemas Clasificadores Genéticos, se ha desarrollado una herramienta que no sólo permite la utilización de clasificadores disponibles como consecuencia de experiencias o *clusterings* previos sino la definición de nuevos clasificadores por parte de un experto en la materia. En caso de definir nuevos clasificadores, la herramienta posibilita el entrenamiento de la base de conocimiento mediante la especificación de parámetros muy diversos que permiten dirigir y acotar todo el proceso. Además, el comportamiento de los distintos clasificadores en respuesta a ciertos sucesos que el experto decide introducir al sistema (en forma de reglas de clasificación) puede ser monitorizado. En definitiva, existe un soporte para la definición de nuevos criterios que según los parámetros definidos hacen que la herramienta pueda adaptarse a distintas situaciones y monitorizar el comportamiento de los estudiantes ante diversos sucesos.

Con objeto de validar el método y la herramienta, el Sistema Clasificador Genético diseñado se aplicó a actividades de aprendizaje colaborativo reales en las que se trataba de solucionar problemas del dominio de la Domótica haciendo uso de un entorno CSCL que soportaba el intercambio de propuestas y argumentos entre los miembros del grupo para construir planes de diseño. Los datos que se derivan de estas experiencias revelan porcentajes de identificación de sucesos muy elevados y una gran capacidad para evolucionar en la búsqueda de respuestas adecuadas, alcanzando factores de identificación superiores al 90%. Por tanto, la flexibilidad y adaptabilidad del método diseñado permiten plantear y explorar su aplicación futura a otros tipos de actividades CSCL, profundizando en la corrección de situaciones que se desvíen de un proceso de colaboración que conduzca al aprendizaje efectivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo prestado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha en el marco del proyecto PBI-05-006.

REFERENCIAS

- [1] Koshman, T.: CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, (1996)
- [2] Soller, A., Jermann, P., Mühlenbrock, M., Martínez, A.: Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction: Introduction to the Workshop Proceedings. Second International Workshop on Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction (In ITS'2004), Maceio, Brasil, (2004) 5-12
- [3] Jenlink, P., Carr, A.A.: Conversation as a medium for change in education. Educational Technology, 3138 (1996)
- [4] Baker, M., Lund, K.: Promoting reflective interactions in a CSCL environment. Journal of Computer Assisted Learning 3 (13), (1997) 175-193
- [5] Barros, B., Verdejo, F.: DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 9, (1999) 27-37
- [6] Barros, B.: Aprendizaje Colaborativo en Enseñanza a Distancia: Entorno genérico para configurar, realizar y analizar actividades en grupo, in Departamento de Inteligencia Artificial. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, (1999)
- [7] Soller, A., Lesgold, A.: 'Knowledge acquisition for adaptive collaborative learning environments'. American Association for Artificial Intelligence Fall Symposium, Cape Cod, MA, USA (2000)
- [8] Soller A., Wiebe, J., Lesgold, A.: A Machine Learning Approach to Assessing Knowledge Sharing During Collaborative Learning Activities. Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning, (2002)
- [9] McManus, M., Aiken, R. "Monitoring computer-based problem solving." Journal of Artificial Intelligence in Education, 6(4), (1995) 307-336.
- [10] Paolucci, M., Suthers, D.D., Weiner, A.: Automated Advice-giving Strategies for Scientific Inquiry'. Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'1996), Montréal, Canada, (1996) 372-381
- [11] Suraweera, P., Mitrovic, A.: KERMIT: A Constraint-Based Tutor for Database Modeling. In: S.A. Cerri, G. Gourdères and F. Paragauçu (eds.): Intelligent Tutoring Systems (LNCS). Berlin: Springer, (2002) 671-680.
- [12] Constantino-González, M.A., Suthers, D.D., Escamilla de los Santos, J.G.: Coaching web-based collaborative learning based on problem solution differences and participation. International Journal of Artificial Intelligence in Education 13, (2003) 263-299.
- [13] Muehlenbrock, M., Hoppe, U.: 'Computer supported interaction analysis of group problem solving'. Computer Support for Collaborative Learning (CSCL'1999). Palo alto, CA, USA, (1999) 398-405.
- [14] Redondo, M.A.: Collaborative planning of design in simulation environments for distance learning. ProQuest Information and Learning USA (2006)
- [15] Redondo, M.A., Bravo, C., Ortega, M.: Contextualized Argumentative Discussion for Design Learning in Group. HCI related papers of Interacción 2004, Navarro, R., & Lorés, J. (Eds.). Springer-Verlag. (2004) 317-328
- [16] Redondo, M.A., Bravo, C.: DomoSim-TPC: Collaborative Problem Solving to Support the Learning of Domotical Design. Computer Applications in Engineering Education. Ed. John Wiley & Sons, vol. 4, N°1, (2006) 9-19.
- [17] Redondo, M.A., Bravo, C., Ortega, M., Verdejo, M.F.: PlanEdit: An adaptive problem solving tool for design. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based-Systems, P. De Bra, P. Brusilovsky y R. Conejo (Eds.). Lecture Notes in Computer Science 2347, (2002) 560-563. Springer-Verlag.
- [18] Redondo, M.A., Bravo, C., Bravo, J., Ortega, M.: Applying Fuzzy Logic to Analyze Collaborative Learning Experiences. Journal of the United States Distance Learning Association. Special issue on Evaluation Techniques and Learning Management Systems, Vol. 17, N° 2, (2003) 19-28
- [19] Barros, B., Verdejo M.F.: Analysing students interaction process for improving collaboration. The DEGREE approach, JAIED, 11, (2000) 221-241.
- [20] Redondo, M.A., Bravo, C., Ortega, M., Verdejo, M.F., (In Press): Providing adaptation and guidance for design learning by problem solving. The DomoSim-TPC approach Computer and Education. Ed. Elsevier.
- [21] Dimitrakopoulou, A., et al.: State of the Art on Interaction Analysis: Interaction Analysis Indicators. Kaleidoscope Network of Excellence. Interaction & Collaboration Analysis' Supporting Teachers and Students' Self-Regulation. Jointly Executed Integrated Research Project. Deliverable D.26.1, (2004)
- [22] Goldberg, D.E.: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, MA, (1989)
- [23] Molina, A.I., Redondo, M.A., Ortega, M.: Un método semiautomático basado en algoritmos genéticos para el análisis de experiencias de aprendizaje colaborativo. JISBD'03 - Taller de Hipermedia Colabotava y Adaptativa, Alicante, (2003)

- [24] Holland, J.H., Reitman, J.S.: Cognitive systems based on adaptative algorithms. In Waterman, D. A. and Hayes-Roth, F., editors, Pattern-Directed Inference Systems. Academic Press, (1978)



Ana I. Molina es Ingeniería en Informática (2002) y Doctora en Informática (2007) por la Universidad de Castilla – La Mancha. Actualmente es Profesora Ayudante Doctor en el Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información en la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla – La Mancha realizando tareas docentes en el área de la Interacción Persona-Computador. En cuanto a la investigación su

interés principal se centra en las áreas de la Interacción Persona-Ordenador y los Sistemas Colaborativos.



Rafael Duque es Ingeniero en Informática (2005) por la Universidad de Castilla – La Mancha. Actualmente es Profesor Asociado en el Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información en la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla – La Mancha Su labor investigadora está centrada en el desarrollo de métodos computacionales que automaticen el análisis de la colaboración y del producto resultante en Sistemas Colaborativos.

Colaborativos.



Miguel A. Redondo es Licenciado en Informática (1997) por la Universidad de Granada (Spain) y Doctor en Informática (2002) por la Universidad de Castilla – La Mancha (Spain). Actualmente es Profesor en el Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información en la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla – La Mancha. En el campo de la investigación, su principal interés se sitúa en el área de las nuevas Tecnologías de la Información y las

Comunicaciones aplicadas sistemáticamente al soporte del Aprendizaje Colaborativo y a la mejora de los procesos de interacción Persona-Computador.



Crescencio Bravo es Profesor de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Escuela Superior de Informática en la Universidad de Castilla-La Mancha. Su investigación se centra en el desarrollo de mecanismos estructurados para el soporte del aprendizaje colaborativo, así como métodos computacionales de análisis del proceso y el producto en este tipo de sistemas. Actualmente, está investigando en el campo de la generación de consejo inteligente en el contexto de tareas de modelado.



Manuel Ortega es Licenciado y Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Barcelona. Es Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos en la Universidad de Castilla – La Mancha y Presidente de la Asociación para el Desarrollo de la Informática Educativa.

Capítulo 17

Editor web de objetos de aprendizaje soportado en .LRN para la plataforma educativa del proyecto E-LANE en la Universidad del Cauca (Colombia)

Carlos A. Lucero A., Diego F. Pino M. y Mario F. Solarte S.

Title—Learning objects' web editor supported on .LRN for the E-LANE project's learning platform in the Universidad del Cauca (Colombia).¹

Abstract—It describes the RACE (Ways of Learning on Educational Contents) system as applications and services set for the learning objects creation. RACE takes some student and technological key information as the learning profile, the internet speed connection, and the contents' usability. The system works on the web and it's supported on the LMS .LRN. RACE allows the Internet learning contents creation following the IMS Content Packaging and IMS Learning Resource Metadata specifications of the Sharable Content Object Reference Model (SCORM). A contents development and creation recommendations for the teacher in an on line educational system are given too.

Keywords—web editor, learning objects, openACS and .LRN.

Resumen—Se describe el sistema RACE (Rutas de Aprendizaje sobre Contenidos Educativos), como un conjunto de aplicaciones y servicios para la generación de objetos de aprendizaje teniendo en cuenta el perfil de aprendizaje, la velocidad de conexión y la usabilidad de los contenidos. RACE funciona a nivel web y está desarrollado sobre el LMS .LRN. RACE permite el desarrollo de contenidos educativos para Internet siguiendo las especificaciones IMS Content Packaging e IMS Learning Resource Metadata, definidas en el modelo SCORM. También se dan recomendaciones para el profesor durante la planeación y producción de contenidos en un sistema de educación en línea.

Este trabajo fue presentado originalmente en el Congreso Iberoamericano de Informática Educativa RIBIE 2006, Costa Rica.

Carlos A. Lucero A. es miembro del Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca (e-mail: clucero@unicauca.edu.co).

Diego F. Pino. M. es miembro del Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca (e-mail: dpino@unicauca.edu.co).

Mario F. Solarte. S es miembro del Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca (e-mail: msolarte@unicauca.edu.co).

Palabras clave— editor en línea, objetos de aprendizaje, openACS y .LRN.

I. INTRODUCCIÓN

EN el marco del proyecto E-LANE (European and Latin-American New Education) [1] en la Universidad del Cauca (Colombia) [2], se promueve la integración de una plataforma de código abierto, que entre sus componentes, incluye el desarrollo de contenidos educativos de alta pertinencia regional, de buena calidad y a bajo costo.

Este proceso actualmente se está realizando de manera sistemática con la participación de actores con conocimientos específicos en un determinado tema (profesores), actores encargados de sistematizar los contenidos (monitores), actores encargados de diseñar la presentación de dichos contenidos (diseñadores gráficos) y actores encargados de colocar a disposición de los estudiantes los contenidos creados (administrador) a través del LMS (Sistema de Gestión de Aprendizaje) .LRN [3], cada uno de estos actores, utiliza distintas clases de herramientas informáticas que no fueron construidas para integrarse fácil y automáticamente entre sí.

Los contenidos se ofrecen tanto a estudiantes que se conectan al entorno virtual desde el interior de la Universidad (Intranet) como a estudiantes que lo hacen desde afuera (Internet) a través de entornos virtuales de aprendizaje que soportan el estándar de objetos de aprendizaje SCORM [4].

Es de señalar que en el proceso convencional se diseña un único tipo de contenido, sin tener en consideración los perfiles de los estudiantes, como por ejemplo el estilo de aprendizaje, o las características de su sistema de acceso a Internet.

El proceso de construcción de contenidos digitales es altamente dependiente de los conocimientos de las personas que cumplen con los roles descritos anteriormente y es poco flexible en cuanto a gestión y actualización de los productos obtenidos al final del mismo.

Con el desarrollo del presente trabajo se brinda una alternativa al proceso actual, en la cual participan exclusivamente, en cuanto a la producción de objetos de

aprendizaje, el profesor y el estudiante tal como ocurre en un proceso educativo convencional. El profesor es el encargado de la construcción los contenidos desde la fase de planeación y desarrollo hasta su publicación en .LRN, sin la obligación de tener conocimientos en las labores que desempeñan los actores intermedios entre él y el estudiante.

También se ofrece un servicio que permite establecer el estilo de aprendizaje y detectar la velocidad de conexión de cada estudiante y de acuerdo a estos parámetros presentar una versión personalizada del contenido para ser desplegada al estudiante, muy importante en contextos de área rural, donde las condiciones de infraestructura distan mucho de ser las ideales.

En el anterior escenario, la formulación de una guía metodológica para la generación de los contenidos por parte del profesor, los aspectos relativos a los perfiles del estudiante y otros asuntos claves como la usabilidad de los contenidos, constituyen la base para obtener un sistema que incremente la calidad de los contenidos divulgados a través del LMS .LRN soportado en el servidor de aplicaciones OpenACS [5].

El presente artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan los antecedentes del trabajo; en la sección 3 se describe brevemente algunas herramientas existentes para la generación de contenidos al igual que las especificaciones que deberían ser consideradas en el proceso de generación de contenidos para ser distribuidos a través de un entorno virtual de aprendizaje; en la sección 4 se brindan algunas recomendaciones para la construcción de herramientas con soporte para la generación de contenidos educativos personalizados, usables y de despliegue eficiente en los navegadores Web de acuerdo al perfil del estudiante, también se ofrecen lineamientos para la creación de contenidos educativos, a nivel pedagógico, tecnológico y de usabilidad; la sección 5 describe cómo está constituido el sistema RACE, una iniciativa para la creación de contenidos educativos personalizados bajo una guía metodológica práctica, al igual que los servicios tanto para el profesor como para el estudiante que ofrece; finalmente se presentan las conclusiones obtenidas con la realización de este proyecto y el trabajo a futuro por hacer.

II. ANTECEDENTES

El presente proyecto realiza un aporte al mejoramiento de la calidad del entorno virtual de aprendizaje .LRN, un sistema de gestión de cursos y comunidades de código abierto escogido por el proyecto E-LANE como plataforma de soporte para la impartición de cursos en modalidad virtual debido a sus características de escalabilidad, robustez, extensibilidad y cumplimiento de estándares.

Las contribuciones realizadas están enmarcadas en los conceptos de adaptabilidad y usabilidad, con algunos elementos de accesibilidad; estos conceptos constituyen las características que deberían tener las herramientas

informáticas educativas y en especial los sistemas que posibilitan el aprendizaje a través de Internet.

Un sistema adaptable es aquel que permite al usuario cambiar ciertos parámetros del sistema y adaptar su comportamiento de acuerdo a sus necesidades. Un sistema usable es aquel que puede ser utilizado por los usuarios para alcanzar unos objetivos específicos al realizar una tarea con efectividad. Un sistema accesible es el que se acomoda, principalmente desde el punto de vista de las interfaces de usuario, a las diferencias de las personas permitiéndoles usarlo sin problemas.

Actualmente los sistemas educativos virtuales tratan de imitar las formas tradicionales de docencia del profesor y no consideran en algunos aspectos al aprendiz, por eso resulta importante no sólo el desarrollo de contenidos de calidad bajo ciertas recomendaciones pedagógicas y tecnológicas sino también la forma de aprender del estudiante (su estilo de aprendizaje) y la velocidad de su conexión a Internet. El sistema RACE (Rutas de Aprendizaje sobre Contenidos Educativos) se enfoca hacia la implementación de dichos aspectos en el LMS .LRN y se basa en la creación de una presentación adaptada de los contenidos al estilo de aprendizaje y a la velocidad de conexión del estudiante, según el tipo de recursos (texto, imágenes, audio, video, etc.) a presentarse para cada perfil.

RACE está compuesto por cuatro subsistemas, RACE Editor, una herramienta utilizada por el profesor para la creación y edición de contenidos educativos en el entorno virtual de aprendizaje .LRN, RACE Profile, una aplicación utilizada por el estudiante para el establecimiento de su perfil, en tercer lugar, un subsistema para la personalización de los contenidos creados mediante RACE Editor de acuerdo al perfil de estudiante establecido mediante RACE Profile, este subsistema está soportado tanto por el mismo RACE Editor en la parte de creación de contenidos personalizados como por un servicio llamado RACE Agent, por último, RACE Content, un servicio que posee los métodos adecuados para el procesamiento y entrega de los contenidos educativos.

III. ESPECIFICACIONES Y HERRAMIENTAS PARA LA GENERACIÓN DE CONTENIDOS

Es necesario generar estándares que permitan el uso eficiente de los contenidos en cualquier plataforma. La estandarización de las tecnologías aplicadas al aprendizaje busca hacer posible la reutilización efectiva de los materiales educativos y la interoperabilidad entre los diferentes LMS; se trata de crear cursos con contenidos de alta calidad basados en el aprovechamiento de material existente y la adaptación y adecuación del entorno de aprendizaje en función de los requisitos de conocimiento y preferencias del estudiante, lo que permite aumentar el rendimiento del tiempo empleado en el proceso formativo.

Al hablar sobre un estándar de *e-learning*, se hace referencia a un conjunto de reglas en común que especifican cómo se pueden construir cursos en línea y qué funcionalidad

deben incorporar las plataformas sobre las cuales son impartidos estos cursos de tal forma que puedan interactuar unas con otras. Estas reglas proveen modelos comunes de información para cursos de *e-learning* y plataformas LMS que básicamente permiten a los sistemas y a los cursos compartir datos y también brindan la posibilidad de incorporar diferentes piezas de contenido en un mismo curso. Además, definen un modelo de empaquetamiento de contenidos estándar; los contenidos pueden ser empaquetados como objetos de aprendizaje de tal forma que se puedan crear contenidos que puedan ser fácilmente reutilizados e integrados en distintos cursos. Los estándares permiten crear tecnologías de aprendizaje más sólidas que se desarrollan hasta permitir personalizar el aprendizaje basándose en las necesidades individuales de cada estudiante.

Existen organizaciones que han venido trabajando en el desarrollo de recomendaciones, especificaciones y modelos que posibilitan dicha interoperabilidad; entre las más importantes se encuentran: IEEE-LTSC [6], ADL [7], IMS Global Consortium [8] y AICC [9]. Entre estas organizaciones se destaca ADL por la creación del modelo de referencia para objetos de contenido compartible SCORM [3] que ha sido ampliamente aceptado en el campo de los sistemas de aprendizaje a través de Internet. SCORM es un modelo de referencia que incluye una serie de especificaciones y guías que contienen los requisitos imprescindibles que deben cumplir los contenidos educativos. Estos requisitos definen las pautas para la creación de contenidos formativos de tal manera que sea posible su reusabilidad, accesibilidad, interoperabilidad y durabilidad. Las especificaciones de SCORM detallan cómo deben construirse y publicarse los contenidos y como se relacionan y comunican dichos contenidos con los LMS. Para la implementación del sistema RACE fueron consideradas las especificaciones IMS Content Packaging [10] e IMS Learning Resource Metadata [11].

