

*Los estándares educativos como herramienta de modelado de cursos que proveen adaptaciones dinámicas a los usuarios**

Silvia Baldiris¹, Olga C. Santos², Jesús G. Boticario², Ramón Fabregat¹

¹Institute of Informatics and Applications (IIiA),
Universidad de Girona, Spain
{baldiris,ramon}@udg.es

²aDeNu Research Group, Artificial Intelligence Department,
Computer Science School, UNED,
C/Juan del Rosal, 16. 28040 Madrid, Spain
{ocsantos, jgb}@dia.uned.es

Resumen: Ofrecer un aprendizaje personalizado requiere dar soporte a adaptaciones dinámicas durante la ejecución de un curso. Para poder ofrecer esta adaptación es necesario modelar previamente en la fase de diseño las características de dicho curso. En este artículo se presenta un curso especificado mediante el uso intensivo de estándares educativos. En concreto, en el diseño instruccional definido en IMS-LD se incluyen las propiedades para gestionar los resultados de cuestionarios IMS-QTI, las dimensiones de Felder y Silverman para caracterizar los estilos de aprendizaje y la taxonomía de Bloom para el nivel de conocimiento por objetivos. Los materiales de aprendizaje se han caracterizado con IMS-MD definiendo explícitamente el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento asociado a cada uno de los recursos educativos. Para completar las adaptaciones previstas en tiempo de diseño, una arquitectura multi-agente se encarga de dar soporte al estudiante durante la ejecución del curso a partir de la estructura del curso y de las interacciones que han realizado los estudiantes en el mismo.

Palabras clave: Estilos de aprendizaje, Diseño instruccional, Taxonomía de Bloom, Estándares educativos, IMS, Metadatos, Adaptación, Sistemas multi-agente, Proyecto ADAPTAPlan.

Abstract: Offering a personalized learning requires supporting dynamic adaptations during the course execution. To offer this adaptation, modelling the course characteristics is required in the design phase of the course. This article presents a course specified by the intensive use of educational standards. Specifically, the instructional design defined in IMS-LD includes properties to manage the results of IMS-QTI questionnaires, the dimensions of Felder and Silverman in order to characterize the learning styles and the Bloom's Taxonomy for the level of awareness by goals. In addition, the learning materials have been characterized with IMS-MD defining explicitly the learning style and the level of knowledge associated to each educational resource. To extend design-time decisions during the runtime of the course, a multi-architecture is responsible for supporting the student by taking into account the course structure and the interactions made by the students in it.

Key words: Learning Styles, Instructional Design, Bloom Taxonomy, Educational Standard, IMS, Metadata, Adaptation, Multi-agent systems, ADAPTAPlan Project.

* Artículo seleccionado del VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación – SINTICE 2007, (Zaragoza, España 2007), extendido y revisado para su publicación en **IE Comunicaciones**.

1. Introducción

Ofrecer un aprendizaje personalizado requiere dar soporte a adaptaciones dinámicas durante la ejecución de un curso. Se han desarrollado especificaciones educativas que ayudan a modelar el diseño instruccional de un curso y sus componentes asociados (cuestionarios, recursos, ...) y permiten controlar la posterior ejecución del curso a partir de ciertas características de usuario consideradas relevantes. Sin embargo, uno de los principales problemas a la hora de desarrollar cursos adaptativos basados en estándares educativos es la dificultad que conlleva su diseño. Esta complejidad se acentúa al construir escenarios de aprendizaje con diferentes capacidades de adaptación, ya que hay que incluir en el diseño del curso los “enganches” necesarios para el modelado dinámico. De esta forma, se puede abordar el proceso de aprendizaje en todo su ciclo de vida: diseño, publicación, uso y realimentación [Van Rosmalen et al., 2004].

1.1. Trabajos previos

Este enfoque se llevó a cabo en el proyecto aLFanet¹ [Boticario y Santos, 2007a], en donde se construyó una plataforma abierta basada en estándares educativos. Concretamente, integraba los siguientes estándares de la familia IMS²: IMS Learning Design (IMS-LD), IMS Content Packaging (IMS-CP), IMS Question and Test Interoperability (IMS-QTI), IMS Learning Information Profile (IMS-LIP) e IMS Metadata (IMS-MD).

Las evaluaciones realizadas en aLFanet con diversos tipos de estudiantes resaltaron que el aspecto más crítico estaba en la fase de autoría, es decir, en el diseño del curso. Los autores de los cursos perciben el diseño basado en IMS-LD como una tarea compleja debido principalmente a dos razones [Boticario y Santos, 2007a]:

a) la dificultad de controlar las interacciones para poder montar el flujo del curso condicionado a las diferentes opciones de adaptación, y

b) el estado de desarrollo de las herramientas de autor, muy cercanas aún a las especificaciones que implementan.

Por esta razón, teniendo en cuenta la experiencia de aLFanet, actualmente estamos trabajando en un nuevo enfoque dentro del proyecto ADAPTAPlan³ (TIN-2005-08945-C06-00). Este enfoque se centra en generar dinámicamente, con ayuda de técnicas de modelado de estudiante, planificación y aprendizaje automático, plantillas con diseños instruccionales. El proceso definido en ADAPTAPlan se encuentra descrito en [Santos y Boticario, 2007a; Santos y Boticario, 2007b]. En el presente artículo, nos centramos en cómo se modela el curso en la fase de diseño para que posteriormente una arquitectura multi-agente pueda dar soporte al estudiante cuando el diseño instruccional del curso no pueda ofrecerle una atención personalizada.

1.2. El enfoque ADAPTAPlan

En ADAPTAPlan hemos relajado la carga de trabajo del autor del curso mediante la definición de un conjunto reducido de información que el autor debe proporcionar de cara a construir el diseño del curso de forma automática con ayuda de planificadores como los descritos en [Castillo et al., 2007a]. Así, el autor no necesita pensar en todas las posibles rutas de aprendizaje para cada estudiante, que pueden variar bastante en función de sus interacciones y características, con lo que esto supone en cuanto a su variedad y posible evolución en el tiempo. El docente puede centrarse en proporcionar información sobre la estructura del curso y la caracterización de los materiales, lo cual está dentro del ámbito asumido de sus competencias. En concreto, se le pide que facilite la siguiente información [Boticario y Santos, 2007b]:

- La definición de las competencias que se persigue que sean adquiridas por los estudiantes en el proceso formativo.
- Los objetivos de aprendizaje caracterizados de acuerdo a la taxonomía de los objetivos educativos de Bloom [Bloom, 1956]. El docente debe desagregar las competencias previamente definidas en objetivos concretos que se irán alcanzando a medida que el proceso enseñanza / aprendizaje se desarrolla.
- Los cuestionarios de evaluación de acuerdo a los tipos propuestos por Bloom en [Bloom, 1971] y que permiten definir preguntas a cada tipo de objetivo educativo.

