

Planificación inteligente de rutas de aprendizaje personalizadas

Antonio Garrido, Knut Kujat, Eva Onaindía y Oscar Sapena
Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n, 46022, Valencia (Spain)
{agarridot, kkujat, onaindia, osapena}@dsic.upv.es

Resumen

El EEES hace especial énfasis en las necesidades individuales de los alumnos y promueve una mayor autonomía en el autoaprendizaje. Lamentablemente, este autoaprendizaje a menudo queda relegado a una mera publicación de contenidos on-line sin que exista un hilo conductor de los mismos para guiar el aprendizaje. Este trabajo se centra en la elaboración de cursos adaptados al perfil y necesidades reales de cada estudiante. Para ello presentamos una aproximación que se compone de una herramienta de autor para el modelado de objetos de aprendizaje y un planificador inteligente que, posteriormente, construirá una ruta de aprendizaje con dichos objetos. Flexibilidad en el modelado y adaptabilidad de las rutas son las dos principales funcionalidades que ofrece esta aproximación, las cuales consideramos fundamentales para incentivar la participación del profesor en la construcción del curso y motivar el aprendizaje de los estudiantes.

1. Introducción y motivación

En unos tiempos en los que las nuevas tecnologías han avanzado y madurado lo suficiente, las universidades están inmersas en un importante cambio metodológico, debido en gran parte a la definición del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) de la declaración de Bolonia [1]. Esta declaración tiene entre sus objetivos clave: i) la educación con particular énfasis en el desarrollo curricular y el autoaprendizaje, y ii) la promoción de la movilidad y remoción de obstáculos para el ejerci-

cio libre de la misma por los estudiantes. En otras palabras, el EEES se centra principalmente en las necesidades individuales e intereses de los alumnos, lo que supone un cambio significativo en el desarrollo del aprendizaje, requiriendo una mayor independencia y autonomía por parte del estudiante. El estudiante debe pasar de ocupar un rol prácticamente estático a uno totalmente dinámico y activo. Es decir, se reduce el volumen de enseñanza y de forma fluida se acentúa el de autoaprendizaje. Actualmente, el autoaprendizaje está íntimamente ligado al proceso de e-learning, al trabajo con una menor carga presencial y a las plataformas de teleformación que integran herramientas para el desarrollo de actividades formativas. De hecho, estas herramientas serán, en un futuro muy próximo, predominantes en el ámbito de la formación continua, profesional, liberal y vocacional [2, 3, 5].

Aunque existen muchas aproximaciones para abordar el proceso de e-learning, éstas no deben consistir en distribuir objetos de aprendizaje (material docente) sin ninguna estructura en la Web, ni en construir herramientas que sean meros presentadores de contenidos estáticos, ni en proporcionar tareas que no se adapten al perfil y a las necesidades reales del estudiante. Es obvio que en casos sin interacción ni realimentación, donde a los estudiantes no se les concede flexibilidad alguna en la organización y adaptación de su aprendizaje, el proceso de e-learning puede resultar frustrante. Por lo tanto, es imprescindible el diseño de contenidos más interactivos y flexibles, junto con plataformas que fomenten a los estudiantes a controlar y tomar decisiones sobre un proceso de aprendizaje totalmente adapta-

do a sus necesidades. Este artículo se enmarca en esta línea de aprendizaje personalizado y, más concretamente, en la utilización de planificación inteligente para construir rutas de aprendizaje —cursos— totalmente personalizadas en un proceso de e-learning. Dejando a un lado la perspectiva pedagógica, en lo que a definición de contenidos se refiere y la caracterización de los mismos por parte de los profesores, presentamos el resultado de un proyecto de investigación (MEC TIN2005-08945-C06-06) cuyo objetivo es el de favorecer procesos de aprendizaje de calidad mediante la adaptación y personalización de cursos. En este proyecto hemos integrado un conjunto de herramientas para organizar, diseñar (mediante composición de objetos de aprendizaje) y adaptar rutas de aprendizaje para estudiantes. Adicionalmente, el trabajo realizado nos ha permitido: i) plantear y analizar métodos pedagógicos innovadores, que dan más libertad al estudiante, a fin de mejorar la calidad del proceso de aprendizaje en relación a la adaptación al EEES, ii) fomentar la participación de alumnos en la investigación mediante la realización de varios proyectos fin de carrera y tesinas de máster, y iii) aplicar técnicas de la inteligencia artificial al aprendizaje autónomo.