Una de las fases del desarrollo de este proyecto fue realizar una exploración tecnológica en cuanto a herramientas para la generación de contenidos, se tuvo en cuenta sólo los editores tipo Wysiwyg y Wysiwym dado que su uso es muy intuitivo y su dominio demanda poco tiempo de entrenamiento al profesor, de igual forma, se consideró que los usuarios del editor son profesores con escaso o nulo conocimiento en lenguajes de marcado.

En [12] se realizó un estudio sobre editores para la generación de contenidos en XML y se clasificaron en tres grupos diferentes: editores comerciales, de software libre o GPL (General Public License) y editores adaptables a la edición de material docente, los editores analizados fueron los siguientes:

- Editores comerciales: TurboXML [13], XMetal [14] y XMLSpy versión [15].
- Editores GPL: Amaya [16], HTML-KIT [17], XMLEditPro versión [18] y XMLOperator [19].
- Editores adaptables a la gestión de material docente: Course Composer versión 2.2 [20], Morphon XML-Editor versión 2.01 [21] y XML-Mind versión 0.9 [22].

Luego de la exploración realizada se decidió diseñar un editor con soporte para la producción de contenidos educativos con base en objetos de aprendizaje siguiendo la estructura de documentación planteada por DocBook y con base en el repositorio de contenidos de OpenACS, partiendo de la aplicación de creación de presentaciones llamada Wimpy Point que pertenece a OpenACS. Dicha estructura sugiere la segmentación de los contenidos con el fin de aumentar la reusabilidad de los mismos, es decir, que se maneje una estructura jerárquica en forma de árbol en la que los contenidos constituyen un libro, dividido en capítulos, cada uno de los cuales está constituido por secciones. La idea del concepto de segmentación es que cada tema del contenido constituya una sección y físicamente corresponda a un archivo con estructura DocBook. Por lo tanto, la información y los recursos (archivos adicionales que se agregan al contenido, como imágenes, animaciones, video, etc.) van a estar contenidos en las secciones y cada capítulo será un índice de las secciones que a él pertenecen y el *book* (que es un único archivo por cada curso) constituirá un índice de los capítulos en los que haya sido dividido el curso.

Muchas de las funcionalidades de Wimpy Point han sido incluidas en RACE Editor realizando cambios en la lógica del modelo de datos del paquete original para adecuarlo a la nueva estructura de contenidos utilizada así como también en la lógica de control y presentación. De este modo hubo necesidad de reescribir completamente la aplicación Wimpy Point. Adicionalmente fue necesario definir interfaces que permitieran implementar (por parte del subsistema RACE-Agent) toda la lógica requerida para ensamblar los contenidos adecuadamente, procesarlos y empaquetarlos de acuerdo a SCORM para finalmente publicarlos en el sistema repositorio de contenidos de aprendizaje (LORS) de .LRN. RACE Editor es una herramienta enfocada a ser utilizada por los profesores para producir contenidos en la plataforma en base a objetos de aprendizaje.

IV. GENERACIÓN DE CONTENIDOS Y RUTAS DE APRENDIZAJE PERSONALIZADOS

A continuación se presenta la descripción del proceso de caracterización de los elementos claves del perfil de los estudiantes dentro del proyecto E-LANE en la Universidad del Cauca. Los elementos identificados son el estilo de aprendizaje, la tecnología de acceso al entorno virtual de aprendizaje y la usabilidad de los contenidos.

La caracterización del estilo de aprendizaje se basa en el concepto de la psicología cognitiva² de estilos de aprendizaje, aspecto inherente a todo estudiante de cualquier área del conocimiento. El término **estilo de aprendizaje** se refiere al hecho que cada persona utiliza su propio método o estrategias

² Psicología Cognitiva: Es el ámbito de la psicología que estudia el pensamiento, el proceso mental que está hipotéticamente detrás del comportamiento. Este cubre una amplia gama de temas de investigación, examinando preguntas sobre los trabajos de la memoria, percepción, atención, razonamiento y otros procesos cognitivos superiores.

al momento de asimilar la información. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, tendencias que definen un estilo de aprendizaje. En los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones en este campo y para llevar a la práctica la teoría de los estilos de aprendizaje algunos autores han elaborado instrumentos y herramientas que posibilitan este diagnóstico. Entre estas investigaciones se encuentra la desarrollada por David Kolb quien formula un test relativamente fácil de entender por cualquier estudiante, utilizado como test de referencia en el subsistema RACE Profile.

En la Tabla I se muestran los estilos de aprendizaje definido por Kolb y el tipo de contenidos que podrían utilizarse teniendo como base las características de cada perfil.

TABLA I
Estilos de Aprendizaje según el Modelo de Kolb

Estilo	Características	Tipo de Contenidos
Convergente	Orientado a la tarea, pragmático	Orientado a Contenidos con una serie de ejercicios para poner en práctica los conceptos.
Divergente	Orientado a las personas, genera ideas, es muy sociable	Orientado a contenidos con una serie de links que lo lleven a aplicaciones que le permitan interactuar con otros estudiantes (foros, chats, blogs, etc).
Asimilador	Orientado a la reflexión, pensador abstracto	Orientado a contenidos con una fuerte carga teórica y preguntas abiertas que lo lleven a reflexionar sobre lo aprendido y a plantear nuevas preguntas.
Acomodador	Orientado a la acción, busca objetivos, impulsivo, espontáneo	Orientado a contenidos con una serie de ejercicios resueltos que expliquen el concepto

En cuanto a la parte de tecnología de acceso se tuvo en cuenta la velocidad de conexión con la cual cuenta el estudiante al momento de conectarse al LMS .LRN. También se exploró, aunque no en gran medida, algunas características de usabilidad de los contenidos desarrollados para entornos Web. A nivel del desarrollo de contenidos se tiene en cuenta el uso adecuado de los colores y por ello se utilizan las hojas de estilo en cascada definidas por el proyecto E-LANE para la presentación de los contenidos.

En .LRN no se cuenta con una herramienta de elaboración de objetos de aprendizaje, sin embargo LORS [23] permite el manejo de assets³ y en cierta medida SCO's⁴ una vez éstos se hayan creado. Por ello es importante tener en cuenta algunos lineamientos fundamentales para el desarrollo de una

herramienta Web que brinde soporte a la creación de assets y/o SCO's.

Se tiene además, que el desarrollo de objetos de aprendizaje (SCO's) y de assets, debe organizarse de una manera adecuada que para el caso de E-LANE en la Universidad del Cauca, permita la fácil/rápida utilización y aprovechamiento de la herramienta en desarrollo. Además, los profesores que construyan assets y/o SCO's deben seguir algunos lineamientos pedagógicos, a manera de guía metodológica, que permitan la creación de rutas de aprendizaje para los estudiantes.

Con el fin de alcanzar un máximo aprovechamiento de los lineamientos propuestos se decidió separarlos de la siguiente manera:

A. Lineamientos para la construcción de una herramienta Web con soporte para objetos de aprendizaje:

- Creación de contenidos en base a DocBook XML.
- Interfaz de usuario Wysiwyg o Wysiwym.
- Soporte a múltiples formatos de información (texto, imágenes, video, etc.)
- Personalización mediante hojas de estilo XSL, CSS.
- Manejo de roles y permisos de usuario.
- Soporte para agregar comentarios y revisiones.
- Previsualización de los contenidos antes de su publicación.
- Implementar las especificaciones IMS Content Packaging y Metadata.
- Publicación adecuada de los contenidos en el LMS.
- Exportación de los contenidos creados como paquete SCORM (este soporte por lo general lo brinda el LMS).

B. Lineamientos para la construcción de objetos y rutas de aprendizaje personalizados.

Recomendaciones pedagógicas:

- Especificar la intencionalidad formativa del curso
- Definir los objetivos del curso.
- Definir una organización adecuada de la información.
- Crear la estructura lógica del curso (temas, unidades didácticas, actividades de aprendizaje, etc.).
- Considerar el tiempo de duración de los contenidos.
- Establecer el diseño de presentación de los contenidos.
- Definir hacia qué perfil de estudiante (estilo de aprendizaje) irá dirigido el contenido.
- Establecer los objetivos para cada unidad didáctica.
- Definir el tipo de actividades a utilizar para conseguir dichos objetivos.

³ Asset: Representación electrónica de multimedia, texto, imágenes, sonido, páginas Web, piezas de datos en general.

⁴ SCO: Sharable Content Object.

- Crear el contenido de cada actividad.
- Agregar metadatos.
- Permitir revisiones y comentarios.
- Publicar los contenidos en un repositorio central.
- Evaluar la calidad de los contenidos publicados.

Recomendaciones Tecnológicas:

- Considerar la infraestructura tecnológica del estudiante (capacidad de conexión y disponibilidad de Internet).
- Utilizar múltiples formatos y calidades de los recursos que constituyen el contenido.
- Incluir recursos livianos, preferiblemente en formatos que implementen algún tipo de compresión

Recomendaciones de Usabilidad:

- Tener en cuenta la accesibilidad, navegabilidad, optimización y productividad del contenido.
- Usar un estilo de redacción apropiado a la documentación Web.
- Incluir hipervínculos en el contenido.
- Utilizar los colores adecuadamente.
- Tener en cuenta la distribución del contenido en pantalla.

V. SISTEMA RACE (RUTAS DE APRENDIZAJE SOBRE CONTENIDOS EDUCATIVOS)

El sistema RACE es un conjunto de aplicaciones y servicios desarrollado sobre la plataforma .LRN/OpenACS con el fin de proveer un mecanismo para la producción, ensamblaje y publicación de contenidos educativos teniendo en cuenta el perfil del estudiante. Este sistema ofrece personalización de los contenidos, desde el punto de vista de la presentación de los mismos, de acuerdo a las preferencias de aprendizaje y condiciones técnicas del estudiante.

A continuación se presenta una vista general del sistema y los elementos que interactúan con él:

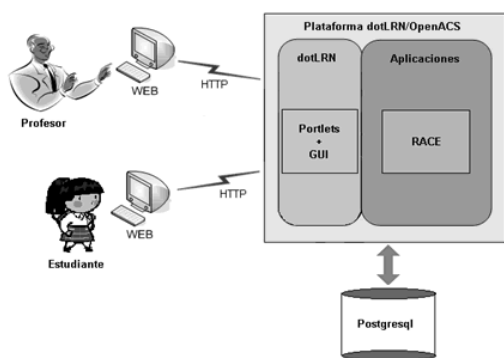


Fig. 1. Vista general del sistema RACE y su entorno.

Para facilitar el análisis, diseño, construcción e integración del editor el sistema fue dividido en cuatro módulos o subsistemas: Race Editor, Race Profile, Race Content y Race

Agent. A continuación se muestra la arquitectura del sistema y posteriormente se realiza una descripción de sus componentes

RACE Editor: Es un subsistema para la generación de contenidos educativos, utilizado por el profesor para crear contenido educativo personalizado de acuerdo al perfil del estudiante. Brinda soporte para la inserción de texto, imágenes y otro tipo de recursos como video y animaciones. La herramienta cumple con las recomendaciones para la construcción de una herramienta Web con soporte para contenidos educativos formuladas al interior de este mismo proyecto.

RACE Profile: Es un subsistema diseñado para ser utilizado por el estudiante. Incluye dos funcionalidades, una que le permite conocer su estilo de aprendizaje a través de la solución del test de estilos de aprendizaje de David Kolb. La otra aplicación permite determinar la velocidad de conexión del estudiante. Con estos dos parámetros el sistema reconoce que tipo de contenido será mostrado al estudiante.

RACE Content: Este subsistema está conformado por los procedimientos necesarios para el procesamiento de los contenidos creados por el profesor con RACE Editor, está apoyado con scripts en Bash y Perl que posibilitan el procesamiento y las transformaciones adecuadas del contenido con las hojas de estilo de Norman Walsh adaptadas por el equipo E-LANE en la Universidad Carlos III de Madrid para la creación de contenidos educativos. Además, dichos scripts también permiten el empaquetamiento de los contenidos de acuerdo a SCORM.

RACE Agent: Es un subsistema que posee la lógica de control necesaria para la interacción entre los diferentes módulos del sistema y el usuario. Permite la creación asincrónica de los contenidos entregados por RACE Editor, de acuerdo al nivel de carga del sistema en donde se está ejecutando la plataforma OpenACS, así como también reconoce hacia qué perfil está dirigido dicho contenido, además de desplegar en el repositorio de contenidos el nuevo material de aprendizaje creado. RACE Agent es el encargado de definir el tipo de contenido que se va a mostrar al estudiante de acuerdo a los datos suministrados por RACE Profile.

Los elementos mostrados en la Figura 2 son algunos de los paquetes de la plataforma utilizados por el sistema RACE para llevar a cabo las diferentes funciones que desempeña.

En la Figura 2 se ilustra la estructura general del sistema a implementar, en ella se puede observar claramente cada uno de los subsistemas que conforman RACE y los elementos que los constituyen:

Race Agent: está constituido por una parte de interfaz, cuya funcionalidad puede ser implementada en este caso por la aplicación LORSm, ya que permite que un estudiante pueda visualizar un contenido determinado almacenado mediante LORS en el *file storage*, de acuerdo a IMS Content Packaging, facilitando gran cantidad de métodos mediante el uso de interfaces, aunque esto implica limitarse a la implementación de una aplicación con poca realimentación por parte del estudiante. También se constituye de una lógica

de control que se encarga de la gestión de los otros subsistemas de RACE, y una lógica de comunicación con otras aplicaciones y programas externos a OpenACS.

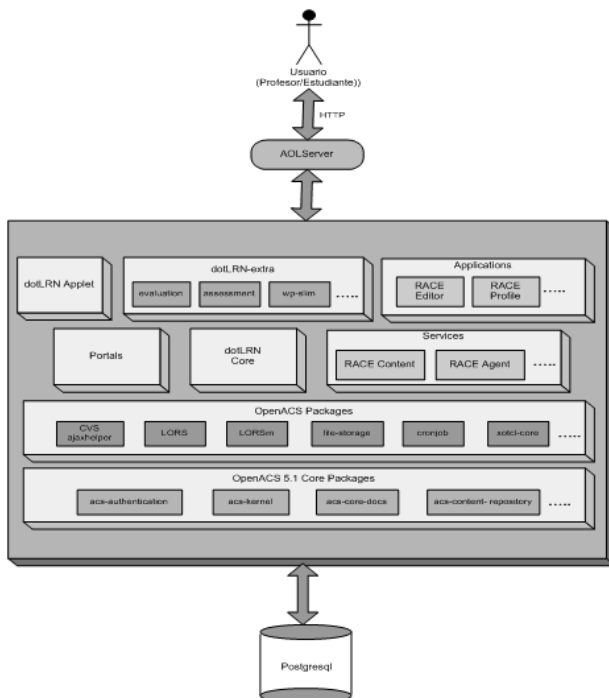


Fig. 2. Arquitectura del sistema RACE.

Race Editor: contiene toda la lógica necesaria para la creación y edición de objetos de aprendizaje como también para la comunicación con RACE Agent cuando el usuario desea almacenar un objeto de aprendizaje en LORS.

Race Content: está formado por un motor de contenidos que suministra servicios de gestión y/o procesamiento de contenidos.

Race Profile: con dos componentes como el tipo de conexión del estudiante y su estilo de aprendizaje. Ambos aspectos son utilizados en el proceso de personalización de los contenidos.

Los demás elementos no son incluidos dentro de alguno de los subsistemas anteriores pero se destacan en la Figura 3 debido al papel que cumplen dentro de todo el sistema. A continuación se describen estos componentes:

Scripts: Son un conjunto de comandos para automatizar ciertas tareas de aplicación. Se utilizó dos scripts en Bash, uno encargado de la transformación del contenido en html aplicando hojas de estilo XSL y el otro encargado del empaquetamiento de los contenidos HTML cumpliendo con la especificación content packaging de SCORM, finalmente otro script en Perl que posibilita la utilización de texto enriquecido en los contenidos.

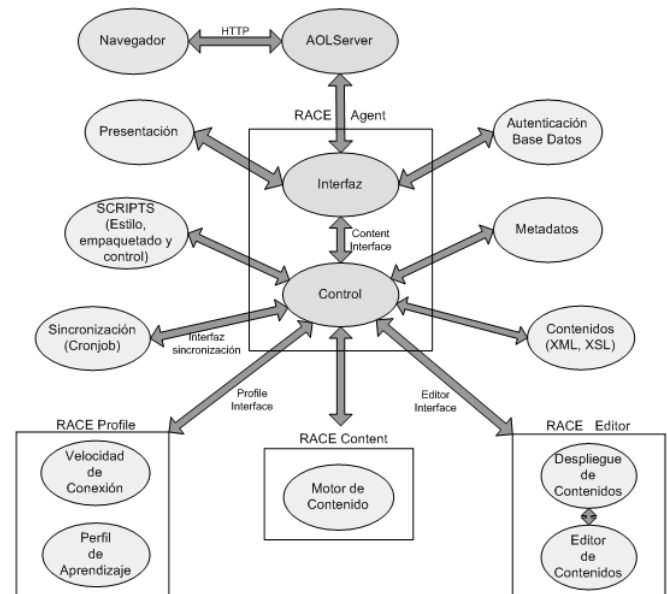


Fig. 3. Estructura del Sistema RACE.

Cronjob: Es un paquete de OpenACS que posibilita la sincronización de procesos. En este caso se encarga de sincronizar los Scripts con el sistema, pues se está teniendo en cuenta la carga del Servidor para llevar a cabo los diferentes procesos, de tal forma que sólo se ejecutan cuando el Servidor no está sobrecargado, lo que de otro modo podría implicar mucho tiempo de espera.

Autenticación: Se utiliza el sistema de autenticación de OpenACS.

Metadatos: Se pueden incluir los metadatos mediante el uso del script de empaquetamiento o también pueden ser agregados por el profesor gracias al uso de LORSm.

Los servicios que ofrece el sistema RACE se presentan a continuación:

Para el profesor:

- Descripción a través de metadatos, los contenidos de un curso.
- Definición un perfil de aprendizaje para los contenidos según los estilos de aprendizaje de Kolb.
- Definición el tipo de conexión óptimo para tener acceso al contenido digital.
- Especificación la estructura de agregación de componentes del contenido.
- Elaboración de los contenidos propiamente dichos con el soporte de un robusto y completo editor WYSIWYG llamado Xinha [24] para el manejo del texto e hipertexto; soporte para imágenes fijas y móviles, audio, y simulaciones cuyo orden de aparición puede ser escogido arbitrariamente.
- Creación y elección arbitraria de hojas de estilo es cascada css para ser aplicada al nuevo contenido, las css pueden ser creadas por el

profesor o se pueden usar css creadas por otros profesores.