¹ <http://alfanet.ia.uned.es>

² <http://www.imsglobal.org/>

³ <http://adenu.ia.uned.es/adaptaplan>

- Los objetos de aprendizaje y su caracterización con metadatos, considerando explícitamente el tipo de estilo de aprendizaje al que está dirigido y el nivel de conocimiento asociado a este recurso.
- Los Servicios que se utilizan en el curso, como foros, chats, wiki, almacenamiento de archivos o cualquier otro tipo de servicio adicional.
- Las actividades imprescindibles que no puedan faltar en la estructura del curso.

Una vez generado el diseño del curso en IMS-LD, esto es, la unidad de aprendizaje correspondiente (Unit of Learning – UoL), éste se puede publicar en cualquier entorno de aprendizaje que implemente dicha especificación. Nosotros usamos un entorno abierto, de código libre llamado dotLRN⁴, por su robustez, amplio soporte a estándares educativos, por poseer la funcionalidad apropiada para soportar los procesos de enseñanza – aprendizaje, incluyendo las características de accesibilidad requeridas, y por sus facilidades para la integración de desarrollos externos mediante servicios web [Santos et al., 2007a].

1.3. Contenidos del artículo

En las siguientes secciones vamos a describir la estructura de los cursos diseñados utilizando como base la especificación IMS-LD (IMS Learning Design) y se mostrará cómo utilizando las propiedades disponibles en el nivel B de esta especificación se han modelado dos características del estudiante, como son el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento. Con este mismo propósito se han utilizado la teoría de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman [Felder y Silverman, 2002; Felder, 1996] y la taxonomía de los objetivos educativos de Bloom [Bloom, 1956]. Describiremos también cómo se han utilizado otras especificaciones definidas por el consorcio IMS, por ejemplo: IMS-QTI como una forma de valorar los resultados de conocimiento del estudiante a través de la evaluación, e IMS-MD como mecanismo de caracterización de los contenidos a partir de metadatos.

Para clarificar la estructura en IMS-LD se presenta un curso ejemplo sobre los conceptos básicos de

programación orientada a objetos - OOPC [Moreno y Baldiris, 2003]. A continuación, se introduce la arquitectura multi-agente que da soporte a la ejecución del curso [Santos et al. 2007b] y finalmente, se comentan algunos temas de investigación abiertos y se plantean algunas conclusiones y trabajos futuros.

Este artículo amplía el trabajo presentado en [Baldiris et al, 2007], donde fundamentalmente se han trabajado las propiedades definidas en el curso y la relación entre estilos de aprendizaje y tipos de recursos, complementando el trabajo inicial con la propuesta realizada en [Baldiris et al., 2008].

Las secciones 2 y 3 describen el planteamiento. Detalles concretos sobre su aplicabilidad en la práctica son tratados en la sección 4. Es posible que si el lector no tiene asimilados el planteamiento descrito previamente, no le sea inmediato seguir los ejemplos propuestos. En el caso de que el lector esté interesado en su comprensión, se le recomienda que consulte en detalle las referencias proporcionadas, para adquirir un mayor conocimiento del tema.

2. IMS Learning Design specification

IMS-LD [Koper et al., 2003] es una especificación que pretende estandarizar el diseño de los procesos de aprendizaje y da soporte a una gran variedad de pedagogías en la enseñanza en línea. En vez de tratar de considerar las particularidades de muchas pedagogías, se centra en considerar un lenguaje genérico y flexible que permita al profesor describir su diseño del curso en la pedagogía más apropiada. Así, IMS-LD formaliza el diseño de un proceso de enseñanza / aprendizaje en el contexto de un entorno virtual de aprendizaje. Para ello, hace uso de diversos elementos: roles, actividades, entornos, servicios, objetos de aprendizaje, propiedades, condiciones, ...

Learning Design utiliza la metáfora del teatro para describir el proceso de diseño del curso. Una serie de actores representa una obra teatral y cada uno de ellos puede asumir un número de roles en diferentes momentos de la obra, en varios actos. Análogamente, en IMS-LD un estudiante puede asumir diferentes roles en diferentes etapas del proceso de aprendizaje. Al final de cada acto, la acción se detiene, todos los estudiantes se sincronizan y todo puede volver a empezar.

⁴ NOTA: aunque la denominación oficial es .LRN, es habitual utilizar dotLRN cuando pueda haber ambigüedades o problemas lingüísticos (como en la propia URL o en publicaciones científicas fuera del ámbito de la comunidad). <http://dotlrn.org>

Debido a su complejidad, para facilitar el uso de la especificación se han definido tres niveles de la especificación. El IMS LD en su primer nivel (nivel A) garantiza la definición de los roles que podrían jugar los actores del proceso, la definición de diferentes tipos de actividades y la creación de los entornos (o ambientes) que conforman esas actividades. Dichos entornos podrán tener asociados objetos de aprendizaje, servicios y escenarios colaborativos con los que el estudiante podrá ir logrando los objetivos de aprendizaje propuestos.

El segundo nivel del LD (nivel B) permite la definición de propiedades que, como mostraremos más adelante, son las que dan el soporte a las adaptaciones en los diseños generados. Estas propiedades pueden ser locales o globales, dependiendo de si afectan sólo a las posibilidades de interacción de un estudiante en un curso específico o a la actuación del estudiante en la plataforma en general. También pueden ser personales, de roles o generales, en función del tipo de actor que se vea afectado.

3. Elementos utilizados en el modelado de cursos con IMS-LD

En esta sección presentamos los elementos más importantes que hemos considerado para realizar el proceso de diseño de un curso: la teoría de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman y la taxonomía de los objetivos educativos de Bloom.

3.1. Estilos de aprendizaje de Felder y Silverman

El estilo de aprendizaje de un estudiante caracteriza los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo los estudiantes perciben, interactúan y responden a sus entornos de aprendizaje [Keefe, 1979].