- Estructuración de nuevos contenidos a partir de contenidos ya elaborados previamente.
- Enlaces a capítulos, secciones, imágenes o archivos dentro del mismo contenido o hacia recursos que estén en Internet.
- Previsualización de los contenidos elaborados con una navegación intuitiva a través de los mismos.
- Empaquetamiento de los contenidos digitales según los estándares IMS y SCORM.
- Habilitar o deshabilitar objetos de aprendizaje en el entorno virtual.
- Comentar contenidos elaborados por otros profesores.
- Gestionar los comentarios tanto de profesores y estudiantes sobre los objetos de aprendizaje.
- Manejar versiones de los contenidos elaborados.
- Exportar paquetes con objetos de aprendizaje para ser instalados en otros entornos virtuales de aprendizaje.

En la Figura 4 se ilustra una interfaz de previsualización de contenidos, con la opción de adicionar comentarios a las construcciones de los objetos de aprendizaje elaborados con la herramienta RACE.

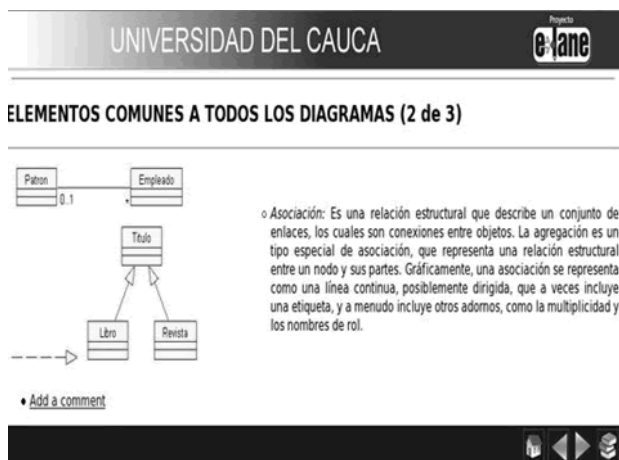


Fig. 4. Interfaz de Usuario de Previsualización de Contenidos.

Para el estudiante:

- Aplicación de un cuestionario para identificación del perfil de aprendizaje según Kolb.
- Gestión manual del perfil de aprendizaje como de su tipo de conexión.
- Tener acceso al contenido digital.
- Comentar los contenidos digitales.

En la Figura 5, se ilustra una interfaz de usuario en donde el estudiante selecciona manualmente el perfil de aprendizaje según el modelo de Kolb.



Fig. 5. Interfaz de Usuario del Estudiante del Sistema RACE.

VI. CONCLUSIONES

- Un entorno virtual de aprendizaje debe considerar el desarrollo y/o integración de herramientas para la generación de contenidos a nivel Web ya que permite crear contenidos educativos directamente sobre el entorno virtual, sin necesidad de utilizar herramientas de escritorio adicionales.
- La creación de contenidos educativos debe seguir algunas recomendaciones pedagógicas de usabilidad, accesibilidad, adaptabilidad y tecnológicas, que permiten que un contenido educativo sea de alta calidad, de fácil uso por parte de los estudiantes, accesible a usuarios con distintas capacidades físicas y mentales, flexible en cuanto al estilo de aprendizaje de los estudiantes y finalmente que tenga un despliegue rápido a nivel del Web.
- La personalización de los contenidos educativos a las preferencias de aprendizaje y condiciones técnicas del estudiante es un aspecto al cual se le debe dar soporte en cualquier entorno virtual de aprendizaje ya que genera una mejor disposición sobre los contenidos en el estudiante, hace eficiente la labor de apropiación de la información y por ende promueve un mejoramiento en la calidad del proceso formativo.
- El planteamiento de lineamientos fundamentales para la creación de contenidos debe estar ligado al uso de especificaciones tendientes a estándares como es el caso de IMS-SCORM y LOM, ya que esto permite que los contenidos educativos se aproximen a objetos de aprendizaje que puedan ser compartidos, reutilizados, almacenados en un repositorio de objetos de aprendizaje publico, descargados desde dichos repositorios, etc. Este tipo de procedimientos permiten el diseño y la creación de actividades de aprendizaje con el uso de contenidos educativos basados en objetos de aprendizaje.

- El sistema RACE es una buena iniciativa para la creación y gestión de contenidos educativos usables, adaptables y en menor medida accesibles, y que tienen en cuenta la importancia de algunos aspectos tecnológicos como es el caso de la velocidad de conexión, además de algunas recomendaciones pedagógicas esenciales. A pesar de todo la iniciativa del sistema RACE no cubre en suficiente medida dichos aspectos, tan solo constituye una base.
- El sistema RACE puede enfocarse a ser utilizado no solamente por el profesor sino también por el estudiante. El estudiante podría utilizar el editor para el desarrollo de sus tareas y trabajos y posteriormente colocarlos a disposición del profesor para su respectiva evaluación.
- Es mucha la funcionalidad que aun puede agregarse al sistema RACE, sin embargo, RACE editor puede ser presentado como un paquete estable a la comunidad académica de .LRN para su adopción como alternativa para la generación de objetos de aprendizaje, ya que ha estado en funcionamiento y ha sido depurado por tiempo suficiente como para considerarse una versión estable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a la Comisión Europea, financiado del proyecto E-LANE, y a los colegas investigadores de las distintas instituciones que hicieron parte de dicho consorcio por la colaboración recibida durante el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Proyecto E-LANE. Disponible en: <http://e-lane.org> consultado en 05-2006
- [2] Universidad del Cauca. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co> consultado en 03-2006
- [3] Sistema de Gestión de Aprendizaje .LRN. Disponible en: <http://dotlrn.org> consultado en 06-2006
- [4] Modelo de Referencia de Objetos de Contenido Compartible. Disponible en : <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm> consultado en 01-2006
- [5] Framework de aplicaciones Web OpenACS. Disponible en: <http://www.openacs.org> consultado en 06-2006
- [6] IEEE-LTSC. Disponible en: <http://ieeeltsc.org/> consultado en 01-2006
- [7] Advanced Distributed Learning. Disponible en: <http://www.adlnet.org> consultado en 15-2006
- [8] IMS Global Learning Consortium. Disponible en: <http://www.imsproject.org/> consultado en 02-2006
- [9] AICC. Disponible en: <http://www.aicc.org/> consultado en 01-2006
- [10] IMS Content Packaging. Disponible en: <http://www.imsproject.org/content/packaging/> consultado en 01-2006
- [11] IMS Learning Resource Metadata. <http://www.imsglobal.org/metadata/> consultado en 01-2006
- [12] V. Fresno-Fernández, S. Montalvo-Herranz, J. Pérez-Iglesias, J.A. Velázquez-Iturbide. "eXitor: a tool for the assisted edition of XML documents". Seventh International Conference on Electronic Publishing. Guimaraes, Portugal University of Minho. 25-28 June 2003. pp 308-315. ISBN 972-98921-2-1.
- [13] Turbo XML. Disponible en: <http://www.tibco.com> consultado en 01-2006
- [14] XMetal. Disponible en: <http://www.softquad.com/products/xmetal> consultado en 01-2006
- [15] XMLSpy. Disponible en: <http://www.xmlspy.com> consultado en 01-2006
- [16] Amaya. Disponible en: <http://www.w3c.org/amaya> consultado en 02-2006
- [17] HTML-KIT. Disponible en: <http://www.chami.com/html-kit> consultado en 01-2006
- [18] XMLEditPro. Disponible en: <http://www.daveswebsite.com> consultado en 01-2006
- [19] XMLOperator. Disponible en: <http://www.xmloperator.net> consultado en 01-2006
- [20] Course Composer. Disponible en: <http://www.myrnham.co.uk> consultado en 01-2006
- [21] Morphon XML-Editor. Disponible en: <http://www.morphon.com> consultado en 01-2006
- [22] XMLMind. Disponible en: <http://www.xmlmind.com/xmleditor> consultado en 04-2006
- [23] LORS. Disponible en: <http://www.openacs.org/xowiki/> consultado en 06-2006
- [24] XINHA. Disponible en: <http://xinha.webfactional.com/>



Carlos Lucero (Guachucal – Colombia, 1980). Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (Colombia), 2006. El es investigador del Grupo de Ingeniería en Telemática de la Universidad del Cauca. Sus áreas de interés y desempeño son el software libre, y el análisis y diseño de aplicaciones web y aplicaciones para dispositivos móviles.



Diego Pino (Popayán – Colombia, 1979). Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, (Colombia), 2006. El es investigador del Grupo de Ingeniería en Telemática de la Universidad del Cauca. Sus áreas de interés y desempeño son el desarrollo de aplicaciones en la web y los sistemas inalámbricos de comunicación de datos.



Mario Solarte (Pasto – Colombia, 1974). Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, (Colombia), 1998; candidato a Master en Ingeniería área Telemática. El es investigador del Grupo de Ingeniería en Telemática, e investigador principal del proyecto E-LANE (European and Latin-American New Education) en la Universidad del Cauca. Sus temas de interés y desempeño son los de la educación mediada por tecnologías de la información y la comunicación.

Capítulo 18

Diseño y Desarrollo de Herramientas para el Aprendizaje de Relaciones Semánticas presentes en el Lenguaje Natural

Antonio Vaquero Sánchez, Francisco Alvarez Montero y Fernando Sáenz Pérez

Title—Design and Development of Tools for Learning Semantic Relations present in Natural Language

Abstract—In our previous work, we used a methodology based on software engineering principles to develop tools for building and querying electronic dictionaries based on a DAG-shaped taxonomy, with language learning purposes. However, the tools do not enforce any kind of control over the use of the single semantic relation that is used during the DAG-shaped taxonomy construction. In order to teach specific semantic relations (e.g., is-a, member-of, component-of) the tools must control their appropriate usage, preventing learners from relying in their intuition to construct the taxonomy, and thus forfending them, from making inappropriate and inconsistent modelling choices. We intend to enforce such a control by providing relations with a set of properties defining their intension. Then, using these properties as an aide, the authoring tools could assist the author in determining, if between two concepts there can be a given semantic relation, by asking meaningful questions about its intension. This paper represents a first step towards that goal.

Keywords—Algebraic Properties, Control, Electronic Dictionaries, Intrinsic Properties, Methodology, Semantic Relations

Resumen—En trabajos anteriores, usamos una metodología basada en Ingeniería del Software para el desarrollo de herramientas para la creación y consulta de diccionarios electrónicos con una taxonomía en forma de grafo acíclico, con el propósito de potenciar el aprendizaje de lenguas. Sin embargo, las herramientas no imponen ningún tipo de control sobre el uso de la única relación semántica utilizada en la construcción de la

taxonomía. Para poder enseñar relaciones semánticas específicas las herramientas deben ser capaces de controlar el uso apropiado de dichas relaciones, impidiendo de que los usuarios se basen en su intuición para construir la taxonomía, evitándoles así tomar decisiones de modelado incorrectas e inapropiadas. Para imponer tal control nuestra idea es dotar a las relaciones semánticas con un conjunto de propiedades que definan su intensión. Entonces, usando estas propiedades como una ayuda, las herramientas de creación podrían asistir al usuario a la hora de que éste trate de enlazar dos conceptos utilizando una relación específica, haciéndole preguntas acerca de la intensión de la relación. Este artículo representa un primer paso hacia esa meta.

Palabras clave— Control, Diccionarios Electrónicos, Metodología, Propiedades Algebraicas, Propiedades Intrínsecas, Relaciones Semánticas

I. INTRODUCTION

EN artículos anteriores [1], [2], hemos declarado que la lengua es un valor importante, pero que dentro del aula, es sin embargo, un dominio del conocimiento bastante débil, debido a las dificultades técnicas que presenta tanto a los profesores como a los estudiantes. Se puede argumentar que esta deficiencia de conocimiento lingüístico puede ser mitigada usando recursos léxicos clásicos en formato de papel, como diccionarios, o utilizando sus versiones electrónicas.

Sin embargo, como señala [3], estos recursos presentan enormes restricciones en términos de acceso a las palabras, y a sus homólogos conceptuales: los significados. Por tanto, se debe disponer de entornos adecuados para el aprendizaje de lenguas, si se quiere paliar este tipo deficiencias [4]. Además, las interfaces de estos entornos deben ser diseñadas para proveer una manera intuitiva, coherente y efectiva de acceder a la información deseada dentro de la base de datos.

Hemos desarrollado varias herramientas [1], [2] que superan las deficiencias de la mayoría de los diccionarios electrónicos, al proveer un acceso a la información basado tanto en la forma como en el significado de las palabras [3], [5].

Las herramientas están basadas en una teoría descomposicional del significado de las palabras, que tiene

Este trabajo fue presentado originalmente al VIII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE2006, en San José, Costa Rica.

Antonio Vaquero Sánchez is Director of the Institute of Knowledge Technologies (Instituto de Tecnologías del Conocimiento), of the Complutense University of Madrid (UCM), Spain (phone: +34-913947622; fax: +34-913947529; e-mail: vaquero@ sip.ucm.es).

Francisco Alvarez Montero is with the Institute of Knowledge Technologies of the Complutense University of Madrid (UCM), Spain (e-mail: fjalvare@fdi.ucm.es).

Fernando Sáenz Pérez is with the Institute of Knowledge Technologies of the Complutense University of Madrid (UCM), Spain (e-mail: fernan@sip.ucm.es).

dos niveles de representación: un nivel conceptual-semántico, y otro sintáctico-semántico.

El primero está representado por una taxonomía conceptual u ontología que expresa el significado de las palabras, el segundo por palabras agrupadas en conjuntos de sinónimos (sysnets) donde información léxica-sintáctica puede ser registrada.

Además, las herramientas siguen un modelo constructivista [6], es decir, proveen medios para la reunión, representación (“externalización” en palabras de [7]), estructuración y creación de objetos a través de los cuales se puede navegar [8].

Este tipo de enfoque tiene varias ventajas educativas. Primero, la ontología sirve como una herramienta cognitiva útil para extender la memoria y facilitar el procesamiento de información, al permitir a un estudiante expresar significados y relaciones de forma directa [9].

Segundo, el agrupamiento de palabras (en synsets) es también cognitivamente útil, dado que el agrupamiento deja claro las similitudes y diferencias entre grupos [9].

Tercero, las relaciones léxicas y semánticas son un aspecto importante en el aprendizaje del lenguaje natural, porque al contrario de los diccionarios basados en papel, las personas no almacenan las palabras en orden alfabético, en vez de eso, lo hacen por significados y relaciones (enlaces/asociaciones entre palabras/conceptos) [3].

Además, las herramientas de autoría controlan la corrección de lo que se está construyendo, impidiendo a los usuarios aprender hechos erróneos.

Este enfoque basado en ontologías se está haciendo popular también en el área de “e-learning”, donde los “topic maps” son usados para la clasificación, navegación o exploración de conceptos, instancias, relaciones y recursos dentro de áreas temáticas específicas [10].

No obstante, el desarrollo de ontologías o taxonomías para propósitos educativos sufre de los mismos problemas de sus homólogos en Inteligencia Artificial: principalmente el mal uso y confusión de las relaciones semánticas [11], debido a la falta de mecanismos de validación de consistencia.

Aunque la comunidad de Inteligencia Artificial ya ha empezado a reconocer la importancia de tales mecanismos [12], [13], este tema ha sido ignorado por la comunidad de Informática Educativa [14].

Por ejemplo, en [10], los autores declararan que su herramienta para representar y estructurar contenidos educativos usa varias relaciones ontológicas (v.g., part-of, superclass-subclass, etc). Sin embargo, no describen ningún mecanismo de verificación para controlar su uso, y asegurar que el significado (cualquiera que este sea) de dichas relaciones sea respetado.

Nuestras herramientas sufren de esta misma falta de mecanismos, ya que sólo permiten representar una taxonomía basada en una sola relación implícita, cuyo significado preciso no está claro. Consecuentemente, el proceso de enlazar dos conceptos con esta relación siempre será subjetivo, es decir, dependiente del usuario y no de un objetivo determinado.

Sería relativamente fácil tomar nuestras herramientas, e integrar mecanismos de validación de relaciones como OntoClean [12] o Archonte [13]. Sin embargo, por razones que aduciremos después, estos enfoques no son del todo funcionales, ya que dejan el objetivo para el cual la ontología está siendo construida fuera de la ecuación, y se enfocan en los conceptos, no en las relaciones, para implementar sus métodos de validación de consistencia.

Además, hemos creado nuestras herramientas siguiendo nuestra propia metodología basada en el desarrollo de bases de datos relacionales y en principios de ingeniería del software [15], y pretendemos seguir usándola.

Por tanto, nuestra meta es ampliar la metodología para: a) ser capaces de representar más de una relación semántica en la construcción de la ontología; b) establecer claramente la intensión de cada relación; y c) controlar el uso de estas relaciones, y así evitar que los usuarios tomen decisiones de modelado incorrectas.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, señalamos los problemas taxonómicos comunes de diversos diccionarios electrónicos. En la sección 3, explicamos las diferentes metodologías para la estructuración de taxonomías que se encuentran disponibles. En la sección 4, describimos un conjunto de ideas que pretenden ayudar a los desarrolladores a representar más de una relación semántica, a especificar en más detalles el significado de cada una, y a controlar su utilización. En la sección 5, presentamos un modelo conceptual que integra las ideas antes mencionadas. Finalmente, en la sección 6, presentamos nuestras conclusiones y el trabajo futuro.

II. RELACIONES SEMÁNTICAS EN DICCIONARIOS ELECTRÓNICOS

En sus nuevos formatos electrónicos, los diccionarios tienen un tremendo potencial, suponiendo que se construyan de tal manera que se puedan no sólo por experto o máquinas, sino también por usuarios no expertos y estudiantes. Sin embargo, a pesar del enorme interés en diccionarios electrónicos en general, poca atención se la ha dado a este último tipo de usuarios [5], [16].

Una de las características más importantes que está presente en cualquier diccionario (electrónico o no) es la presencia de relaciones semánticas, que en conjunto forman una red semántica. Sin embargo, estas redes o jerarquías presentan defectos.

Por ejemplo, aunque las versiones electrónicas de los diccionarios de papel (también llamados en Inglés “machine readable dictionaries”) son citadas como recursos útiles para el aprendizaje de idiomas [16], las relaciones en estos recursos son implícitas, y difíciles de detectar por el usuario.

Además, la información que poseen estos recursos está mezclada de tal manera, que las redes relacionales de estos diccionarios contienen definiciones circulares, así como circularidades y rupturas en la representación de conocimiento (v.g., una espátula es un contenedor/a spatula is a container) que pueden obstaculizar el proceso de aprendizaje de

vocabulario. La Fig. 1, tomada de [17], ilustra una ruptura en la representación de conocimiento en uno de estos diccionarios electrónicos.

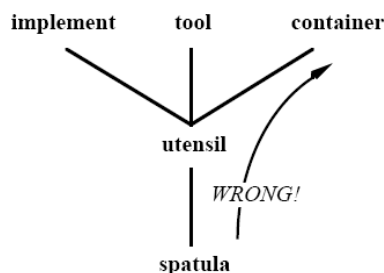


Fig. 1. Una espátula es un contenedor

En WordNet [18], un diccionario ampliamente citado [5], [19] por la comunidad de Aprendizaje de Idiomas Asistido por Ordenador (ALAO o CALL por sus siglas en Inglés), las relaciones “is-a” y “part-of” entre synsets (la estructura que usa WordNet para representar conceptos) no son usadas de una manera consistente.

Por ejemplo, Burgun y Bondenreinder [20] informan que de acuerdo a las relaciones taxonomicas entre los hiperónimos de fiebre/fever en WordNet 1.6, fiebre termina siendo categorizada como una característica psicológica o “psychological feature”. La Fig. 2 muestra este error.

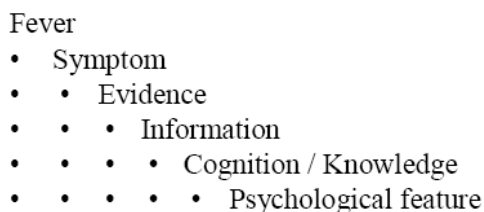


Fig. 2. Fiebre es una característica psicológica

Otro diccionario que presenta problemas similares, con respecto al uso de relaciones semánticas es SNOMED-RT [21]. En este diccionario, podemos encontrar errores como el de ambos testículos son un testículo o “both testes is-a testicle” [22]. La Fig. 3 ilustra este error.

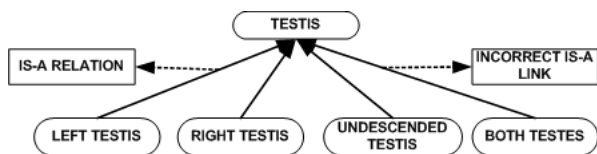


Fig. 3. “Both testes is-a testis”

Los errores antes citados claramente señalan que inclusive mnemónicos aparentemente inofensivos como “is-a” deben manejarse con cuidado mientras se construye una red u ontología, para de esta manera, minimizar el efecto de decisiones de modelado incorrectas y estructurar coherentemente la ontología

Si una herramienta ha de permitir a un estudiante crear una ontología de manera constructiva, dicha herramienta debe ejercer un control sobre el uso que haga el usuario de las

distintas relaciones semánticas, a través de mecanismos de verificación, de manera que la red semántica no sea creada (como pasó con los diccionarios electrónicos, WordNet y SNOMED-RT) dependiendo en la intuición de su(s) creador(es).

Sin embargo, aunque el detectar errores en las entradas del usuario, en términos de la utilización de relaciones es un aspecto clave en cualquier esfuerzo de construcción de un modelo conceptual u ontología, las iniciativas para proveer mecanismos de control para este tipo de proceso han sido marginales: a saber las metodologías OntoClean [12] y Archonte [13].

Estas dos metodologías son similares, pero al mismo tiempo, como veremos abajo, siguen enfoques opuestos para lograr la misma meta.

III. METODOLOGÍAS PARA ESTRUCTURAR TAXONOMÍAS

A. OntoClean

OntoClean está fundada en las ideas filosóficas y metafísicas del esencialismo [23], que establecen que para cualquier tipo específico de entidad (v.g., un tigre), es teóricamente posible especificar una lista finita de propiedades (v.g., las metapropiedades de rigidez, identidad y unidad de OntoClean) las cuales una entidad debe tener para pertenecer a un grupo específico o clase natural (v.g., ver la tabla de propiedades y la taxonomía de clases en [12]).

También está influenciada por las ideas del esencialismo psicológico [24], que enuncia que el mundo está dividido en esencias de las cuales se pueden inferir propiedades preestablecidas (v.g., las metapropiedades antes mencionadas), y que estas propiedades juegan un papel clave en nuestras tareas diarias de razonamiento y categorización, al dar soporte a nuestras inferencias acerca de la pertenencia a una entidad o a una clase natural.

Por tanto, OntoClean puede ser entendida como una heurística para el razonamiento y un sistema de inferencia que establece que la compatibilidad entre las metapropiedades que definen la esencia de los conceptos, determina si un concepto puede subsumir a otro y viceversa.

Sin embargo, una teoría global de referencia y categorización, independiente de cualquier dominio, problema y tarea como la que OntoClean propone no es posible. Trabajos recientes en psicología cultural muestran diferencias cognitivas sistemáticas entre asiáticos y occidentales, y algunos trabajos apuntan que esto se extiende también a las intuiciones filosóficas [25]

Parece que los creadores de OntoClean consideran sus propias intuiciones con respecto a los referentes de los objetos, y la de sus colegas filosóficos como universales, y la evidencia sugiere que está mal asumir “a priori”, la universalidad de sus propias intuiciones semánticas.

Si los últimos 30 años de investigación en ciencia cognitiva nos han enseñado algo, es que muchas de nuestras intuiciones,

tendencias y procesos cognitivos son inescrutables a través de la mera la reflexión (filosófica).

De hecho, es por esto que la psicología cognitiva es tan útil. Si simplemente pudiésemos descubrir lo que hacen nuestras mentes, a través de una reflexión disciplinada, y esto es lo que hacen los filósofos que estudian la referencia, no tendríamos necesidad de hacer experimentos con terceras personas.

Además, es interesante notar que sólo las relaciones “is-a” y “part-of” están fuertemente definidas en OntoClean. Consecuentemente, cualquier otra relación que se salga del ámbito de la metodología no puede ser descrita o controlada.

Por tanto, el limitado número de abstracciones con las que OntoClean pretende dominar la complejidad de cualquier dominio, y estructurar una ontología no es suficiente.

B. Archonte

Archonte se basa en el trabajo de [26], quién establece que inclusive para dominios bien definidos, las normas que fijan el significado de una palabra y de su referente (v.g. su concepto) no pueden ser previstas, y que el significado de las palabras es inmanente a una situación dada y contexto de utilización. Archonte alega que provee a los conceptos con un significado dependiente del dominio y la tarea, por medio de las similitudes y diferencias que una unidad lingüística tiene con otras unidades vecinas en el mismo contexto de uso, y que estas diferencias y similitudes pueden encontrarse analizando un corpus.

Esta metodología requiere el uso de herramientas de extracción terminológica para descubrir palabras candidatas a conceptos del corpus. Una vez que se ha hecho esto, utiliza un conjunto de principios o propiedades diferenciales [13], para crear y estructurar una taxonomía básica o “backbone taxonomy” (posiblemente basada en la relación “is-a”), donde las diferencias y similitudes entre conceptos son expresados en lenguaje natural. En esencia, esto es muy parecido a las taxonomías o redes semánticas que pueden ser creadas usando las definiciones de los sustantivos en los diccionarios electrónicos. [27].

Sin embargo, mientras que las taxonomías de estos diccionarios contienen circularidades y rupturas en la representación de conocimiento, Archonte provee un método manual con el cual construir taxonomías lingüísticas apropiadamente estructuradas a partir de las palabras y con la ayuda de un experto.

Ya que estos principios van adheridos a los conceptos, aquí yace la similitud con OntoClean. Para estructurar una ontología, son los conceptos (no las relaciones) los que deben tener un conjunto de (meta)propiedades que determinen si una relación semántica puede existir entre ellos.

No obstante, aunque Archonte establece que es dependiente del dominio y la tarea, está claro que es solamente dependiente del dominio. Los conceptos y relaciones son obtenidos al procesar un corpus dependiente del dominio, pero el corpus en si es independiente de cualquier tarea, así como también el conjunto de propiedades usadas para organizar los conceptos.

IV. CARACTERIZANDO LAS RELACIONES CON PROPIEDADES

Dada la evidencia, está claro que el control de las relaciones semánticas no puede hacerse utilizando solamente las propiedades de los conceptos, y con un conjunto limitado de relaciones.

Además, dicho control no es ni algo que deba hacerse al final (v.g., como lo hace OntoClean) ni manualmente (v.g., como lo hace Archonte), sino permanentemente. Por tanto, el entorno de desarrollo debe ejercer este tipo de control a lo largo del proceso de autoría.

Consecuentemente, nuestra posición es que si a las relaciones semánticas, no a los conceptos, se les da un conjunto de propiedades que definan su intensión; entonces, utilizando estas propiedades como una ayuda, la(s) herramienta(s) de autoría puede hacerle preguntas significativas al usuario para evitarle tomar decisiones de modelado incorrectas.

Se puede discutir que el uso de propiedades para representar la semántica de las relaciones no es algo nuevo. Sin embargo, al contrario de lo que se ha hecho en el pasado [28], creemos que estas propiedades deberían estar enfocadas en el dominio a ser modelado, el problema a ser resuelto y la tarea a llevar a cabo, en vez de darle a estas propiedades un carácter universal.

En consecuencia, dividimos estas propiedades en algebraicas denotando aquellas propiedades necesarias para hacer silogismos válidos (v.g., transitividad, asimetría, reflexividad), y propiedades intrínsecas representando hechos son difíciles de formalizar, es decir, propiedades dependientes del problema y la tarea. La Fig. 4 muestra este enfoque.

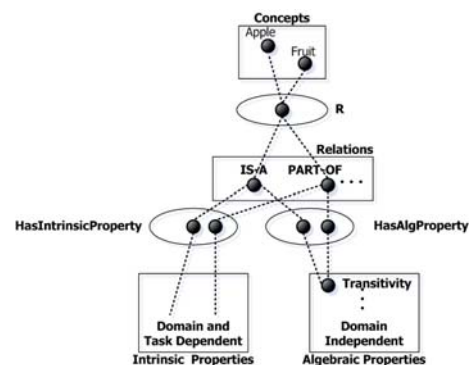


Fig. 4. Representando relaciones con propiedades algebraicas e intrínsecas

Sin embargo, la construcción de la ontología y la aplicación de las propiedades no se hace directamente. Necesitamos un estado inicial antes de empezar a estructurar la ontología y usar las propiedades antes mencionadas.

Por tanto, en vez de construir la ontología de la raíz hacia abajo, seguimos un enfoque “bottom-up”, donde la idea es movernos de un conjunto de términos hacia un grupo de conceptos que referencian estos términos, para así formar una estructura lexico-conceptual primitiva (ELCP) desprovista de relaciones taxonómicas, cuyos conceptos serán organizados

más tarde, como una ontología, mediante un conjunto de relaciones semánticas.

En esta ELCP, cada concepto tiene una definición intensional dada en lenguaje natural. Además, cada definición intensional contiene una colección de palabras claves, seleccionadas por el usuario, las cuales están ya contenidas en la definición, que nos ayudarán, por medio de la herramienta de autoría, a relacionar un concepto con otros conceptos y términos. La Fig. 5 muestra este enfoque.

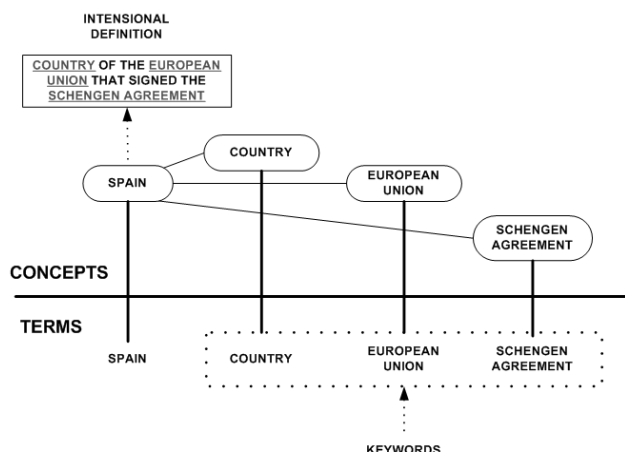


Fig. 5. Ejemplo de una Estructura Lexico-Conceptual Primitiva

En la Fig. 5, el concepto "Spain" tiene una definición con tres palabras clave ("Country", "European Union" y "Schengen agreement"). Estas tres palabras son usadas para asociar los conceptos "Spain", "Country", "European Union" y "Schengen agreement".

Aquí es importante subrayar que las herramientas de autoría deben asegurar la completitud de la ELCP, es decir, si en una definición intensional, el autor selecciona una palabra clave que no existe, entonces, esta palabra debe ser creada e incluida como parte del conjunto de términos y conceptos de la ELCP.

Además, si se da la situación donde un término dado sea polisémico, entonces, las herramientas deben señalar este hecho, y forzar al desarrollador a escoger entre los diferentes conceptos que denotan al término.

Una vez que la ELCP se ha completado, entonces podemos empezar a organizar los conceptos usando un conjunto de relaciones significativas. Sin embargo, varias preguntas interesantes surgen aquí. Primero, ¿hay un conjunto de relaciones que sea común a todos los dominios, problemas y tareas? Segundo, ¿cual de todas las posibles relaciones es la primera relación que se debe utilizar para estructurar un dominio?

Para la primera pregunta, afirmamos que de la misma manera que el conjunto vacío ($\emptyset$) es parte de todos los conjuntos posibles, hay un conjunto de relaciones que siempre será parte de cualquier conjunto de relaciones, el conjunto formado por las relaciones "is-a" y "part-of": {"is-a", "member-of"}.

En cuanto a la segunda pregunta, la primera relación que debe ser usada es "member-of", ya que siempre empezamos la construcción de un modelo del dominio identificando o seleccionando un conjunto de objetos de interés. Entonces, la relación "is-a" aparece al descubrir las propiedades comunes de todos los miembros pertenecientes a un conjunto extensión. La Fig. 6, ejemplifica esta idea.

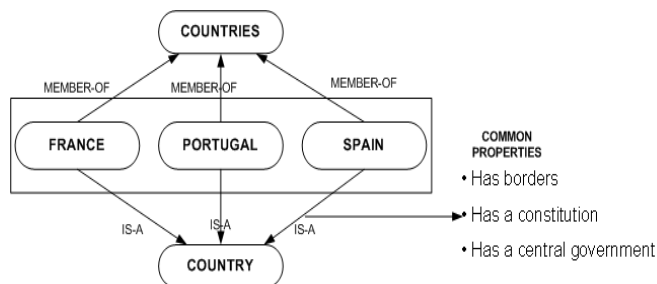


Fig. 6. Usando las relaciones "member-of" e "is-a" para Construir un Modelo del Dominio

Otra relación que puede aparecer frecuentemente es la "component-of", que denota un objeto o concepto compuesto por otros, que en la ausencia de alguno de sus componentes deja de existir.

La razón de ser de estas ideas es que con estas tres relaciones, como veremos más tarde, podemos echar abajo errores comunes y modelar correctamente ontologías que han sido previamente mal modeladas. Pero primero, daremos un ejemplo de la utilización de las propiedades algebraicas e intrínsecas.

Por ejemplo, supongamos que estamos tratando de desarrollar una ontología para dar soporte a un sistema de información legal, para tratar temas relacionados con los movimientos entre fronteras en países signatarios del tratado de Schengen, y que ya hemos construido nuestra ELCP.

En este punto, si quisiéramos enlazar el concepto "Spain" con el concepto "Schengen agreement" usando la relación "is-a", el sistema sólo permitiría esta operación si "Spain" cumpliera con todas las propiedades algebraicas e intrínsecas desde su nivel de profundidad hasta la raíz. La Fig. 7 muestra esta idea.

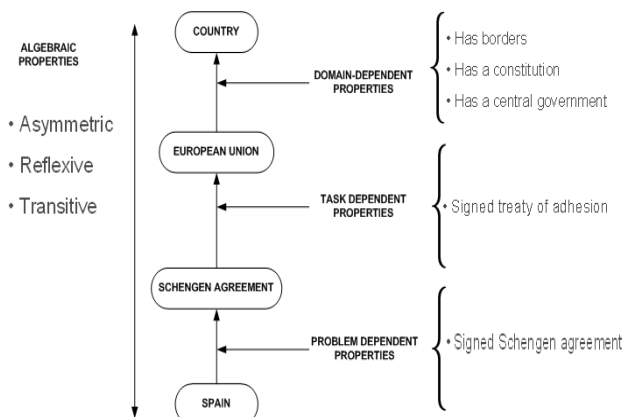


Fig. 7. Propiedades algebraicas e intrínsecas a lo largo de una sola relación

En consecuencia, tenemos que para cualquier dominio, problema y tarea, una ontología estará determinada, primero por una ELCP, y luego por un conjunto de relaciones semánticas, donde cada relación tiene su propio grupo de propiedades algebraicas e intrínsecas.

Ahora, para probar la utilidad de el conjunto común de relaciones mencionadas anteriormente, remodelemos (sin propiedades algebraicas e intrínsecas ya que es un ejemplo trivial) el error “both testes is-a testis” de [22] representado en la Fig. 3.

Primero tenemos que los conceptos “undescended testis”, “left testis” y “right testis” representan un concepto extensión del cual son miembros, denotado por el plural “testes”. La Fig. 8 ilustra este hecho.

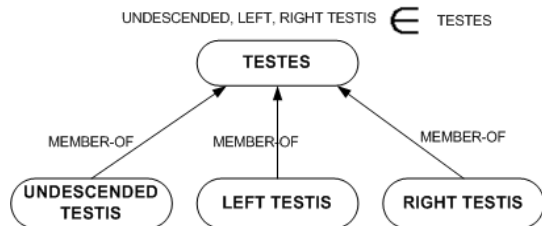


Fig. 8. La Estructuración comienza con la Relación “member-of”

El concepto “testis” es creado como resultado de la abstracción de las propiedades comunes de todos los “testes” y la relación “is-a” aparece naturalmente. La fig. 9 muestra este proceso.

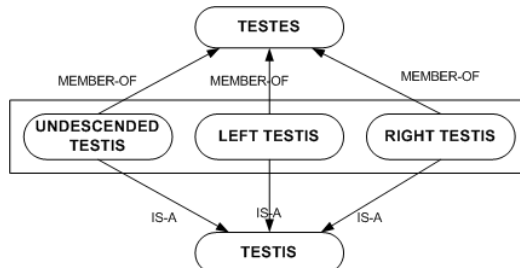


Fig. 9. Testis es la abstracción de tres “testes” diferentes

Después de esto, queda claro que “both testes” es un subconjunto especial del conjunto extensión “testes”, y que la siguiente relación que aparece naturalmente es “component-of”, tal y como se muestra en la Fig. 10.

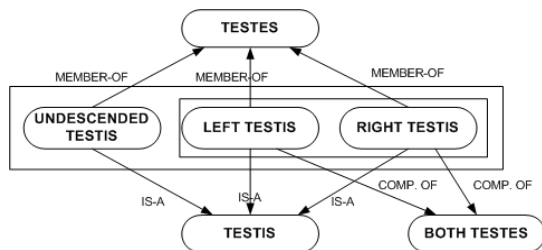


Fig. 10. “Both testes” es un subconjunto especial de “Testes”

La justificación detrás de las figuras 8, 9 y 10 es que debemos agotar las relaciones basadas en conjuntos (set theoretic relations) antes de movernos hacia otras relaciones

que no lo son como la “adjacent to” que hemos descrito en [28]. También implica que: a) una sola relación (“is-a” o “subsumption”) siempre nos inducirá a errores; b) “member-of” e “is-a” siempre deben contemplarse; y c) la complejidad de los dominios debe ser atajada relación por relación.

V. DISEÑANDO UN DICCIONARIO ELECTRÓNICO BASADO EN ONTOLOGÍA

En nuestro trabajo previo [1], [2] desarrollamos un par de herramientas para la construcción y consulta de diccionarios basados en ontologías con propósitos educativos. Sin embargo, ambas tanto los modelos conceptuales como las herramientas tenían varios defectos con respecto a la representación de relaciones.