La teoría de Estilos de Aprendizaje de Felder y Silverman clasifica el estilo de aprendizaje de un individuo en diferentes dimensiones [Felder, 1996] (Ver Tabla 1). Por ejemplo, en la escala de la dimensión Procesamiento (extremos Activo-Reflexivo), se puede conocer si a un estudiante le gusta participar activamente en el proceso de

enseñanza / aprendizaje o si prefiere observar y pensar acerca del tema propuesto.

El test de Estilos de Aprendizaje es el instrumento usado para evaluar preferencias en las dimensiones Procesamiento, Reflexión, Entrada y Comprensión de este modelo. Con la información obtenida a partir de este test los profesores pueden preparar estrategias de enseñanza / aprendizaje que incluyan el diseño de objetos de aprendizaje de diversos tipos de medios (sonidos, videos, gráficos, textos, simulaciones, animaciones) así como variados métodos de instrucción para asegurarse de que se contemplan los diferentes estilos de aprendizaje. Y a su vez, los estudiantes pueden usar el resultado del test de Felder como herramienta para mejorar su proceso y resultados de aprendizaje, toda vez que este resultado puede orientarlo sobre los tipos de materiales que podría consultar y que tendrían mayor impacto en su aprendizaje.

3.2. Taxonomía de Objetivos Educativos Bloom

Esta taxonomía es un intento por sentar los fundamentos de una clasificación de las metas en un sistema educativo y establece una clasificación jerarquizada de los objetivos educativos. Como se muestra en la tabla 2, los niveles de esta jerarquía son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. A medida que el estudiante avanza a través de los niveles se espera que tenga mayor dominio de los conceptos.

4. Ejemplo de curso uniendo IMS LD, estilos de aprendizaje y objetivos educativos

En esta sección explicamos cómo cada uno de los elementos anteriormente descritos los hemos incluido en el proceso de diseño de un curso de programación orientado a objetos; cómo la definición de diferentes tipos de propiedades nos ha permitido tratar el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento de los estudiantes a partir de un módulo de aprendizaje especificado en IMS LD, y cómo posteriormente podemos realizar las adaptaciones de dicho diseño durante la ejecución. Esta adaptación es generada en función de las características de los estudiantes y de la estructura del curso.

DEFINICIONES	EXTREMO 1	DIMENSIONES	EXTREMO 2	DEFINICIONES
Hace	Activo	PROCESAMIENTO	Reflexivo	Piensa
Aprende Hechos	Sensitivo	REFLEXIÓN	Intuitivo	Aprende Conceptos
Requiere Dibujos	Visual	ENTRADA	Verbal	Requiere Leer o Disertar
Paso a paso	Secuencial	COMPRENSIÓN	Global	Marco General

Tabla 1. Cuadro de las dimensiones de estilos de aprendizaje de Felder

NIVEL	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN
1	Conocimiento	Recordar un hecho sin un entendimiento real del significado del hecho.
2	Comprensión	Adquirir el significado del material.
3	Aplicación	Usar el material aprendido en situaciones nuevas y concretas.
4	Análisis	Dividir un problema complejo en partes.
5	Síntesis	Poner en partes para reunir las y crear una nueva entidad única.
6	Evaluación	Juzgar el valor del material para un propósito dado.

Tabla 2. Niveles de la taxonomía de los objetivos educativos de Benjamín Bloom.

4.1. Introducción al curso

OOPC [Moreno y Baldiris, 2003] es un curso de conceptos básicos de programación orientada a objetos, desarrollado en la Universidad Industrial de Santander (Colombia) con el propósito de apoyar el proceso de enseñanza / aprendizaje de cinco temas relacionados con los cursos de Programación Orientada a Objetos (POO): Objeto, Clase, Encapsulación, Herencia y Polimorfismo. OOPC responde a las seis preguntas básicas de un proceso de diseño curricular [De Zubiría, 2002]:

1) ¿Para qué enseñamos? Especifica claramente los objetivos del proceso de enseñanza / aprendizaje, categorizados de acuerdo a la taxonomía de Bloom;

2) ¿Qué enseñamos? La estructura conceptual de los aprendizajes que se buscan, definida a través de la consulta a expertos en el área de la POO;

3) ¿Cuándo enseñamos? Obedece a la secuenciación del proceso, que en este curso se determina definiendo una relación de prerrequisitos entre los conceptos;

4) ¿Cómo enseñamos? Explicita la metodología del docente;

5) ¿Con qué enseñamos? Hace referencia a los objetos de aprendizaje y los servicios que propician el logro de los objetivos. Los contenidos del curso fueron diseñados utilizando diferentes tipos de medios y organizados por los conceptos asociados al curso; y

6) ¿Cómo valoramos el cumplimiento de los propósitos planteados en un proceso de formación? Define cómo debe realizarse el proceso de evaluación

de los aprendizajes y los instrumentos utilizados para tal fin: cuestionarios, talleres y otros mecanismos.

Este curso sitúa al sujeto en el centro del proceso de formación, por lo cual los objetos de aprendizaje fueron creados de tal manera que contando con diversos tipos de medios y formatos, se lograra satisfacer las necesidades de los diversos estilos de aprendizaje de Felder.

Contar con la definición de cada uno de estos elementos de forma independiente, nos ha facilitado en ADAPTAPlan el diseño instruccional del curso en IMS LD.

El diseño del curso lo hemos realizado utilizando Reload Learning Design Editor⁵, el cual nos permite generar un paquete comprimido (con extensión .zip) con el IMS LD que posteriormente es importado en la plataforma de aprendizaje dotLRN [Santos et al. 2007]. Puesto que sigue el estándar, sería posible importarlo en cualquier sistema que implemente un motor desarrollado para desplegar la especificación en tiempo de ejecución [Griffits, 2006].

4.2. Propiedades definidas en el curso

Inicialmente realizamos la definición de algunas características generales del curso y de los roles que pueden jugar los actores del proceso. Esta elección de metadatos que presentamos se puede considerar como un perfil de aplicación de facto (se entiende por perfil de aplicación detalles de la misma, como los

⁵ <http://www.reload.ac.uk/ldeditor.html>

esquemas o vocabularios controlados e información como el formato del valor del elemento, la cardinalidad o el tipo de datos, pero sin crear nuevos elementos en la especificación).

Definimos también los recursos de aprendizaje a utilizar en el curso. Cada uno de los recursos fue etiquetado con metadatos utilizando la especificación IMS-Metadatos (IMS-MD). A partir de estos recursos y utilizando la herramienta Reload, se generó el diseño instruccional del curso (estableciendo las propiedades y condiciones necesarias y definiendo las actividades a realizar y los entornos en los que trabajar) en formato XML. El curso así definido se empaquetó con IMS Content Packaging (IMS-CP). De esta forma, dentro del correspondiente fichero comprimido se encuentran cada uno de los recursos previamente seleccionados y caracterizados junto con el diseño instruccional que indica cómo deben presentarse al estudiante.

En el momento de la caracterización de los recursos fueron consideradas especialmente las siguientes etiquetas de esta especificación:

- 1) “Learning Resource Type”, donde se define la herramienta didáctica asociada al recurso (ejercicio, simulación, tabla, ...)
- 2) “Format”, para establecer el tipo de formato en que se presenta la información (texto, multimedia, gráfico, ...) correspondiente a un recurso en particular,
- 3) “Interactivity Type”, que define el grado de interacción que proporciona el recurso al usuario,
- 4) “Density of Semantic”, una medida subjetiva del carácter descriptivo del recurso a través de la cual se apunta a la dimensión de percepción de Felder. Cuanto más descriptivo sea un recurso, más adecuado será para un estudiante sensitivo, en caso contrario indicará en mayor medida a un estudiante intuitivo.
- 5) “Difficulty” que permite determinar cuál es el nivel de conocimiento que apunta el recurso que esta siendo caracterizado.

Detalles sobre el uso de estos atributos se pueden consultar en [Baldiris et al., 2008]. La estructura de los recursos y un ejemplo de su caracterización se presenta en las figuras 1 y 2.

Identificados y caracterizados los recursos de aprendizaje, procedimos a la definición de un conjunto de propiedades en el LD que nos permiten modelar los tipos de usuarios que consideraríamos, y que son la base para realizar las adaptaciones de nuestro interés, siguiendo los pasos necesarios descritos en otra parte [Boticario y Santos, 2007a].

El valor de estas propiedades depende de las interacciones de los estudiantes con las utilidades de la plataforma e incide en la definición del LD que el usuario recibirá. En concreto, al publicar el curso en la plataforma dotLRN se hace uso de los paquetes ILS (que calcula el valor en las cuatro dimensiones según el Índice de Estilos de Aprendizaje definido por Felder) y Assessment, que implementa la especificación IMS Question and Test Interoperability (IMS-QTI) para ofrecer cuestionarios a los estudiantes que permitan recoger sus respuestas.

También se hace uso de servicios como foros y el área de almacenamiento de ficheros. Recogiendo estas interacciones y realizando el análisis adecuado de las mismas, es posible obtener información sobre los estilos de aprendizaje del alumno, el logro de los objetivos planteados para el curso así como su nivel de colaboración, según se han trabajado en [Baldiris et al., 2008].

Un primer conjunto de propiedades son aquellas definidas como personales y locales, las cuales modelan el nivel de conocimiento de un estudiante en un concepto determinado. En la figura 3 se puede ver que para el concepto denominado ‘Objeto’, el valor de esta variable al inicio del curso es 0, suponiendo que el estudiante no posee conocimientos previos en este tema. No obstante, el valor de esta propiedad cambiará después de que el estudiante haya realizado la evaluación implementada en IMS-QTI asociada a este concepto, como se puede observar en la figura 1.

Este modelado implica que para cada uno de los conceptos asociados al curso, y dependiendo del nivel de conocimiento de Bloom asociado a cada concepto, deberá crearse un número determinado de evaluaciones en IMS-QTI y de propiedades en la unidad de aprendizaje o IMS-LD. Esto permite que, durante la ejecución del curso, se pueda ir actualizado (mediante el mecanismo definido en [Baldiris et al., 2008]) el valor del nivel de conocimiento que el estudiante va adquiriendo en cada objetivo del curso,

conforme progresa en el mismo realizando las actividades propuestas y los cuestionarios de evaluación.