El primer modelo, como puede verse en la Fig. 11, sólo permitía crear una ontología con estructura de árbol, y con una sola relación implícita de significado indefinido. El segundo modelo, que se muestra en la Fig. 12, aunque permitía la construcción de una ontología en forma de grafo acíclico, retenía el mismo defecto en términos de representación de relaciones.

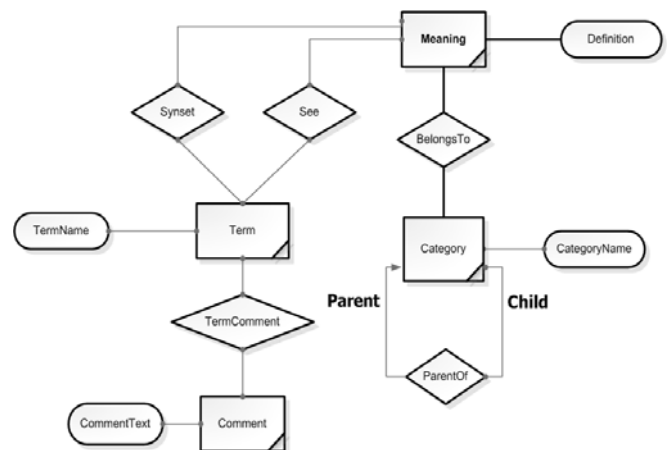


Fig. 11. Modelo E-R para un diccionario monolingüe con una ontología en forma de árbol

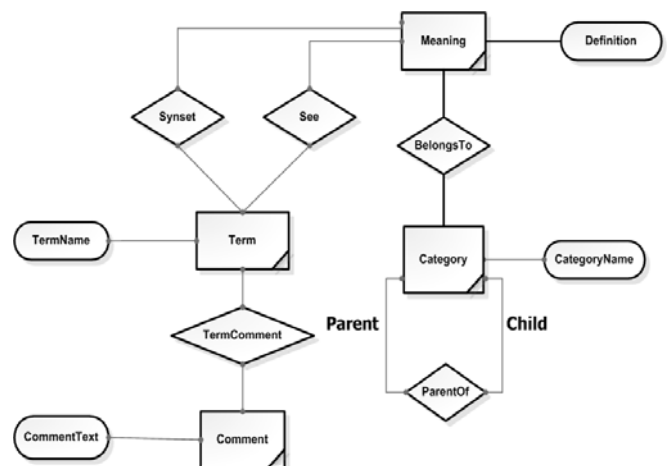


Fig. 12. Modelo E-R de un diccionario monolingüe con una ontología en forma de grafo acíclico

Pare poder superar estas limitaciones e incluir las ideas que presentamos en la sección 4, introducimos un nuevo modelo E-R de una diccionario electrónico basado en ontología (ver Fig. 13), que representa el resultado de la primera fase de diseño (modelado conceptual).

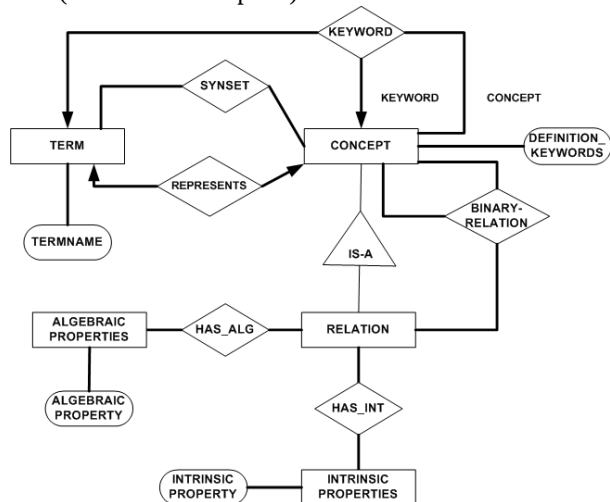


Fig. 13. Modelo E-R para un diccionario con multiples relaciones

A. Conjuntos de Entidades

El conjunto de entidades “Term” representa todos los terminus que componen el diccionario, y cada término está simbolizado por un nombre representado por el atributo “TermName”.

El conjunto de entidades “Concept” denota el significado de las palabras y tiene un atributo: “Definition_Keywords”. Este atributo representa la definición intensional de cada concepto, así como el conjunto de palabras clave que pueden ser parte de cada definición.

El conjunto de entidades “Relation” representa todas las relaciones en la ontología. El conjunto de entidades “Algebraic properties” e “Intrinsic properties” corresponde al grupo de propiedades algebraicas e intrínsecas que una relación dada puede tener respectivamente.

B. Conjuntos de Relaciones

El conjunto de relaciones “Synset” representa a un conjunto de términos correlacionados con un concepto dado. “Synset” tiene una cardinalidad de muchos a muchos para denotar la sinonimia y la polisemia, ya que un concepto puede ser expresado por varios términos y un término puede representar varios conceptos.

El conjunto de relaciones “Represents” se usa para establecer que para un conjunto de sinónimos, hay un término que es representativo del concepto denotado por ese conjunto. “Represents” tiene una cardinalidad de uno a uno porque, se asume que solamente un término del conjunto de sinónimos puede ser representativo, y que es poco probable que el mismo término pueda ser representativo de conjunto de sinónimos diferente.

El conjunto de relaciones “Keyword” establece que un concepto puede estar relacionado con otro concepto por medio

de un término (una de las palabras clave en la definición) y que este término denota a un concepto. “Keyword” tiene una cardinalidad de muchos a muchos de su lado recursivo porque un concepto puede estar relacionado (a través de sus palabras clave) con uno o más conceptos, y es de uno a muchos entre “Term” y “Concept” porque cada concepto está denotado por un solo término.

El conjunto de relaciones “Binary relation” se usa para establecer que un concepto está relacionado con otro concepto a través de una relación semántica binaria. Su cardinalidad es de muchos a muchos porque un concepto puede estar enlazado a muchos conceptos, y un concepto puede estar enlazado con otros conceptos a través de muchas relaciones.

El conjunto de relaciones “Has_Alg” y “Has_Int” representa la idea de que una relación puede tener un conjunto de propiedades algebraicas y propiedades intrínsecas respectivamente. Ambos conjuntos tienen una cardinalidad de muchos a muchos porque una relación puede tener varias propiedades algebraicas e intrínsecas y la misma propiedad algebraica o intrínseca puede estar presente en diferentes relaciones.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Estructurar una ontología y enlazar conceptos a través de relaciones semánticas son procesos de toma de decisiones que normalmente permanecen oscuros y subjetivos. Los entornos de desarrollo de ontologías tradicionales no consideran como se toman este tipo de decisiones, y como una computadora puede ayudar a mejorar la claridad de tales decisiones.

Creemos que este proceso debe estar basado en la cooperación provista por un dialogo continuo entre el usuario y el sistema. El corolario de este dialogo será el uso coherente de las relaciones semánticas, destinando poder de computo, a un punto específico de la construcción de ontologías, que sufre de errores o deficiencias por parte del usuario.

Para llevar esto a cabo, hemos propuesto un enfoque de estructuración de ontologías dividido en dos niveles. En el primero, nos movemos de los términos a los conceptos para crear una ELCP. En el segundo, en vez de seguir el principio estándar de abstracción de clases, utilizamos uno de construcción de conjuntos, que junto con las propiedades algebraicas e intrínsecas puede ser usado para estructurar coherentemente una ontología.

Un hecho que cabe señalar., es que estas ideas no solamente ayudarán en la estructuración de la ontología con respecto a una tarea dada dentro de un dominio, pero también servirá para enseñar como utilizar apropiadamente estas relaciones en la construcción de diccionarios para el aprendizaje de idiomas.

Las relaciones escogidas pueden variar de dominio en dominio y de tarea en tarea. Sin embargo, dos relaciones que siempre debemos tener en cuenta en el proceso de construcción del diccionario son la “member-of” y la “is-a”, ya que aparecen de manera natural en la construcción del modelo de un dominio.

También introducimos y presentamos un sólido modelo conceptual para diccionarios monolingües basados en ontologías, que toma en cuenta las cuestiones de representación de conocimiento con respecto a la caracterización de relaciones semánticas con propiedades y su uso para el control y verificación durante el proceso de construcción de la ontología.

Basándonos en este modelo conceptual, actualmente estamos en el proceso de construir las herramientas de autoría de diccionarios. El trabajo futuro incluye instalar estas herramientas en el aula, así como probarlas mediante la creación y consulta de diccionarios específicos para ver si los objetivos pedagógicos previstos son cumplidos.

REFERENCIAS

- [1] Vaquero, A., Sáenz, F. and López, C., "Herramientas para la Creación de Diccionarios Monolingües con Objetivos Pedagógicos". Challenges 2003 – 5th International Symposium on Computers in Education (SIEE, 2003), 2003.
- [2] A. Vaquero, F.J. Álvarez, and F. Sáenz, "Learning Linguistic Concepts through the Construction of Dictionaries with a DAG shaped Taxonomy". In New Trends and Technologies in Computer-Aided Learning for Computer-Aided Design, Springer, 2005, pp. 91-106.
- [3] Bilac, S. and Zock, M., "Towards a User-Friendly Dictionary Interface". In Proceedings of the Papillon 2003 Workshop, 2003.
- [4] Zeltzen, D. and Addison, R. K., "Responsive Virtual Environments". Communications of the ACM, 40(8), 1995.
- [5] Zock, M., "Electronic Dictionaries for Men, Machines or for both?" Third Papillon seminar, 2002.
- [6] Cabrera, A., "Informática educativa: La revolución constructivista". In Informática y Automática, 28(1), 1995
- [7] Vygotsky, L. Thought and Language, The MIT press, 1986.
- [8] Zeiliger, R., Belisle, C., Cerratto, T., "Implementing a Constructivist Approach to Web Navigation Support". In proceedings of the EDMEDIA'99 Conference, 1999.
- [9] Tversky, B., "Some ways that maps and diagrams communicate". In Freksa, C., Brauer, W., Habel, C., and Wender, K. F.(eds). Spatial cognition II: Integrating abstract theories, empirical studies, formal models, and practical applications. Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- [10] Dicheva, D., Dichev, C., Wang, D., "Visualizing Topic Maps For E-Learning". In proc. of the Workshop on Applications of Semantic Web in E-Learning, 2005.
- [11] Guarino, N., "Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources". In proc. of the First International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC), 1998, pp. 527-534.
- [12] Guarino, N. and Welty, C., "An Overview of OntoClean". In Steffen Staab and Rudi Studer (Eds.): The Handbook on Ontologies, 2005, pp. 151-172.
- [13] Bachimont, B., Isaac, A. and Troncy, R., "Semantic Commitment for Designing Ontologies: A Proposal". In Proc. Of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, LNAI 2473, 2002, pp. 114-121.
- [14] Rath, H.H., "Making topic maps more colourful". In proceedings of XML Europe 2000 Conference, 2000. Available at: <http://www.gca.org/papers/xml europe2000/papers/s29-01.html>
- [15] Sáenz, F. and Vaquero, A., "Applying Relational Database Development Methodologies to the Design of Lexical Databases". Database Systems 2005, IADIS Virtual Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS 2005), 2005.
- [16] Hasan, Maruf, Takeuchi, K., Sornlertlamvanich, V. and Isahara. H. "Putting NLP Tools into Action: Incorporating NLP Tools in Web-based Language Learning Environment". In Proceedings of the Asian Symposium on Natural Language Processing to Overcome Language Barriers, IJCNLP-04, 2004, pp. 85-90.
- [17] Ide, N., and Veronis, J., "Extracting Knowledge Bases from Machine-Readable Dictionaries: Have we wasted our time?" In Proceedings of the First International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scale Knowledge Bases, 1993, pp. 257-266.
- [18] Miller, G., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D., Miller, K. & Tengi, R. Five Papers on WordNet. CSL Report 43, 1990.
- [19] Morante, R. and Martí, M.A. "EuroWordNet as a resource for learning Spanish verbs". In Proceedings of the First International Conference on WordNet, 2002, pp.231-238.
- [20] Burgun, A. and Bodenreider, O., "Aspects of the Taxonomic Relation in the Biomedical Domain". In proc. of the 2nd International Conference on Formal Ontologies in Information Systems, 2001, pp. 222-233
- [21] Spackman, K.A., Campbell, K.E, and Côté, "SNOMED RT: a reference terminology for health care". In proc. of the Am. Med. Inform. Assoc. Symp., 1997, pp. 640-644.
- [22] Ceusters, W., Smith, B., Flanagan, J., "Ontology and Medical Terminology: Why Description Logics Are Not Enough". In Proc. of the Conference: Towards an Electronic Patient Record (TEPR 2003), 2003, pp. 183-195.
- [23] Barrett, H.C., "On the Functional Origins of Essentialism". In Mind and Society 3(2), 2001, pp. 1-30.
- [24] Medin, D. & Ortony, A., "Psychological Essentialism". In S. Vosniadou & A. Ortony (eds.) Similarity and Analogical Reasoning. Cambridge University Press, 1989, pp. 179-195.
- [25] Machery, E. et al, "Semantics Cross-Cultural Style". In Cognition 92, 2004, pp.B1-B12.
- [26] Rastier, F., Cavazza, M., Abeillé, A., "Sémantique pour l'analyse. De la linguistique à l'informatique", Masson, 1994.
- [27] Wilks, Y., Sator, B., Guthrie, L. Electric Words: Dictionaries, Computers and Meanings. MIT Press, 1996.
- [28] Alvarez, F. Vaquero, A., Sáenz, F., Buena, M. Neglecting Semantic Relations: Consequences and Proposals. In Proceedings of the IADIS International Conference on Intelligent Systems and Agents (ISA 2007), 2007, pp. 99-108.



Antonio Vaquero Sánchez recibió su grado de licenciado en ciencias físicas en 1961 y su grado de Doctor en Física en 1967. Actualmente es catedrático de universidad y parte del departamento de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Sus intereses de investigación incluyen: diseño lógico, sistemas de enseñanza y aprendizaje, sistemas de autor, procesamiento de lenguaje natural, recursos lingüísticos, representación de conocimiento y ontologías.



Francisco Alvarez Montero tiene una licenciatura en Informática por parte del Instituto Tecnológico de Culiacán (ITC). Recibió su diploma de estudios avanzados (DEA) en 2004 de la Universidad Complutense de Madrid. Es parte del departamento de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) donde actualmente trabaja en su tesis doctoral con una beca de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Sus intereses de investigación incluyen: representación de conocimiento, ontologías y bases de datos relacionales.



Fernando Sáenz Pérez recibió su grado de licenciado en ciencias físicas en 1988 y su doctorado en física en 1995, ambos por parte de la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es profesor titular de universidad y parte del departamento de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Sus intereses de investigación incluyen: ontologías, bases de datos y programación declarativa. Ha formado parte de varios proyectos de investigación de I+D en colaboración con corporaciones como Repsol YPF, realizando transferencias de investigación. Además, participa activamente en varios proyectos de código libre.

Capítulo 19

Padi: Diseño instruccional mediante un EPSS

Robert Pardo Silva

Title—Padi: Instructional Design with an EPSS

Abstract—In a widespread Learning Culture, Instructional Design is under heavy demands for rapid, flexible, reusable, and distributed designs. A way to achieve this is to use an EPSS, “Electronic Performance Support System”. PADI is a tool of this kind, adapted in Chile by Reuna and Uvirtual. This paper describes PADI, its main functionalities, and advantages.

Keywords—Epss, instructional design, learning

Resumen—En una extendida Cultura del Aprendizaje, el Diseño Instruccional se encuentra bajo fuertes demandas para producir diseños rápidos, flexibles, reusables y distribuidos. Una forma de lograr este tipo de diseños es utilizando un “Sistema electrónico de apoyo al desempeño” (EPSS). PADI es una herramienta de este tipo, adaptada en Chile por Reuna y UVirtual. Este documento describe PADI, sus principales funcionalidades y ventajas.

Palabras clave— Diseño instruccional, aprendizaje, EPSS

I. INTRODUCCIÓN

NOs encontramos en tránsito hacia una Cultura del Aprendizaje: “no es demasiado atrevido afirmar que jamás ha habido una época en la que hubiera tantas personas aprendiendo tantas cosas distintas a la vez, y también tantas personas dedicadas a hacer que otras personas aprendan” [8]. Un corolario, de la importancia de los aprendizajes, es el rol central que adquiere el diseño de las acciones que conduzcan a lograrlos.

La disciplina que se ocupa de los esfuerzos de diseño y desarrollo de programas de aprendizaje es el Diseño Instruccional (DI). El DI realiza procedimientos sistemáticos que identifican y analizan los elementos más decisivos para el logro de determinados aprendizajes: el contenido, el contexto, las características de los aprendices, los medios a utilizar, los objetivos, los tiempos.

Este trabajo fue presentado originalmente al TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO TISE 2006 en Santiago de Chile.

El autor trabajó en REUNA y actualmente trabaja en el Centro Comenius de la Universidad de Santiago de Chile (Fono: (56-2) 671 2376; e-mail: rpardo@comenius.usach.cl).

A lo largo de su historia el DI siempre ha estado ligado a las innovaciones tecnológicas. La radio, inclusive el cine, fueron vistos como promesas instruccionales, que cambiarían la forma de aprender (Thomas Alba Edison llegó a predecir, en 1913, la pronta desaparición de la escuela, reemplazada por el cine). Posteriormente, la aparición de la computación y su rápida evolución han ejercido gran influencia en todos los aspectos del diseño, incluidos los procesos por medio de los cuales los equipos de diseño instruccional realizan su trabajo.

Otra influencia decisiva en el DI ha sido el estudio científico del comportamiento humano y los diversos marcos teóricos que éste genera. Nombres como Thorndike, Watson y Skinner ejercieron gran influencia en los comienzos y la primera parte de la historia del DI. Posteriormente, son la Psicología Cognitiva y las perspectivas constructivistas, las que mayor influencia ejercen en el DI, junto con la cibernética y la ingeniería.

Los grandes cambios culturales y las guerras también han conformado el DI que hoy conocemos. En el periodo de 1941 a 1945, el DI se centró en los requerimientos de capacitación de la gran masa de reclutas que combatieron en la Segunda Guerra Mundial. Esto determinó la aparición del diseñador instruccional y de los equipos de diseño, además de variadas tecnologías y procedimientos, algunos de los cuales, subsisten a la fecha.

Estas y otras influencias han determinado el desarrollo de diversos modelos de DI. Estos modelos dan vida a un amplio espectro instruccional: desde modelos lineales, rígidos, con una clara influencia del conductismo estadounidense de la primera mitad del siglo pasado, hasta modelos constructivistas, no lineales, recursivos, emergentes y colaborativos. Modelos que pueden incluso llegar a cuestionar la posibilidad de existencia de un “diseñador instruccional genérico”; aquel que diseña programas más allá del conocimiento que tenga de un determinado dominio.