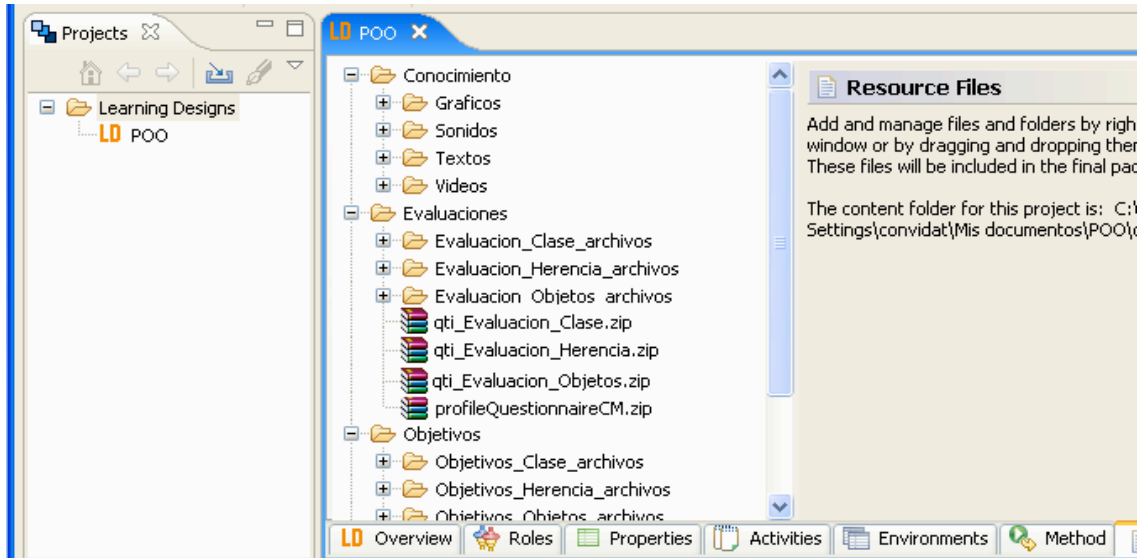


Figura 1. Recursos de aprendizaje en un curso montado para ADAPTAPlan

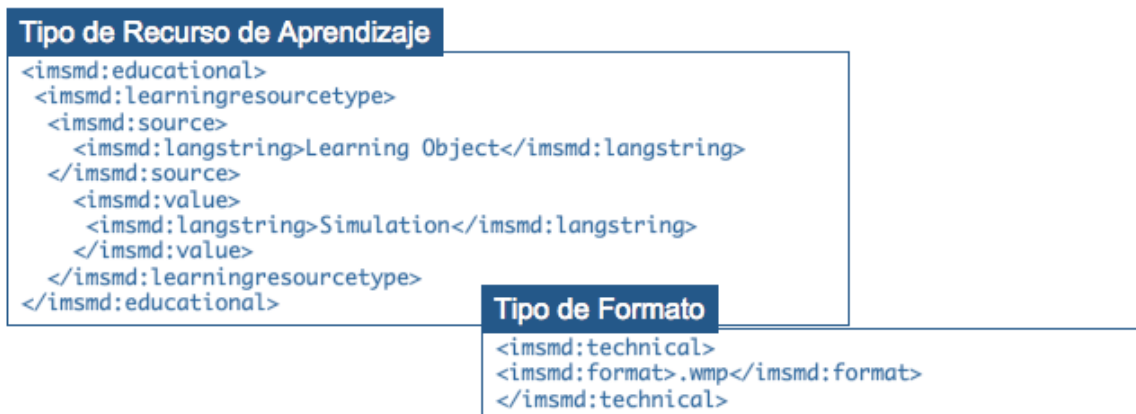


Figura 2. Algunos metadatos de los recursos de aprendizaje en un curso para ADAPTAPlan

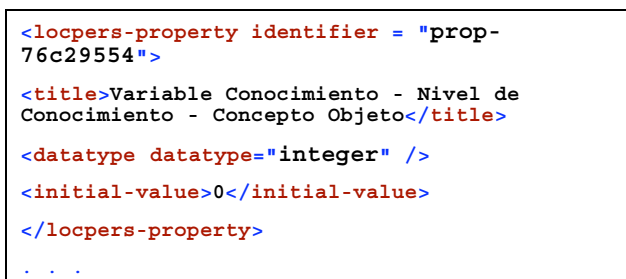


Figura 3. Propiedades asociadas el nivel de Conocimiento

El siguiente tipo de propiedad que hemos modelado en el IMS-LD es el estilo de aprendizaje. Se han definido 4 propiedades personales y globales, una por cada una de las dimensiones de Felder. En el

recuadro (ver figura 4) se puede observar la variable definida para la dimensión “entrada” de Felder. El valor de cada una de estas propiedades es un valor generado por el paquete ILS implementado en dotLRN tras procesar la respuesta del usuario al test de Felder.

Para gestionar la adaptación en el IMS-LD en función de los estilos de aprendizaje, se han considerando clusters para cada una de las dimensiones [Baldiris et al., 2008]. En la tabla 3 se puede observar la clasificación realizada para la dimensión de percepción. Los clusters A y C hacen referencia a los valores Strong (fuerte) que indican

una fuerte preferencia hacia ese valor en dicha dimensión del estilo de aprendizaje y son, por tanto, tendencias dominantes.

```
<locpers-property identifier="prop-f8c573ed
<title>Estilo de Aprendizaje - Dimension
Entrada</title>
<datatype datatype="string" />
</locpers-property>
. . .
```

Figura 4. Propiedad que recoge una de las dimensiones del estilo de Aprendizaje de Felder

En el diseño instruccional, la propiedad Learning Style-Input Dimension hará referencia al cluster en el cual se encuentra el estudiante de acuerdo a los resultados obtenidos por el test de estilos de aprendizaje de Felder. Este valor será usado por el sistema para seleccionar las actividades. Específicamente permitirá definir los recursos que más se ajusten al cluster de estilo de aprendizaje al cual pertenece el estudiante. En este proceso de entrega de actividades es muy importante la caracterización que se logre de los recursos de aprendizaje, como se vera más adelante.

CLUSTER	VALORES TEST	DESCRIPCION ESTILO
A	-11, -9,	Strong Visual
B	-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7,	Moderated and Balanced Visual/Verbal
C	9, 11	Strong Verbal

Tabla 3. Cluster para la dimensión Entrada

4.3. Actividades definidas en el curso

El docente también deberá definir un conjunto de actividades mínimas que el estudiante deberá realizar. Estas actividades deberán estar presentes en cada uno de los IMS-LD generados. Sin embargo, en ADAPTAPlan lo importante no son las estructuras de actividad indicadas por el docente, sino las nuevas estructuras generadas automáticamente por el sistema a través de los planificadores, a partir de los objetos y entornos de aprendizaje caracterizados previamente por el docente, pero no asociados a las estructuras propuestas por éste inicialmente [Castillo et al., 2007b]. En este proceso de obtención de nuevas estructuras de actividad, los planificadores deben

hacer uso del estado de las variables que modelan al estudiante.

A continuación se muestra la descripción de algunas de estas actividades, lo que nos permitirá ver claramente cómo el planificador puede utilizar una estructura de condiciones de las propiedades del estudiante para generar el IMS LD.

En la figura 5 se muestra en primer lugar la generación de cuatro actividades. Para cada una de estas actividades se ha definido el Descriptor de la Actividad, el nivel de conocimiento (NC) y los clusters utilizados para cada una de las dimensiones de los estilos de aprendizaje (EA). En concreto, la primera actividad hace referencia al contenido "Aprendiendo qué es un objeto", su nivel de conocimiento (NC) es "Conocimiento" y está indicado para los estudiantes que pertenezcan al cluster A de la dimensión "Entrada" (Input) y al cluster B de la dimensión "Percepción" (Perception).

Además de las actividades generadas para gestionar cierto tipo de estilos de aprendizaje, también se han generado dos estructuras de actividad (ver figura 5) para los niveles "Conocimiento" y "Comprensión" y para un tipo de estudiante específico de acuerdo a los clusters considerados.

Las actividades no tienen por qué dimensionar los cuatro clusters de estilos de aprendizaje, sino que es suficiente con que dimensionen al menos uno de ellos. En cambio, una estructura de actividad debe considerar los clusters de las cuatro dimensiones. La primera de estas estructuras será presentada a los estudiantes que cumplan con las siguientes condiciones:

- Que tengan el nivel de comprensión con respecto al concepto "Objeto". Es decir, que presentando la evaluación IMS QTI del nivel de conocimiento para este concepto hayan superado el valor mínimo exigido (60 en el ejemplo de la figura 6).
- Que el estilo de aprendizaje de este estudiante corresponda al tratado por la estructura de actividad. Para ello se debe verificar que los clusters de cada dimensión de Felder del estudiante correspondan con los clusters asociados a la estructura de actividades que le será mostrada. A grandes rasgos, se distinguen la preferencia por uno de los extremos de la

dimensión (cluster A o C), o la no existencia de una fuerte preferencia por ninguno de los dos extremos, estando en un punto intermedio (cluster B). En la figura 7 podemos observar la condición que permite realizar esta comparación. Para cada una de las propiedades creadas para almacenar el cluster de un estudiante en cada dimensión de

Felder, hay una condición que permite verificar si la estructura de actividades es la adecuada para ese estudiante.