II. NUEVAS DEMANDAS

Sobre la amplia gama de modelos de diseño se imponen necesidades planteadas por la Cultura del Aprendizaje. Tal como lo señala Paquette [4], “el crecimiento exponencial de la información y la gestión del conocimiento, la omnipresencia de los medios interconectados, la necesidad del desarrollo de

habilidades superiores de pensamiento, y los nuevos paradigmas de aprendizaje colaborativo, conducen a alguna forma de aprendizaje a distancia o aprendizaje distribuido que demanda una segunda generación de modelos, métodos y herramientas para el diseño de programas de aprendizaje”.

Por otra parte, los ámbitos de trabajo de los diseñadores instruccionales también generan nuevas demandas: son contextos globalizados, variados y cambiantes; que exigen buenos productos en menos tiempo; con costos cada vez más controlados que implican la reutilización del diseño y de sus componentes. También, los nuevos medios y metodologías exigen mayor flexibilidad por parte de los procesos de diseño, de manera de dar cuenta de todo tipo de ambientes: presenciales, semi-presenciales, presenciales con apoyo de tecnología o totalmente a distancia. Finalmente, en algunos casos, los contextos organizacionales transnacionales requieren de herramientas que permitan a profesionales en distintas partes del mundo realizar diseños colaborativos.

III. HERRAMIENTAS PARA APOYAR EL DISEÑO

En todo ámbito que se vuelve más complejo, surgen herramientas tecnológicas para apoyar las funciones propias de un cargo o trabajo. Un “Electronic Performance Support System” (EPSS) corresponde a este tipo de herramienta. La traducción directa del término al español es: “Sistema electrónico de apoyo al desempeño”, aunque también se utilizan expresiones como “Sistema de soporte electrónico del desempeño” y “Sistema electrónico de apoyo al rendimiento”. Al no haber una traducción al español ampliamente aceptada, seguiremos utilizando el acrónimo EPSS.

Un EPSS es, según Raybould [9], “un sistema apoyado por computadoras que mejora la productividad del trabajador proporcionando acceso, en el trabajo, a información integrada, recomendaciones y experiencias de aprendizaje”. Por su parte, Gery [2] lo define como “un ambiente electrónico integrado que está disponible y es fácilmente accesible por cada empleado y está estructurado para proporcionar acceso online inmediato e individualizado a una gran cantidad de información, software, guías, consejos y asistencia, datos, imágenes, herramientas, sistemas de seguimiento y monitoreo, para permitir el desempeño en el trabajo con apoyo e intervención mínima por parte de otras personas.”

De esta manera, un EPSS cumple principalmente tres funciones. La primera es apoyar la estructuración de procedimientos y procesos en tareas controladas por el usuario, al tiempo que reduce la necesidad de capacitación para el desarrollo de una tarea. La segunda, es proporcionar acceso a bases de conocimiento, ayudando a los usuarios a encontrar la información que necesitan para realizar una tarea, al tiempo que se desarrolla. Finalmente, proporciona formas alternativas de representación del conocimiento: mediante representaciones múltiples, como por ejemplo video, audio, texto o imagen.

Un EPSS puede corresponder a diversos tipos de sistemas. Por ejemplo, aquellos que ayudan a completar, paso a paso, la documentación requerida para obtener una certificación, o interfaces que permiten reducir la cantidad de datos erróneos o incompletos ingresados por un usuario (aumentando, con ello, la velocidad de ingreso de información y disminuyendo la necesidad de capacitación previa). Los EPSS también toman la forma de interfaces de programación y monitoreo de sistemas, tales como alarmas, procesos de manufactura o servicios, sistemas de gestión, de apoyo a la toma de decisiones y de seguimiento de flujo de procesos. Una forma de EPSS, en la que centraremos nuestra atención, es la de un sistema que apoya el proceso de diseño instruccional.

IV. PADI: UN EPSS PARA DISEÑO INSTRUCCIONAL

PADI (Plataforma de Apoyo al Diseño Instruccional) es una adaptación, realizada en Chile, de un EPSS canadiense creado por el Licef (Centro de investigación de la Télé-université de Quebec). Esta institución además asesoró el proceso de adaptación desarrollado por Reuna (Red Universitaria Nacional) y UVirtual en el marco del proyecto Fondef: “Desarrollo de las herramientas de Diseño, implementación y gestión para la educación a distancia soportadas por las tecnologías de infocomunicación”.

Conceptualmente PADI es la expresión de un modelo específico de diseño instruccional denominado Ingeniería Instruccional, aunque su flexibilidad permite el desarrollo de diseños basados en otros modelos. La Ingeniería Instruccional se define como: “un método que apoya el análisis, el diseño y la entrega de la planificación de un sistema de aprendizaje, integrando los conceptos, procesos y principios del diseño instruccional, la ingeniería del software y la ingeniería de conocimiento” [6].

Este método apunta, principalmente, a la producción de sistemas de aprendizaje distribuido, los que desde una perspectiva de Ingeniería de Software son sistemas de información que integran distintos tipos de programas, elementos multimediales digitalizados y servicios de comunicación, donde procesos y principios deben estar bien definidos, lo mismo que los productos de dichos procesos [6].

Desde la perspectiva de la Ingeniería del Conocimiento, cobra relevancia, en el proceso de desarrollo de un sistema de aprendizaje distribuido, la identificación y estructuración del conocimiento, representado mediante un lenguaje gráfico. Este lenguaje permite estructurar el conocimiento en las fases del DI, como por ejemplo en la identificación y desarrollo de los contenidos o la conformación de los escenarios instruccionales.

PADI se caracteriza por facilitar un diseño instruccional colaborativo y distribuido en la Web. Si consideramos que, tal como lo señala Dick y Carey [1], el trabajo del diseñador, a diferencia del trabajo del docente, se articula con equipos de diferentes especialistas, esta característica del sistema se vuelve muy relevante para el proceso de diseño.

Mediante una serie de reglas que regulan las relaciones entre los objetos básicos, sus concreciones y los tipos de vinculaciones, es posible ir dando forma a los distintos mapas de conocimiento de forma colaborativa en la plataforma.

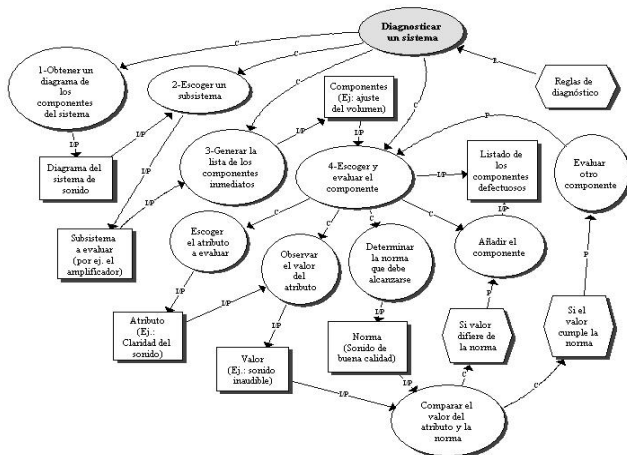
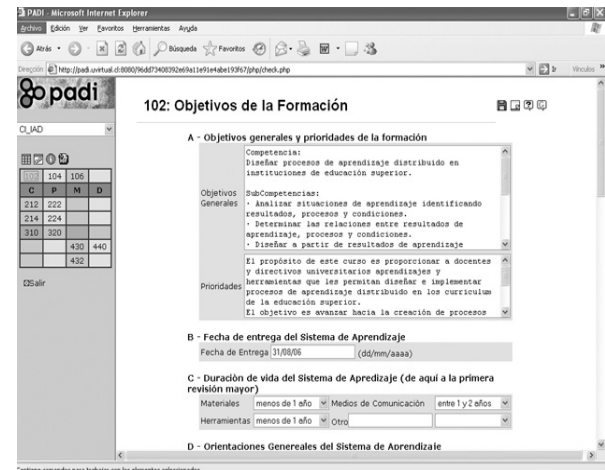


Fig. 1. Ejemplo de un mapa de conocimiento

PADI posee dos ambientes: el de usuario de un proyecto (diseñadores instruccionales, diseñadores Web, expertos en contenido o clientes) y el de administrador (jefe de proyecto, gerente o director).



Por su parte, los usuarios pueden ingresar y trabajar en los proyectos asignados por el Administrador con los privilegios entregados. Un cliente o un supervisor puede tener la posibilidad de ver el desarrollo del diseño, con privilegios de sólo lectura, mientras que los diseñadores instruccionales, los expertos en contenido o los especialistas en medios pueden realizar modificaciones en el diseño. Todos ellos podrían estar situados en diferentes lugares del mundo, colaborando a la construcción de un Proyecto único que permanece en el servidor.

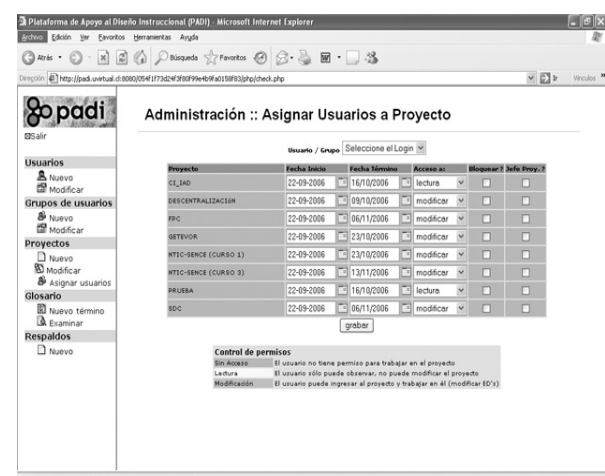


Fig. 3. Ambiente de administrador en PADI

En PADI, la estructura conceptual del diseño se articula en cuatro fases de trabajo:

- Fase 1, se define el problema, los objetivos de formación, las propiedades del público objetivo y el contexto.
- Fase 2, se define la solución preliminar, la que está constituida por el diseño del modelo de conocimiento, la definición del cuadro de competencias, la definición de la red de eventos de aprendizaje y de las propiedades de las unidades de aprendizaje.
- Fase 3, se definen los contenidos de las unidades de aprendizaje y los escenarios pedagógicos.
- Fase 4, se desarrolla la lista de materiales de aprendizaje y el diseño del modelo de materiales, junto con el diseño del modelo de difusión.

Sin embargo, esta articulación en cuatro fases no es la única forma de comprender el proceso de diseño. Éste también puede articularse en cuatro ámbitos que son: el ámbito de los contenidos, de las estrategias pedagógicas, de los medios y de la gestión. Todo lo cual queda representado en la figura 4:



Fig. 4. Estructura del diseño en PADI

En términos concretos, un diseñador desarrolla su trabajo en PADI completando secciones conformadas por formularios y diagramas. El sistema posee seis formularios electrónicos en los que se ingresa información textual y seis áreas para realizar diagramas con MOT, los que una vez completos migran automáticamente la información mediante XML a ciertos segmentos de los formularios electrónicos.

La figura 5 muestra parte del formulario que detalla las propiedades de los públicos objetivos.

104: Propiedades de los públicos objetivos

IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE APRENDIZAJE DISTRIBUIDO EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

General

Nombre: IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE APRENDIZAJE DISTRIBUIDO EN INSTITUCIONES DE E

Definición: Las instituciones de educación superior se enfrentan a múltiples desafíos relacionados con la calidad de los procesos educativos proporcionados a los alumnos para el cumplimiento de sus objetivos de aprendizaje. La heterogeneidad del alumnado y la incorporación de

Número: 35

Lugar de formación: Modalidad del Curso a Distancia donde los participantes utilizan la web como medio para el aprendizaje a través del sitio web implementado con los contenidos, medios de comunicación, materiales de apoyo y sistema de evaluación.

Lengua de formación requerida

Francés: ☐ %

Inglés: ☐ %

Español: ☒ 100 %

Otro: ☐ %

Disponibilidad

Fig. 5. Formulario de propiedades de los públicos objetivos

En la figura 6, vemos el ejemplo de un gráfico creado con MOT. Éste se encuentra en la sección en la que se define el Modelo de Conocimientos, es decir la representación gráfica y estructurada del contenido del sistema de aprendizaje, el que es elaborado en paralelo con la definición de las competencias mínimas actuales que deben tener los aprendices y las competencias esperadas al finalizar el programa (Sección 214).

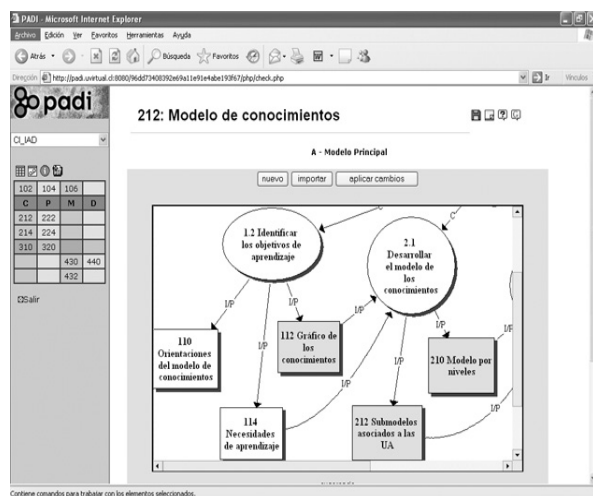


Fig. 6. Modelo gráfico de conocimientos en PADI

Cada una de las doce secciones tiene una Libreta de Apuntes, para compartir comentarios con otros miembros del equipo de desarrollo; una Ayuda, con consejos sobre el proceso de diseño en cada una de las secciones y un Glosario que explica los principales elementos conceptuales ligados a la sección.

La estructura en fases y ámbitos no implica un desarrollo lineal como en los modelos más tradicionales de DI. PADI permite a los usuarios comenzar y continuar el proceso desde diferentes secciones. Sólo la migración automática de la información entre secciones plantea un cierto orden en el proceso. Esta migración queda reflejada en la figura 7, donde

las flechas indican la dirección de la misma.

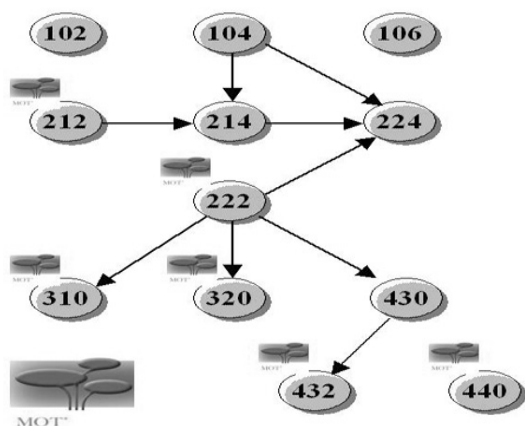


Fig. 7. Propagación automática de información en PADI

En la figura 7, cada uno de los óvalos representa una sección que debe ser completada:

- Sección 102: Objetivos de la formación.
- Sección 104: Definición del público objetivo.
- Sección 106: Descripción del contexto actual.
- Sección 212: Descripción del modelo de conocimientos mediante un gráfico de MOT.
- Sección 214: Definición de competencias actuales y aquellas a alcanzar.
- Sección 222: Descripción de la red de eventos de aprendizaje mediante un gráfico de Mot.
- Sección 224: Propiedades de las unidades de aprendizaje.
- Sección 310: Descripción de los contenidos de las unidades de aprendizaje mediante un gráfico de MOT.
- Sección 320: Descripción de los escenarios pedagógicos mediante un gráfico de MOT.
- Sección 430: Definición del listado de materiales a utilizar.
- Sección 432: Descripción del modelo de materiales mediante un gráfico de MOT.
- Sección 440: Descripción del modelo de implementación del programa de enseñanza mediante un gráfico de MOT.

Así, por ejemplo, una vez realizado el gráfico que describe el modelo de conocimientos (212), los enunciados de competencias migran al formulario 214, donde para cada competencia se definen sus componentes cognitivo, afectivo, social y psicomotor. Además se indica el nivel actual y objetivo de las competencias, de acuerdo a una taxonomía predefinida (atender, identificar, memorizar, ejemplificar, precisar, adaptar, traducir, aplicar, analizar, reparar, sintetizar, evaluar y autocontrolar)

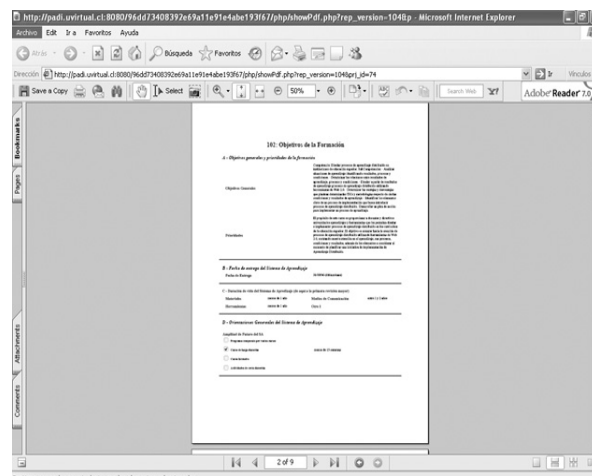


Fig. 8. Reporte de diseño

La figura 8 muestra el Reporte de Diseño, un documento maestro en PDF, que contiene todos los elementos del diseño y que constituye el producto final del proceso, a la vez que es un elemento de registro y comunicación.

VI. EVALUACIÓN DE PADI

Actualmente se desarrolla un proceso de evaluación de la herramienta por parte del área de Diseño Pedagógico de UVirtual. El objetivo es determinar, en condiciones de trabajo comunes para un diseñador/a instruccional, las ventajas y desventajas que plantea la utilización de esta herramienta. Verificando de esta manera si PADI permite desarrollar diseños instruccionales en menos tiempo y ayuda al trabajo colaborativo.

Como se señaló anteriormente existen variados modelos de diseño instruccional y en su práctica profesional los diseñadores instruccionales desarrollan adaptaciones personales de dichos modelos. Por tanto, la evaluación de uso de la herramienta tiene que ser realizada en ámbitos variados y con distintos profesionales. Por ello se están desarrollando acuerdos con instituciones educativas que permitan extender el ámbito de evaluación.

VII. INSERCIÓN DE PADI EN ÁMBITOS DE TRABAJO

Una herramienta como PADI debe insertarse en sistemas o ámbitos de actividad que tengan por resultado la producción de diseños instruccionales. Por tanto, resulta relevante el señalar algunos aspectos de este proceso de inserción considerando la experiencia que en este momento se tiene de dicho proceso.

Lo siguiente en todo caso corresponde a impresiones iniciales que podían modificarse al concluir el proceso de evaluación de uso de la herramienta.

PADI no reemplaza a una o a varias herramientas, PADI redefine un sistema de actividad. En general, los equipos de diseño instruccional utilizan un formato predefinido en Word, o en otro procesador de palabras, que constituye el producto del diseño instruccional, denominado, por ejemplo, Carpeta de Diseño pedagógico.

Este archivo digital, con control de cambios, se comparte vía correo electrónico con las distintas personas del equipo, quienes escriben sus aportes en el documento y realizan los cambios. Estas dos herramientas, correo electrónico y procesador de textos son parte de un sistema de actividad que posee ciertas reglas y procedimientos, explícitos e implícitos, división del trabajo, etc. Por tanto, la inserción de PADI en un ámbito determinado no sólo modifica las herramientas que se utilizan, sino que modifica el sistema de actividad que se desarrolla.

Por otra parte, PADI, en un ámbito dado, proporciona recursos o ventajas y establece, además, restricciones a la actividad que se desarrolla. Esta perspectiva ha resultado conveniente al considerar la inserción en un determinado ámbito de actividad; dado que en general el énfasis se coloca sólo en las ventajas, con lo cual se generan falsas expectativas y se dejan fuera aspectos relevantes.

VIII. CONCLUSIÓN

El diseño instruccional, cualquiera sea el modelo que emplee, cobra gran importancia en una Cultura del Aprendizaje y tiene sobre sí ciertas exigencias que los contextos le imponen: debe ser rápido, flexible, reutilizable y distribuido. Una manera de lograr esto es a través del uso de herramientas electrónicas que apoyen el proceso de diseño.

PADI, una plataforma de apoyo al diseño instruccional, permite que equipos de profesionales, geográficamente alejados, desarrollen en forma simultánea un proceso de diseño, que queda centralizado en gráficos y formularios. PADI apoya la estructuración de procedimientos y procesos, proporcionando información relevante en las distintas fases del trabajo de diseño. Al mismo tiempo permite la generación de elementos gráficos que ayudan a la comunicación y la toma de decisiones, lo que debería disminuir los tiempos y facilitar el trabajo de los equipos de diseño instruccional.

Esta herramienta se encuentra en evaluación en ámbitos de desempeño concreto para determinar su eficacia. A partir de los resultados, podrán realizarse ajustes a la misma, además de desarrollar una metodología para su inserción en ámbitos de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] W. Dick, & L. Carey, *The systematic design of instruction*. (3rd ed.). Glenview, IL: Scott Foresman, 1990.
- [2] G. Gery, *Electronic Performance Support Systems: How and Why to Remake the Workplace through the Strategic Application of Technology*. Boston: Weingarten Publications, 1991.
- [3] A. O'Donnell, D. Danserau, & R. Hall, "Knowledge Maps as Scaffolds for Cognitive Processing", *Educational Psychology Review*, vol. 14, No 1, pp. 71-86, 2002.
- [4] G. Paquette, "TeleLearning Systems Engineering – Towards a new ISD model", *Journal of Structural Learning*, 14, pp. 1-35, 2001.
- [5] G. Paquette, *Modélisation des connaissances et des compétences. Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 2002.
- [6] G. Paquette, (2003). *Educational Modeling Languages, From an Instructional Engineering Perspective*. [En red]. Disponible en: www.liceftel.uq.quebec.ca/gp/docs/Article%20EML-MISAedited.doc

- [7] G. Paquette, M. Léonard, K. Lundgren-Cayrol, S. Mihaila, & D. Gareau, "Learning design based on graphical knowledge-modelling", *Educational Technology & Society*, 9 (1), pp. 97-112, 2006.
- [8] I. Pozo, *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial, 2002.
- [9] B. Raybould, "An EPSS Case Study", in *Prime Computer. Electronic Performance Support Conference*, Atlanta, GA, 1992.



Robert Pardo Silva nació en Santiago de Chile en 1963. Es licenciado en Lingüística de la Universidad de Chile y Magister en Psicología Cognitiva y Aprendizaje de la Universidad Autónoma de Madrid.

Durante una década trabajó en Argentina en el área de Psicopedagogía y en la dirección de instituciones educativas, especializándose en el desarrollo de proyectos institucionales de perfeccionamiento docente. Como tutor y desarrollador programas de formación a

distancia trabajó en el Portal Educativo Argentino Nueva Alejandría.

En 2002 retorna a Chile como Director Académico de Educaria Chile, desde allí participó en diversos proyectos educativos mediados por el uso de tecnología. Trabajó como Coordinador del Proyecto de Transferencia Tecnológica de Reuna y UVirtual en herramientas para la enseñanza con tecnología. Es actualmente investigador y desarrollador de proyectos en el Centro Comenius de la Universidad de Santiago de Chile y consultor en el área de uso de tecnología en enseñanza y aprendizaje.

Desde 2007 es miembro de la Sociedad Chilena de Ergonomía.

Capítulo 20

Desarrollo de la cognición espacial en invidentes congénitos con apoyo de dispositivos tecnológicos

O. López, L. Sanabria, y J. Ibáñez.

Title— Development of the space knowledge in blind congenital with support of technological devices

Abstract— This paper presents the results to identify processes of spatial representation in visual handicapped. A close environment with objects of different colors and sizes delivered in a specific space was used as an experimental setting. Data collection was made through the protocol analysis of verbal reports methodology. Results show handicapped to locate objects in space, becoming important elements to spatial representations working in a map. Maps which represent object location involve the encoding of directions and distance relations among them, independently of trajectories that blind people make.

Keywords— Space cognition, Technological device, haptic sensations, orientation, mobility.

Resumen — Este documento presenta los resultados del proceso de representación espacial en discapacitados visuales. Se utilizó como escenario experimental un ambiente cerrado con objetos de diferentes colores y tamaños distribuidos en un espacio específico. La recolección de datos se realizó mediante la metodología de análisis de protocolos de reportes verbales. Los resultados muestran que los invidentes localizan objetos en el espacio, constituyéndose en elementos fundamentales para la elaboración de las representaciones espaciales en un mapa. Los mapas que representan la ubicación de los objetos involucran la codificación de direcciones y relaciones de distancia entre los mismos, independientemente de las trayectorias que los sujetos realizan.

Palabras Clave— Cognición espacial, dispositivo Tecnológico, sensaciones hápticas, orientación, movilidad.

Este trabajo fue presentado originalmente en TISE 2006 (Chile)

O. López, L. Sanabria y J. Ibáñez profesores del Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional Bogotá – Colombia. Calle 72 No 11-86 (e-mail: olopezv@pedagogica.edu.co, lubsan@pedagogica.edu.co, jaime78@yahoo.com).

I. INTRODUCCIÓN

EL trabajo tiene el propósito de evaluar la eficacia de un dispositivo tecnológico como ayuda aumentativa en la representación que hacen los discapacitados visuales del entorno que les rodea y su incorporación en el sistema de representación espacial de los mismos. En segundo término, describir la evolución cognitiva del sujeto, en términos de la taxonomía de las operaciones mentales para aumentar los niveles de movilidad y orientación, por último, evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado por los invidentes congénitos en cada uno de los problemas presentados después de una etapa de entrenamiento con el sistema mecatrónico.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los estudios sobre representación espacial en sujetos invidentes están orientados hacia las relaciones que existen entre objetos, distancias, y direcciones u orientaciones que se desprenden entre los diferentes elementos que constituyen un entorno natural o artificial. En este sentido, los estudios con relación a los aspectos localizacionales de la representación, indagan sobre la capacidad de los invidentes para estimar distancias y direcciones en ambientes específicos.

La distinción entre las rutas y mapas [1] han sido evidenciadas por diferentes investigadores, quienes definieron las propiedades de cada construcción. Las rutas comprenden sucesiones de instrucciones que especifican cambios de dirección mientras un individuo está caminando. Las rutas se caracterizan por ser aspectos seriales más que espaciales. En este sentido, los segmentos no tienen plasticidad. Recíprocamente, los mapas implican la codificación de direcciones y relaciones de distancia entre los lugares, independientemente del camino que les une, haciendo caso omiso de la posición de la persona o dirección de movilidad.

El conocimiento espacial [2] de personas ciegas tempranas estaría basado en el cuerpo como eje central de todo (egocéntrico) y las informaciones propioceptivas y cinestésicas, de otras fuentes sensoriales menos precisas. Eso puede concordar con la tendencia de personas ciegas tempranas a usar la información espacial, organizada como rutas en lugar de mapas. En contraste, las personas ciegas tardías continuarían organizando las señales no-visuales como visuales, es decir, en un formato similar al del mapa.

Investigadores [3] y [4], han demostrado que algunos adolescentes y adultos invidentes, cuando tienen la suficiente experiencia en un determinado entorno, pueden llegar a organizar sus representaciones espaciales en forma configuracional, llegando a organizar y relacionar lógicamente todos los elementos que constituyen un espacio, esto es posible, si se utilizan los procedimientos convenientes para que los sujetos puedan objetivar y comunicar las representaciones espaciales internas que poseen de los ambientes.

En el estudio de la representación espacial, la categoría “estimación de distancias” se ha abordado desde dos perspectivas de trabajo; una se ha denominado estimaciones funcionales; que corresponde a las distancias reales recorridas durante el desplazamiento de un sujeto e incluye la sumatoria de todos y cada una de las trayectorias para ir de un estado inicial A, a un estado meta B, y las estimaciones euclidianas que representa la estimación de una longitud en línea recta. Regularmente, las estimaciones funcionales y euclidianas no son iguales debido a los obstáculos que se presentan en la trayectoria (Figura 1).

En diferentes experimentaciones con sujetos ciegos [5], encontraron que estos son capaces de realizar estimaciones funcionales entre dos (2), objetos contenidos en un entorno con un alto grado de precisión en comparación con videntes,

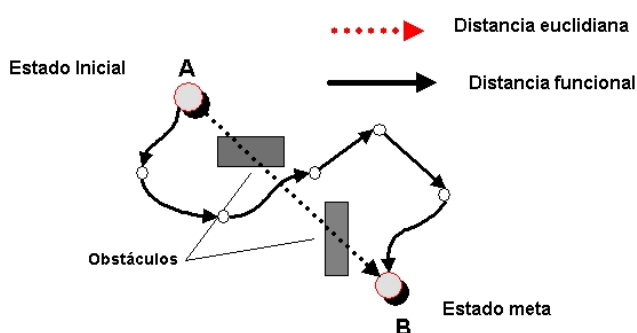


Figura 1. Distancias euclidiana y funcional

pero las estimaciones euclidianas en comparación con los mismos, eran significativamente menores.

Para el desarrollo de la investigación se toma como base la metodología de análisis de protocolos de reportes verbales en la solución de problemas [6] y [7]. La investigación está orientada a la identificación de los procesos de representación

espacial de objetos e identificación de sus colores en entornos cerrados con ayuda de un dispositivo tecnológico. El problema consiste en identificar y establecer las diferentes estrategias utilizadas por los invidentes congénitos para ubicar objetos en el espacio y representarlos gráficamente en un mapa. Al igual, identificar sus respectivos colores utilizando como medio de transducción un sistema mecatrónico (Figura 2), el cual fue diseñado especialmente para desarrollar esta investigación. Es de anotar, que se tuvieron en cuenta estudios previos [8], en cuanto al ambiente de la tarea y el espacio del problema en la solución de problemas débilmente estructurados.

III. DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

El dispositivo fue diseñado para funcionar como una ayuda aumentativa para personas con discapacidad visual congénita de tal manera que les permita realizar las siguientes acciones específicas en entornos cerrados:

- Reconocer la presencia de objetos en su entorno próximo.
- Identificar objetos a diferentes distancias con relación a la posición de su cuerpo en las siguientes categorías: cerca, medio y lejos.
- Identificar la posición de los objetos con relación a la



Figura 2. Sistema mecatrónico

- ➔ posición de su cuerpo (izquierda, derecha, al frente).
- ➔ Identificar y discriminar los colores de los objetos en la siguiente gama: azul, rojo, amarillo y verde.

El sistema mecatrónico (Figura 3) compuesto por tres unidades a saber: a). Unidad de percepción, b). Unidad de procesamiento y c). Interfaz de usuario (matriz háptica).

La unidad de percepción se ubica en la cabeza del sujeto (gafas), su función principal es censar la presencia y color de objetos próximos en el entorno y transmitirlos a la unidad de



Figura 3. Componentes del dispositivo tecnológico

procesamiento. Está conformado por una micro-cámara y tres sensores infrarrojos.

La función que cumple esta unidad de procesamiento, dentro del sistema, es procesar las señales de video y las señales infrarrojas que capta la unidad de percepción del entorno, procesándolas y transmitiéndolas a la interfaz del usuario a través de señales hápticas (vibraciones).

La interfaz es el componente de comunicación entre la unidad de procesamiento y el usuario. Está compuesto por elementos mecánicos y electrónicos soportados en una estructura flexible o cinturón. Este se ajusta al cuerpo del sujeto en la región abdominal. En su interior se encuentran ubicados siete transductores de salida que informan al sujeto de la distancia de los objetos con respecto a su ubicación y el color de los mismos.

Para el diseño del dispositivo tecnológico se tienen en cuenta requerimientos de adaptabilidad y seguridad. El primero se refiere a las condiciones y exigencias que debe prestar la unidad al usuario para brindarle un producto que garantice una adecuada interacción con el entorno y flujo de información (señales). De igual manera, el diseño ofrece condiciones de seguridad cuyo objetivo es reducir los factores de riesgo que se pueden presentar con su utilización.

Adaptabilidad: El dispositivo puede ser usado de manera eficiente y confortable con un mínimo de fatiga debido a sus características tecnológicas a saber: a). Tamaño, b). Peso y c). Textura. Se adapta al tamaño corporal de cualquier usuario adulto. Las condiciones son:

- ➔ Permite al usuario conservar una posición corporal neutral.
- ➔ No genera esfuerzo físico alto al usuario por su bajo peso.
- ➔ El usuario puede hacer uso eficiente y confortable en cualquier posición de trabajo.
- ➔ La flexibilidad de la conexión entre la unidad de percepción y la unidad de procesamiento, no ofrece ningún tipo de obstrucción con los movimientos de cabeza que realiza el usuario.

Seguridad: el dispositivo está diseñado de tal manera que ninguno de los elementos que la conforma lesiona al usuario o interfieren cuando este se encuentra en actividad. Sus características son:

- ➔ No presenta salientes ni aristas punzantes o cortantes en ninguno de sus elementos que lastime el rostro del usuario.
- ➔ La fuente de alimentación que provee a la unidad es baja (12v) y el flujo de energía que circula está aislado con materiales (polímeros), no conductores y flexibles.
- ➔ Los elementos de unión utilizados (tornillos-tuercas, abrazaderas), garantizan su correcto posicionamiento.
- ➔ Los materiales de fabricación no generan riesgos en cuanto a defectos ergonómicos e higiénicos.

IV. METODOS Y MATERIALES

Modelo de la investigación

El modelo de la investigación está orientado a la capacitación que recibe un invidente congénito para utilizar el dispositivo tecnológico, como ayuda aumentativa para orientarse y movilizarse en entornos cerrados, además de desarrollar habilidades en la discriminación de algunos colores. El modelo consta de dos etapas principales (Figura 4):

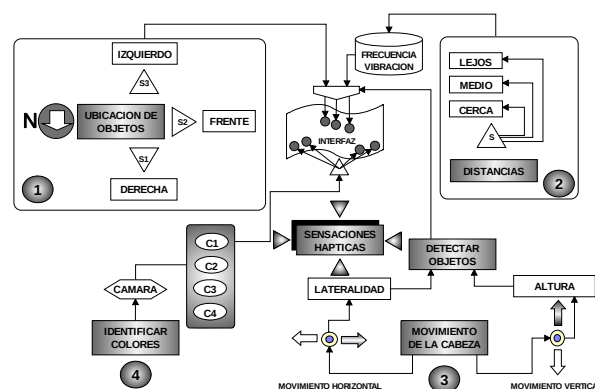


Figura 4. Modelo de la investigación

➔ **Etapas de entrenamiento:** Permite a los invidentes familiarizarse con los diferentes componentes del sistema mecatrónico y esta compuesta por cuatro fases a saber: a) **Ubicación de objetos.** Los sensores infrarrojos indican al invidente si el objeto se encuentra a la derecha, al frente o a la izquierda de él. b) **Identificación de distancias.** El sistema mecatrónico indica si el objeto se encuentra en las siguientes conjuntos difusos: Cerca, Medio y No hay objeto. c) **Detección de objetos con el movimiento de la cabeza.** Tiene en cuenta el movimiento de la cabeza en forma vertical y horizontal para la detección de objetos en el espacio. d) **Identificación de color.** El dispositivo tecnológico puede identificar cuatro colores (Azul, rojo, amarillo y verde).

➔ **Etapas de Exploración libre:** encaminada a lograr mayores niveles de autonomía en el proceso de orientación y movilidad por el escenario experimental. Su objetivo es establecer la capacidad de representación espacial que adquirieren los sujetos con ayuda del sistema mecatrónico y determinar su habilidad cognitiva para elaborar representaciones gráficas del entorno en un mapa. Esta fase comprende la ubicación e identificación de colores de dos (2) y tres (3) objetos dispuestos previamente en el espacio de trabajo (Figura 5).

Los objetos son colocados en el piso, a la altura de su cintura y a la altura de la cabeza. Se seleccionan cuatro problemas para identificar la representación que el sujeto se hace del espacio. En el piso se traza una cuadrícula que permite reconstruir las rutas de navegación empleadas por los sujetos. Los problemas propuestos se describen a continuación:

V. RESULTADOS

1. Evolución de la representación espacial

El diseño y utilización de sistemas mecatrónicos, como ayudas aumentativas, posibilitó a los invidentes congénitos lograr representaciones configuracionales de entornos cerrados. La anticipación perceptiva que brinda el módulo de representación espacial del dispositivo, a través de los sensores, permite a los invidentes localizar objetos en el espacio e identificar, con cierto nivel de precisión, la distancia a la cual se encuentran ubicados con respecto a él. Estos elementos fueron fundamentales para facilitar a los invidentes la elaboración de las representaciones espaciales en un mapa. Por otro lado, los procesos de orientación en entornos cerrados por medio de éste dispositivo tecnológico mejoró significativamente esta habilidad en contraposición a otros estudios [9], en donde los ciegos que utilizan bastón presentan gran dificultad para orientarse en el espacio. En este orden de ideas, se evidenciaron los siguientes aspectos:

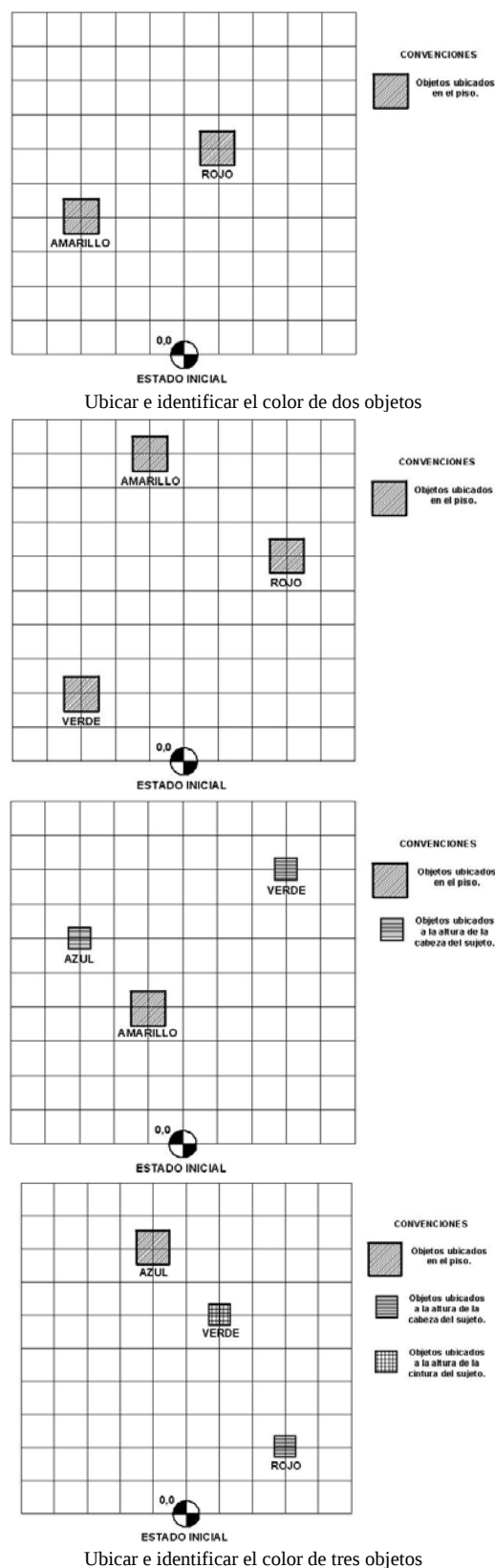


Figura 5. Problemas de ubicación e identificación de objetos en el espacio

➤ Trayectorias de búsqueda – Elaboración de mapas

En el desarrollo de los primeros problemas los sujetos se desempeñan egocéntricamente, es decir, las búsquedas de cada uno de los objetos la iniciaban siempre desde la posición inicial. En la medida en que los invidentes desarrollan los problemas, hacen transferencia de aprendizajes y la búsqueda de los demás objetos la inician a partir de las posiciones en donde se localiza uno de éstos.