Finalmente, si las premisas anteriores se cumplen, se muestra al estudiante la estructura adecuada a su estilo (ver figura 8).

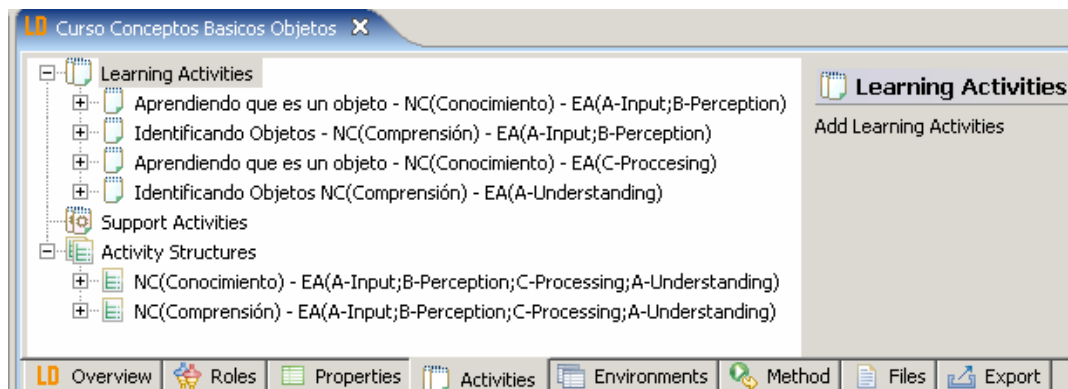


Figura 5. Ejemplo de actividades

```
<if>
  <and>
    <greater-than>
      <property-ref ref="prop-76c29554" />
      <property-value>60</property-value>
    </greater-than>
```

La referencia prop-76c29554 es la propiedad "Variable Conocimiento - Nivel de Conocimiento - Concepto Objeto" presentada en la figura 3.

Figura 6. Condiciones para una variable de Conocimiento

```
<is><property-value>A</property-value>
  <property-ref ref="prop-f8c573ed" /></is>
<is><property-ref ref="prop-e223a66e" />
  <property-value>B</property-value></is>
<is> <property-ref ref="prop-c418ba81" />
  <property-value>C</property-value> </is>
<is> <property-ref ref="prop-cfeabe33" />
  <property-value>A</property-value></is>
```

Cada una de las referencias se relaciona con una de las propiedades creadas para modelar el estilo de aprendizaje.

Figura 7. Condiciones de Estilo de Aprendizaje

```
<then>
  <show>
    <activity-structure-ref ref="as-90da83ae" />
  </show>
</then>
```

as-90da83ae = NC(Comprensión) - EA(A-Input;B-Perception;C-Processing;A-Understad.)

Figura 8. Muestra la estructura de actividad

4.4. Recursos y Estilos de aprendizaje

Con respecto a los objetos de aprendizaje, estos se encuentran enlazados como recursos a las diferentes actividades. Cada objeto señala uno o varios clusters de estilo de aprendizaje y está asociado a un nivel de conocimiento específico. Así, el planificador lo puede utilizar para ubicarlo en una determinada actividad según sus características.

Para facilitar al planificador el proceso de asociar los recursos según el tipo del recurso y el estilo de aprendizaje del estudiante, proponemos la Tabla 4, basada en la propuesta inicial definida en [Peña, 2004] y complementado con el trabajo [Karagiannidis y Sampson, 2004]. Esta tabla se centra en definir los

tipos de recursos más apropiados cuando el estudiante tiene un valor fuerte (strong) en la dimensión, es decir se ha obtenido que su preferencia para ese extremo de la dimensión es muy fuerte. Cuando la preferencia no es clara (es decir, se reparte entre ambos extremos) no se puede tomar partido por ninguna de las dos. A partir de esta tabla, y teniendo como valor de entrada el estilo de aprendizaje del alumno, se pueden seleccionar los tipos de recursos más apropiados. Para ello, a partir de la tabla 4 se puede generar una nueva tabla que seleccione los tipos de recursos más apropiados según las 4-tuplas de valores de estilos de aprendizaje. Para generar esta nueva tabla (tabla 5), se ha dado un valor de 5 puntos cuando el valor en la tabla 4 era VG (very good), 3 puntos cuando era G (good) y 0 cuando era I (indiferente). Se han seleccionado los recursos que suman más de 12 puntos en las cuatro dimensiones. Para simplificar, se muestra la tabla para todas las posibles combinaciones en las que el tipo de procesamiento es activo. Análogamente se realiza para el tipo de procesamiento reflexivo.

4.5. Consideraciones sobre la tarea de especificación

Este sencillo ejemplo nos permite observar que para un docente es una tarea difícil definir cada una de las actividades y estructuras de actividades, así como las condiciones que permitirán entregar los contenidos adaptados a todos los tipos de estudiante con que se cuenta. Para relajar la tarea de especificación por parte del profesor y aprovechar las interacciones de los estudiantes en ADAPTAPlan integramos técnicas de planificación, modelado del usuario y aprendizaje automático. Aún así, sigue siendo necesario una fuerte carga de trabajo por parte del docente, aunque esta esté más centrada en el ámbito de su competencia, como es el diseño curricular.

No obstante, será necesario hacer estudios que permitan evaluar el nivel del aprendizaje alcanzado por los alumnos a través de los cursos generados para poder valorar la eficacia del modelo planteado.

5. Adaptaciones dinámicas

A pesar de relajar en ADAPTAPlan la labor de diseño del curso con ayuda de planificadores que construyen el IMS LD, durante la fase de diseño del

curso no es posible predecir todas las posibles situaciones en las que se puede encontrar cada estudiante. Estas situaciones serán diferentes según las características y necesidades particulares de cada alumno. Por esta razón, existe un módulo en ADAPTAPlan llamado ADA+ [Santos et al. 2007b] que ofrece recomendaciones dinámicas al estudiante y que consiste en una arquitectura multi-agente (Fig. 9) implementada con JADE⁶. Esta arquitectura plantea la existencia de diferentes clases de agentes que colaboran entre sí en un espacio mediado por un protocolo de comunicación común basado en el estándar FIPA-ACL [FIPA 2008]. Los agentes definidos son: agentes de modelado, agentes recomendadores y un agente que coordina el trabajo de todos los demás.

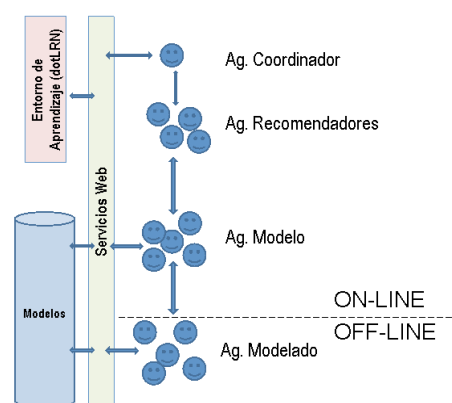


Figura 9. Arquitectura multi-agente ADA+

El agente coordinador se comunica durante la ejecución del curso con el entorno de aprendizaje para ofrecerle (a petición de éste) las recomendaciones generadas por los agentes recomendadores. Éstos piden información a los agentes de modelo. Por su parte, los agentes de modelado se encargan de monitorizar las interacciones de los estudiantes en el entorno de aprendizaje y recoger información relevante sobre dichas interacciones, y de modificar de forma off-line (es decir, no de forma instantánea) el valor de los atributos de los modelos.

Las trazas de interacción recogidas pueden ser los tipos de objetos de aprendizaje que han sido más usados por los estudiantes de un cierto tipo de cluster de estilo de aprendizaje o los servicios de

⁶ <http://jade.tilab.com/>

colaboración que más acogida han tenido en el proceso de enseñanza / aprendizaje. Esta información es el punto de partida para la construcción de un modelo de estudiante dinámico que incluye inicialmente los resultados del test de Felder y las evaluaciones IMS QTI presentadas por los

estudiantes, pero que irá cambiando en la medida en que las preferencias del estudiante y su nivel de conocimiento evolucione, tal como se ha propuesto en [Baldiris et al., 2008], especialmente en lo que se refiere a los niveles de colaboración allí descritos.

Tipos de Recursos	Procesamiento		Percepción		Entendimiento		Entrada	
	A	R	I	S	SC	G	VI	VE
Ejercicios	G	G	VG	G	G	I	G	VG
Simulaciones	VG	I	I	VG	I	G	VG	I
Cuestionarios	G	I	I	I	G	I	I	I
Diagramas	I	G	G	G	G	VG	VG	I
Figuras	I	G	G	G	G	VG	VG	I
Grafos	I	G	G	G	G	VG	VG	I
Índice	I	I	I	I	G	VG	I	G
Transparencias	I	G	G	G	G	VG	VG	G
Tablas	I	I	I	G	G	G	G	G
Texto Narrativo	G	VG	VG	I	I	I	I	VG
Exámenes	G	I	I	I	G	I	I	I
Experimentos	VG	G	G	VG	G	I	VG	I
Enunciado de problema	VG	G	G	VG	I	I	G	VG
Auto evaluación	G	I	I	I	G	I	I	I
Lecturas	I	VG	VG	I	I	I	I	VG

Tabla 4. Adecuación de cada tipo de recurso según el estilo de aprendizaje (VG=very good, G= good; I= indiferent)

Procesamiento	Percepción	Entendimiento	Entrada	Tipos de Recursos
Activo	Intuitivo	Secuencial	Visual	Ejercicio, experimentos, enunciado
Activo	Intuitivo	Secuencial	Verbal	Ejercicio, texto narrativo, experimentos, enunciado
Activo	Intuitivo	Global	Visual	Simulaciones, diagramas, figuras, grafos, transparencias, experimentos,
Activo	Intuitivo	Global	Verbal	Ejercicios, Texto narrativo, Enunciado de problema
Activo	Sensitivo	Secuencial	Visual	Simulaciones, Experimentos, Enunciado del problema,
Activo	Sensitivo	Secuencial	Verbal	Enunciado del problema, ejercicios, experimento, simulaciones
Activo	Sensitivo	Global	Visual	Simulaciones, Experimento, Enunciado del problema, transparencias, grafos, diagramas, figuras

Tabla 5. Tipos de recursos más adecuados según las dimensiones de los estilos de aprendizaje con procesamiento activo

Para implementar esta funcionalidad adaptativa se modelan los clusters de estilo de aprendizaje como conjuntos difusos [Peña 2004], de forma que un

estudiante, de acuerdo al test de Felder, inicialmente puede estar ubicado en un cluster pero, dependiendo de su interacción con los objetos de aprendizaje del

sistema, su ubicación en los clusters puede cambiar o permanecer igual. El modelo del estudiante también se verá afectado por sus participaciones en los diversos servicios del entorno de aprendizaje, para lo cual se implementan técnicas de aprendizaje automático que modifican los atributos del modelo [Santos et al., 2007b]. Al cambiar estos valores de los atributos del modelo del estudiante, los valores que tendrán las propiedades de la UoL serán diferentes, por lo que las condiciones se bifurcarán de forma diferente, estableciendo rutas de aprendizaje diferentes a las que hubiera recibido el estudiante si sus atributos no hubieran cambiado. Así, cambiarán las estructuras de actividad que se seleccionen del IMS-LD, y por tanto se adaptan de forma indirecta los caminos de aprendizaje de ese estudiante.

6. Conclusiones

El modelado del diseño instruccional de un curso mediante unidades de aprendizaje en IMS-LD proporciona un soporte para la definición de un proceso de enseñanza / aprendizaje en el contexto de un entorno virtual de aprendizaje, haciendo énfasis en la generación de estructuras de actividades que deberán ser llevadas a cabo por los actores del proceso. La posibilidad de agregar propiedades a los diseños generados incrementa la flexibilidad de éstos, y permite apuntar a diversas características del estudiante, entre ellas los estilos de aprendizaje y el nivel de conocimiento. Sin embargo, no es una tarea sencilla definir en la fase de diseño las posibles rutas que debe seguir cada estudiante durante el curso como se ha visto en el artículo.