Los mapas que representan la ubicación de los objetos involucran la codificación de direcciones y relaciones de distancia entre los mismos, independientemente de las trayectorias que los sujetos realizan. En este sentido, las representaciones que los sujetos hacen del espacio guardan ciertas relaciones en cuanto a las posiciones de los objetos con respecto al problema original, situación que evidencia el impacto positivo del sistema mecatrónico, para que los sujetos se hagan una representación interna más elaborada del espacio y puedan construir mapas que les permitan orientarse y moverse con mayor autonomía en escenarios nuevos. Los mapas hechos por los invidentes congénitos muestran un desarrollo de la plasticidad y descansan en un marco de referencia aloecéntrico alto [2]. Aunque los objetos no son ubicados con la exactitud en las posiciones verdaderas, se evidencia un desarrollo significativo en la construcción de mapas y de hecho, se muestra una evolución de la representación espacial de los invidentes congénitos (Figura 6).

➤ La dimensión color en la representación

Una forma de potenciar la cognición espacial de los invidentes congénitos la constituyó la identificación de colores de los objetos por medio del dispositivo tecnológico DMREI; esto agrega una nueva dimensión a la base de conocimiento del sujeto, que articulada con los demás canales de percepción, le permiten representarse, de una forma más estructurada el entorno que lo rodea.

➤ Convergencia de señales en la representación espacial.

La discriminación de señales hápticas simultáneas por medio del dispositivo mecatrónico DMREI, provenientes de los tres sensores infrarrojos y de la video-cámara le permite a los invidentes congénitos integrar, interpretar y codificar la información en cualquier instante de tiempo a través de la anticipación perceptiva, de tal forma que puede detectar objetos que se encuentran al frente, izquierda y derecha simultáneamente. Además, dependiendo de la distancia que existe entre el objeto y el sujeto, le permite identificar el color de éste. Esta convergencia de señales propicia a los invidentes entre otras habilidades: a). Mejorar los procesos de representación espacial, ya que desde un punto específico puede localizar e identificar simultáneamente varios objetos, b). realizar, en un momento dado, estimaciones funcionales entre dos y tres objetos contenidos en entornos cerrados con un alto grado de precisión y c). Optimiza los procesos de

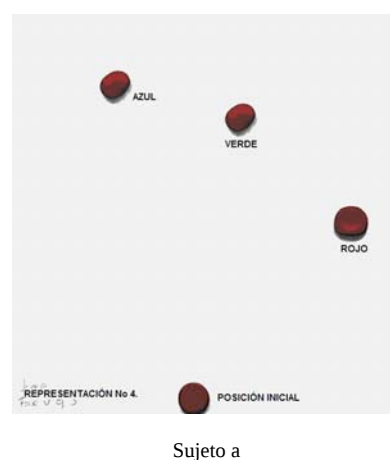
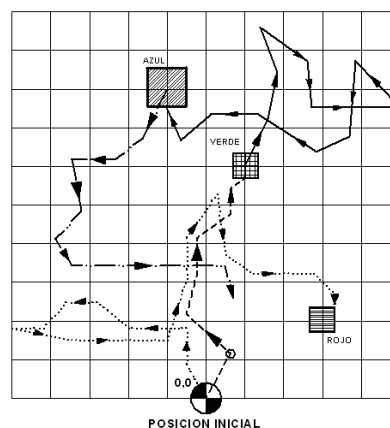
orientación y movilidad manteniendo el control total sobre el ambiente.

2. Modelo de solución de problemas de búsqueda de objetos con el dispositivo mecatrónico

Como síntesis, del proceso de solución de problemas de representación espacial en entornos cerrados, se puede obtener un modelo que articula el uso del dispositivo mecatrónico, las estrategias de búsqueda y la construcción de mapas, entre otros (Figura 6). El modelo opera de la siguiente forma:

➤ Existe un estado inicial, en el cual, un conjunto de problemas seleccionados implica la ubicación e identificación de colores de diferentes objetos distribuidos en el espacio.

➤ La exploración del espacio se inicia desde un punto de referencia específico en el área de trabajo, en el cual, el invidente comienza a hacer barridos verticales u horizontales con la unidad de percepción del dispositivo tecnológico, para tratar de localizar objetos en el entorno próximo. Al no identificar alguno de éstos, el sujeto inicia la búsqueda aplicando trayectorias de preferencia en diferentes direcciones, las cuales pueden ser lineales o quebradas



Sujeto a

Figura 6. Trayectorias y representación espacial de objetos de un sujeto en el desarrollo del problema No 4.

(zigzag), dependiendo de las predilecciones de éste.

➤ En la localización de los demás objetos, el invidente tiene la posibilidad de regresar al punto de referencia inicial o continuar con la búsqueda del siguiente objeto a partir de la posición en que éste fue localizado en el espacio.

➤ En la etapa final del modelo, el sujeto se hace una

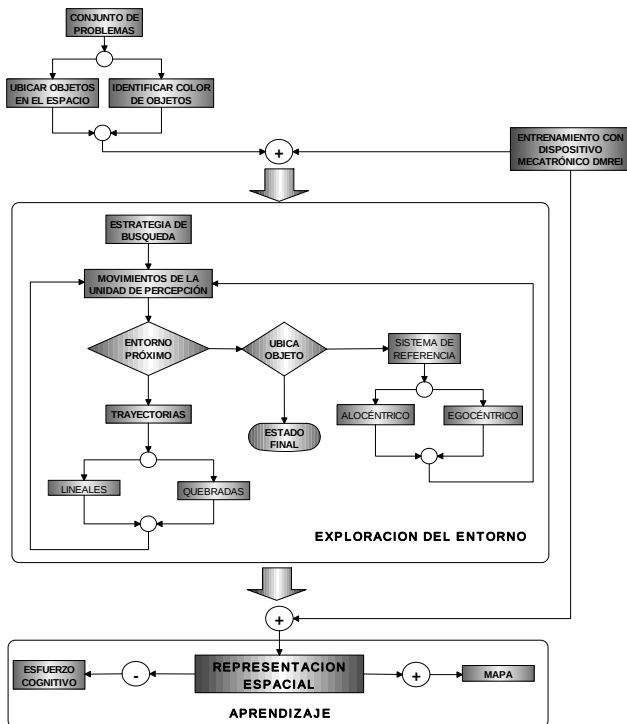


Figura 6. Modelo de solución de problemas

representación más estructurada del espacio e independiente de la trayectoria o del número de intentos para localizar e identificar los objetos. El invidente congénito es capaz de representar las posiciones de los objetos ubicados en un mapa, en el cual, la codificación de direcciones y relaciones de distancia entre los objetos muestra una evolución de la representación espacial y disminución del esfuerzo cognitivo.

3. Modelo de entrenamiento

El modelo contempla el respeto de los ritmos de aprendizaje de los invidentes, situación que permitió que éstos se familiaricen con cada uno de los componentes del sistema tecnológico. La estrategia seguida para el entrenamiento de los sujetos se basa en un aumento gradual de los niveles de complejidad, dada ésta en términos del número de discriminación de señales, es decir, los aprendizajes se orientan de lo más simple a lo más complejo [10], de tal forma, que se inicia con la discriminación de señales individuales y posteriormente se integran un número mayor de sensaciones para localizar objetos e identificar su color. De esta forma, la representación espacial de los sujetos adquiere nuevas dimensiones a nivel cognitivo [3].

La maduración de la curva de aprendizaje en términos cualitativos, evidencia en cada una de las etapas de entrenamiento los siguientes logros:

➤ Etapa de ubicación de objetos: Los sujetos son capaces de identificar objetos que se localizan al frente, izquierda y derecha de forma óptima.

➤ Etapa de discriminación de distancias: Los sujetos a través del dispositivo tecnológico son capaces de discriminar distancias de los objetos con respecto a él, evidenciadas por medio del reporte verbal en los conjuntos difusos cerca, medio, lejos y no hay objeto.

➤ Etapa de movimiento de la cabeza: Los sujetos logran un aprendizaje para localizar objetos en el espacio, especificando la dirección en la que se encuentran con respecto al invidente. Este aprendizaje se infiere a partir de los movimientos de la cabeza, tanto en dirección horizontal como vertical que emplea el sujeto para detectar objetos.

➤ Etapa de identificación de colores: Los sujetos transfieren los aprendizajes de las etapas inmediatamente anteriores al reconocimiento háptico de cada una de las sensaciones que identifican un color específico.

La madurez del aprendizaje se logra en la medida que el invidente evoluciona con cada una de éstas etapas hasta lograr integrar sincrónicamente las sensaciones hápticas para detectar e identificar el color de un objeto que se encuentra en el entorno.

4. Referentes al Dispositivo Tecnológico

El dispositivo mecatrónico permitió tomar información de los objetos ubicados en el entorno próximo con respecto a la posición del invidente y transformar la información captada por los sensores infrarrojos en un sistema difuso convirtiéndola en información háptica para que el sujeto se haga una representación más elaborada de un espacio específico. Con respecto a otras características tecnológicas del sistema mecatrónico se pueden enunciar las siguientes:

➤ La utilización de tres sensores infrarrojos (izquierda, centro y derecha), posibilitó a los invidentes detectar objetos ubicados en su entorno próximo, con la posibilidad de clasificarlos en los conjuntos difusos de: cerca, medio, lejos y no hay objeto.

➤ Cada uno de los sensores infrarrojos posee un ángulo de detección de 25 grados. Un objeto que esté en ese cono y a su vez se encuentre dentro del radio de acción (1.8 m) será detectado por el invidente a través del módulo de percepción espacial; tanto a la derecha, izquierda y frente. Los sensores al estar implementados en la unidad de percepción, el ángulo de barrido del dispositivo está determinado por el ángulo de detección de cada sensor infrarrojo más el ángulo de barrido realizado con la cabeza del invidente horizontal y verticalmente.

➤ El peso liviano del dispositivo permite que los invidentes porten el dispositivo por un espacio considerable de tiempo (3-4 horas), sin mostrar síntomas de cansancio físico. Este factor tecnológico se logró al diseñar el dispositivo con sistemas miniaturizados como la microcámara, dispositivos VLSI (DSP) y construir la estructura con materiales de baja densidad.

➤ El módulo de croma permite a los invidentes de forma eficiente y eficaz la detección de los colores: rojo, verde, azul y amarillo. El tiempo de respuesta del módulo de croma es de 200 milisegundos.

➤ La selección del DSP (Digital Signal Processing,) serie 6711 de la Texas Instruments como elemento de muy alta escala de integración permite de manera eficiente y eficaz el reconocimiento del color de los objetos. De igual forma, el bajo consumo de energía contribuye a la portabilidad del dispositivo.

VI. DISCUSIÓN

La investigación permitió el estudio de sistemas artificiales que se adaptan al ser humano a través de sus mecanismos sensoriales. Específicamente hace referencia a dispositivos tecnológicos que potencian la acción de órganos sensoriales para mejorar la representación del espacio en personas invidentes congénitas. El dispositivo mecatrónico desarrollado en el marco del proyecto “Diseño y desarrollo de un prototipo basado en visión artificial y lógica difusa para identificar procesos de representación espacial en discapacitados visuales que utilizan este dispositivo como ayuda aumentativa” cofinanciado por Colciencias y la U.P.N., es utilizado para el estudio de la evolución en la representación espacial, la generación de un modelo de entrenamiento y validar la eficacia y eficiencia del dispositivo en entornos cerrados.

Con esta investigación se evaluó la capacidad del dispositivo y su adaptabilidad en los sujetos para el reconocimiento de objetos distribuidos en el espacio. Otras dimensiones analizadas en el marco de esta investigación están relacionadas con la discriminación del color en los objetos, la estimación de distancias a través de conjuntos difusos y la representación del espacio en un mapa.

Desde la percepción de los seres humanos, este proyecto genera posibilidades para estudiar a profundidad la evolución perceptiva, la memoria y la comunicación alternativa en invidentes que utilizan ayudas aumentativas.

Desde el punto de vista pedagógico se busca establecer nuevos procesos de aprendizaje que potencien estrategias de autonomía en personas invidentes.

Consideramos que la investigación contiene aportes metodológicos y conceptuales que abren nuevas líneas de investigación en el campo de las tecnologías para la discapacidad, asociado al estudio de la cognición para comprender y analizar los procesos de representación espacial de personas discapacitadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Rehabilitación del Adulto Ciego CRAC de Bogotá – Colombia por su colaboración en la parte experimental. De igual forma a Luís Carlos Sarmiento, Víctor Quintero, Nilson G. Valencia, Luís F. Maldonado, Gladys García y Adriana Maldonado Integrantes del grupo TECNICE de la Universidad Pedagógica Nacional.

Investigación financiada por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” – COLCIENCIAS y la Universidad Pedagógica Nacional; contrato 373-882-03.

REFERENCIAS

- [1] O’keefe, J. & Nadel, L. *The hippocampus as a cognitive map*. London: Oxford University Press. 1978. 296 pp.
- [2] Millar S. *Understanding and representing space. Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Oxford University Press. 1994. Psicothema, 8, pp. 247-250.
- [3] Huertas, J.A. & Ochaíta, E. *The externalization of spatial representation by blind persons*. Journal of Visual Impairment and Blindness, 1992. 86, pp.398-402.
- [4] Ochaíta E. & Huertas J.A. Spatial representation by persons who are blind: A study of the effects of learning and development. Journal of Visual Impairment and Blindness, 1993. 87, pp. 37-41.
- [5] Ungar, S., Blades, M. & Spencer, C. Visually impaired children's strategies for memorising a map. British Journal of Visual Impairment, 1995. 13, pp. 27-32.
- [6] Ericsson A. & Simon H. *Protocol Analysis: Verbal report as data*. The MIT press, Cambridge, MA Revised Edition. U.S.A., 1993. 496 pp.
- [7] Maldonado L. *Análisis de protocolos: Posibilidad metodológica para el estudio de procesos cognitivos*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá – Colombia. 2004. 42 pp.
- [8] Goel V. & Pirolli P. The Structure of Design Problem Spaces. En revista Cognitive Science, 1992. vol. 16 No 3. pp. 395 – 429.
- [9] Rieser, J.J., Guth, D.A. & Hill, E.W. Sensitivity to perspective structure while walking without vision. Perception. 1986. 15, pp. 173-188.
- [10] López O., Maldonado L., Sanabria L, Ibáñez J & Quintero V. La complejidad en la solución de problemas: Niveles de complejidad en problemas de geometría dinámica. Universidad Pedagógica Nacional. Colombia, 2005. 145 p.



Omar López: Nació en Bogotá – Colombia el 14 de Diciembre de 1967. Es Ingeniero Mecánica en la Universidad Nacional de Colombia, Licenciado en Mecánica, Magíster en Tecnologías de la Información aplicadas a la Educación y Candidato a Doctor en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá – Colombia). Es profesor Asociado de la Universidad Pedagógica Nacional adscrito al Departamento de Tecnología.



Luís Sanabria: Nació en Duitama (Boyacá) – Colombia el 28 de Noviembre de 1958. Es Licenciado en educación industrial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Magíster en Tecnologías de la Información aplicadas a la Educación y Doctor en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional. Es profesor Asociado de la Universidad Pedagógica Nacional adscrito al Departamento de Tecnología.



Jaime Ibáñez: Nació en Bogotá – Colombia el 27 de Febrero de 1958. Es Licenciado en Matemáticas y Magíster en Tecnologías de la Información aplicadas a la educación de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá – Colombia). Es profesor Catedrático de la Universidad Pedagógica Nacional adscrito al Departamento de Tecnología.

ÍNDICE DE AUTORES

Alberto Romano Rodríguez,81	Juan Blanco,67
Alejandro A. Castillo Atoche,105	Juan M. Santos,31
Alfredo Vellido,23	Julià Minguillón,23
Ana I. Molina,119	L. O. M. Ribeiro,89
Àngela Nebot,23	L. Sanabria,149
Antonio Vaquero Sánchez,135	Liane Margarida Rockenbach Tarouco,1
Carlos A. Lucero A.,127	Lluís Prat,75
Carlos Vaz de Carvalho,37	Luiz Augusto Magalhães Endres,1
Carmen Ortiz,67	Luis Anido,31
Constantino Martins,37	M. A. Zaro,89
Crescencio Bravo,119	M. I. Timm,89
Cristina Casado Lumbreras,53	Manuel Ortega,119
Cristina Fernández,45	Mario F. Solarte S.,127
D. C. Pereira,59	Martín Llamas,31
Diego F. Pino M.,127	Miguel A. Redondo,119
Domingo Biel,97	Nuria Andueza,111
E. L. Cardoso,59	O. López,149
Félix Castro,23	Oscar Eduardo Patrón Guillermo,1
Fernando García,45	P. Pimenta,59
Fernando Sáenz Pérez,135	Patrícia Augustin Jaques,9
Francesca Peiró Martínez,81	Rafael Duque,119
Francisco Alvarez Montero,135	Rafael Ramos,97
Gerardo Balabasquer,67	Ramon Martí,45
Irina Argüelles,67	Ricardo Colomo Palacios,53
J. Ibañez,149	Ricardo Silveira,37
Javier Vázquez Castillo,105	Robert Pardo Silva,143
Joan Borrell,45	Rosa M. Carro,111
Joan Pons,75	Rosa Maria Vicari,9
Joel Pinho Lucas,37	Sergi Robles,45
Jordi Pons,45	Vicente Jiménez,75
Josep Calderer,75	Víctor Sánchez Huerta,105
	Wilmar Hernandez,67