En este artículo nos hemos centrado fundamentalmente en abordar la fase de diseño, en la que un primer paso para facilitar esta tarea y disminuir la sobrecarga asociada a la especificación del curso es contar con la ayuda de técnicas de planificación. Esto permite además particularizar los diseños mediante planes de actividades y recursos centrados en las necesidades de cada estudiante en particular. Esta personalización del diseño queda generalmente fuera del ámbito del diseño instruccional, en el que generalmente se consideran características y soluciones asociadas a tipos de estudiantes en general. Sin embargo, el enfoque de ADAPTAPlan permite gestionar en el diseño del curso las necesidades de cada individuo,

considerando sus estilos de aprendizaje, objetivos, competencias adquiridas, nivel de conocimiento, etc.

Aun con todo ello, existe un segundo paso difícil de abordar en tiempo de diseño o planificación, que consiste en atender a situaciones no previstas derivadas de la interacción del usuario. Para ello planteamos un soporte dinámico basado en una arquitectura multi-agente que proporciona el nivel de flexibilidad adecuado para hacer diversas tareas en paralelo: actualizar los atributos del modelo de estudiante con diferentes algoritmos de aprendizaje y lógica difusa, generar diferentes recomendaciones para atender situaciones no previstas y/o reforzar el proceso de aprendizaje, consultar atributos en los modelos para ayudar a construir dichas recomendaciones, etc.

Las recomendaciones con las que estamos trabajando se generan teniendo en cuenta la estructura del curso tal como se ha definido en el IMS-LD y las interacciones recogidas de los estudiantes. Con respecto a la estructura del curso, por un lado sirve como entrada para generar las recomendaciones y, por otro, al modificar sus interacciones los valores de los atributos del modelo del estudiante, también sirven indirectamente para cambiar la ruta que ofrezca el IMS-LD, ya que al “parsear” las propiedades con que se definen las condiciones para las rutas de aprendizaje, los valores serán diferentes, y por tanto, las actividades elegidas cambiarán.

7. Trabajos Futuros

Actualmente estamos trabajando en el proceso de integración de los paquetes de la plataforma dotLRN que permiten implementar el modelado propuesto en el presente artículo. Estamos también diseñando programas de formación pilotos, como cursos de prueba, que en corto tiempo nos brindarán una plataforma para evaluar el aprendizaje alcanzado por lo estudiantes, aplicando la propuesta que aquí presentamos. De esta manera podremos comprobar la validez del planteamiento realizado. Estas pruebas se realizarán básicamente contrastando resultados cuantitativos en dos tipos de escenarios, cursos con apoyo de la tecnología y procesos de formación presenciales.

Por otra parte, nos encontramos en el proceso de evaluación de las técnicas de aprendizaje automático

más adecuadas para soportar el proceso de aprendizaje de los agentes generadores de recomendaciones.

Es de nuestro interés también, a partir de las experiencias adquiridas en el proyecto ADAPTAPlan, identificar qué herramientas de modelado adicionales se deberían abordar, con el propósito de realizar una monitorización adecuada del logro de las competencias transversales y específicas de los usuarios en el contexto del espacio europeo de educación superior. Este planteamiento más dinámico lo estamos ampliando considerando características de usuario incluidas en los nuevos estándares de modelado de las condiciones de accesibilidad y diversidad funcional de los individuos (Personal Needs and Preferences [ISO PnP]), en el contexto del proyecto europeo EU4ALL [Santos et al. 2007c], centrado en desarrollar un marco genérico basado en estándares para la implementación de servicios TIC de atención a la diversidad funcional de los individuos en la educación superior.

8. Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia la financiación recibida para el proyecto ADAPTAPlan (TIN2005-08945-C06-00), y al programa Alban, Programa de Becas de Alto Nivel de la Unión Europea para América Latina, beca No. E06D103680CO.

Se expresan también sinceros agradecimientos a la profesora Montse Tesouro, docente de la Facultad de Educación de la Universidad de Girona y al ingeniero Germán Moreno, estudiante del Master en Informática Industrial y Automática de la misma universidad, por sus valiosas contribuciones.

Referencias

- [Baldiris et al., 2007] Baldiris, S, Santos O., Boticario J.G., Fabregat, R. Modelado de cursos mediante el uso intensivo de estándares educativos para dar soporte a adaptaciones dinámicas. Actas del Simposio. Nac. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2007). Cong. Español de Informática (CEDI 2007), Zaragoza, 11-14 septiembre, 2007.
- [Baldiris et al., 2008] Baldiris, S, Santos O., Barrera C., Boticario J.G., Velez J., Fabregat, R. Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive Learning Scenarios in ADAPTAPlan. Special Issue on New Trends on AI techniques for Educational Technologies. Int. J. of Computer Science and Applications (IJCSA), January 2008.
- [Boticario y Santos, 2007a] Boticario, J.G., Santos, O.C.: An open IMS-based user modelling approach for developing adaptive learning management systems. J. of Interactive Media in Education, 2007 (in press).
- [Boticario y Santos, 2007b] Boticario, J.G., Santos, O.C.: A Dynamic assistance approach to support the development and modelling of adaptive learning scenarios based on educational standards. 5th Int. WS Authoring of Adaptive and Adaptable Hypermedia. Int. Conf. on User Modelling, 2007.
- [Bloom, 1956] Bloom, B.S. Taxonomy of Educational Objectives: The classifications of educational goals. New York: David McKay, 1956.
- [Bloom, 1971] Bloom, B.S. Handbook on formative and summative evaluation of student learning. New York, McGraw-Hill, 1971.
- [Castillo et al., 2007a] Castillo, L., Armengol, E., Onaindía, E., Sebastiá, L., Boticario, J.G., Rodríguez, A., Fernández, S., Arias, J.D., Borrajo, D.: SAMAP. A user-oriented adaptive system for planning tourist visits. Int. J. of Expert Systems With Applications, 2007.
- [Castillo et al., 2007b] Castillo, L., Morales, L., González-Ferrer, A., Fdez-Olivares, J. And García-Pérez, O. Knowledge engineering and planning for the automated synthesis of customized learning designs. Actas XII Conf. Asociación Española para la Inteligencia Artificial. Vol I, p. 17-26, 2007.
- [De Zubiría, 2002] De Zubiría J. Los modelos pedagógicos, Fundación Alberto Merani, 2002.
- [Felder y Silverman., 2002] Felder R. M., Silverman L. K., 'Learning and Teaching Styles In Engineering Education', Engr. Education, 78(7), 674-681 (1988) – Preface: Felder R. M., June 2002.
- [Felder 1996] Felder, Richard M. Matters of Style. ASEE Prism, 6(4), 1996, pp 18-23.