Este artículo contribuye con una presentación detallada de todos los elementos y pasos necesarios para elaborar rutas de aprendizaje (ver Figura 1). En primer lugar, presentamos una herramienta de modelado que guía al profesor a través de un proceso, organizado en tres vistas, para el diseño incremental de un curso que contiene un conjunto de objetos de aprendizaje para alcanzar ciertas competencias. Después, los estudiantes eligen el curso a seguir o simplemente las competencias en las que están interesados, indicando sus características personales (perfil), necesidades y/o preferencias. A continuación, se obtiene un problema de planificación como una formulación completa que se deriva automáticamente del diseño del curso y de la información de los estudiantes. Seguidamente, una etapa de planificación se encarga de construir una ruta de aprendizaje específica para cada estudiante, de acuerdo a su perfil, formada por una secuencia

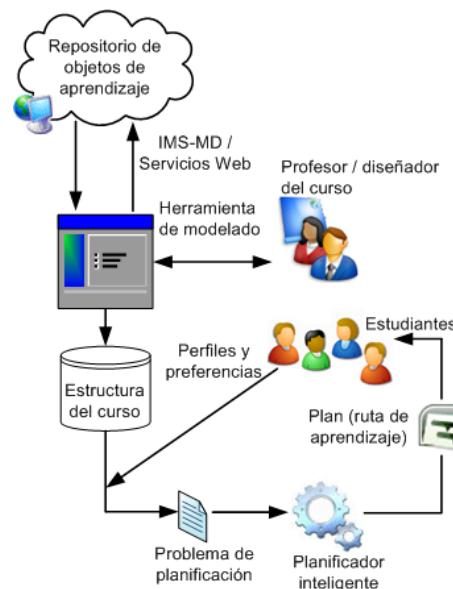


Figura 1: Esquema de nuestra aproximación

de objetos de aprendizaje o tareas que el estudiante debe seguir para alcanzar sus objetivos.

2. Una herramienta para modelar objetos de aprendizaje

Aunque en la Web existen muchos repositorios de objetos de aprendizaje (ver por ejemplo www.edusource.ca), un curso no puede ser una simple agregación de dichos objetos, sino una composición fuertemente conexas y estructurada. Para ello, es necesario que dichos objetos estén correctamente etiquetados. Por ejemplo, de poco sirve disponer de dos objetos de aprendizaje O1 y O2 para nuestro curso si desconocemos sus dependencias, entre sí o con otros objetos; ¿O1 debe ir antes que O2 o viceversa, o quizás los dos precisan de un tercer objeto que desconocemos? Además, ¿O1 necesita algún recurso especial, como por ejemplo un ordenador multimedia, un libro determinado o un osciloscopio digital? Esta información, conocida habitualmente con el nombre de metadatos en el estándar IMS-MD [6], es esencial para modelar objetos de aprendizaje reutiliza-

bles y, ante todo, para la planificación de cursos. Para cada objeto de aprendizaje, nuestra herramienta permite a un profesor definir los siguientes metadatos:

1. Información sobre el estilo de aprendizaje (perfil) del estudiante, por ejemplo si un objeto es adecuado para un estudiante que sea inductivo o para uno que tenga competencias en idiomas extranjeros.
2. Recursos necesarios, para los objetos que utilizan materiales de aprendizaje en formatos específicos o requieren recursos especiales.
3. Duración típica, es decir cuánto tiempo le lleva a un estudiante medio trabajar con este objeto.
4. Relaciones con otros objetos y su tipo.

Los tres primeros metadatos son triviales. El cuarto metadato contiene las estructuras jerárquicas y relaciones de dependencia entre objetos. La estructura jerárquica representa una agregación típica de objetos de aprendizaje. Por ejemplo, si 'O2 IsPartOf O1' y 'O3 IsPartOf O1', tanto O2 como O3 son necesarios para la consecución de O1. Por otro lado, las relaciones de precedencia son 'IsBasedOn' y 'Requiere' (y sus inversas), que indican las relaciones causa-efecto entre objetos, y se corresponden con la terminología LOM (Learning Object Metadata, [7]). Por ejemplo, si 'O4 Requiere O5', O5 debe terminarse antes de comenzar con O4, lo cual es muy útil para establecer relaciones con contenidos previos. Personalmente interpretamos estas dos relaciones como: todos los predecesores del tipo 'Requiere' y al menos uno de los predecesores del tipo 'IsBasedOn' tienen que completarse antes del objeto sucesor, es decir, en el primer caso los predecesores se requieren de forma conjuntiva y en el segundo de forma disyuntiva. Nuestra herramienta permite al profesor: i) descargar objetos de aprendizaje de repositorios on-line, ii) validar y mejorar éstos y otros metadatos como título, descripción, palabras clave, etc., iii) diseñar nuevos objetos de aprendizaje, iv)

actualizar los repositorios con los nuevos objetos, y v) elaborar cursos a partir de estos objetos. Según nuestra experiencia, modelar cursos directamente a partir de objetos de aprendizaje no es tarea fácil por lo que la herramienta ofrece tres vistas incrementales que se corresponden con tres niveles (ver Figura 2), cada uno de los cuales refina al anterior:

1. Vista conceptual, que define en líneas generales la estructura del curso. Se trata de un mapa conceptual [8] en el que se representan qué conocimientos y/o competencias se van a adquirir en el curso y sus relaciones.
2. Vista de tareas, que aplica una descomposición de conceptos en tareas, esto es, los objetos de aprendizaje propiamente dichos. Se trata de indicar cómo se aprenderá cada uno de los conceptos.
3. Vista de adaptación, que engloba a las dos vistas previas e incluye también a quién va dirigida cada una de las tareas y con qué recursos. Se trata entonces de definir qué tareas se adaptan mejor a qué perfiles de estudiantes y cuáles son los recursos necesarios.

Una vez definido el curso, cada estudiante introduce su perfil y preferencias, seleccionando cuáles son los conocimientos/competencias que quiere adquirir y en qué medida. Con esta información y la estructura de conceptos, tareas y perfiles se genera un problema de planificación, tal y como se ilustra en la Figura 1, que empleará un planificador inteligente para obtener la ruta de aprendizaje personalizada para cada uno de los estudiantes.

3. Etapa de planificación y visualización de la ruta de aprendizaje

La planificación automática inteligente se puede definir como un proceso de búsqueda para encontrar una secuencia de tareas que permiten alcanzar unos objetivos. Como se puede observar en el caso que nos ocupa, la planificación resulta muy apropiada para elegir los ob-

jetos de aprendizaje que deben utilizar los estudiantes para lograr sus objetivos de aprendizaje. El planificador que hemos implementado lleva a cabo un proceso de búsqueda heurístico regresivo, basado en grafos de planificación relajados, que comienza desde los objetivos de aprendizaje. Más concretamente, se utiliza una estrategia guiada por los objetivos, que construye cada ruta de aprendizaje añadiendo los objetos de aprendizaje específicos para el perfil de cada estudiante, tal y como se detalla en [9]. Además, el planificador es capaz de realizar una tarea de optimización para conseguir una solución que minimice o maximice una métrica multiobjetivo definida por el usuario.

El planificador calcula la ruta de aprendizaje (plan) para cada estudiante como una secuencia de objetos de aprendizaje y devuelve las relaciones entre dichos objetos y los recursos necesarios. Una vez se dispone de la ruta de aprendizaje, ésta se ofrece de forma visual. Existen muchos formatos para visualizar la ruta, como por ejemplo HTML o XML, y para muchos posibles dispositivos. A corto plazo nuestra pretensión es implementar aplicaciones de visualización para dispositivos inteligentes, como PDAs y Smartphones, permitiendo incrementar la movilidad de los estudiantes cuando están ejecutando sus respectivas rutas. No obstante, de momento se ha optado por una alternativa más simple y directa: traducir el plan al formato XML soportado por Microsoft Project. Esta aplicación dispone de una interfaz amigable, es conocida por la mayoría de estudiantes y profesores, y resulta muy flexible para gestionar rutas mediante diagramas de Gantt de seguimiento (ver Figura 3).

4. Nuestra experiencia con la herramienta: un ejemplo de aplicación

En esta sección presentamos un ejemplo de aplicación que ilustra la forma en la que un profesor modela un curso con nuestra herramienta a través de sus tres vistas (Figura 2). Este ejemplo, aunque simple, está inspirado en un bloque introductorio para un curso de Inteligencia Artificial, a fin de nivelar los conocimientos básicos de estudiantes procedentes

de distintas titulaciones o universidades. Este ejemplo no pretende ser absolutamente fiel a la realidad, sino que pretende vislumbrar hasta qué niveles de adaptación se pueden alcanzar con un enfoque como éste.

La vista conceptual se utiliza como un mapa conceptual [8], válido para conceptos concretos o abstractos, que permite al profesor organizar los contenidos del curso. En nuestro ejemplo planteamos tres conceptos básicos: *Búsqueda*, *Representación del Conocimiento* y *Sistemas Expertos*. Estos conceptos son posteriormente detallados en la vista de tareas que contiene la estructura jerárquica con los objetos de aprendizaje propiamente dichos. De acuerdo a la Figura 2, disponemos de seis objetos de aprendizaje agregados para el objeto *Búsqueda*, que se relacionan mediante relaciones 'Is-RequiredBy' e 'IsBasisFor' (las relaciones inversas de 'Requires' e 'IsBasedOn', respectivamente). La vista de adaptación es la más completa al proporcionar una total personalización de los objetos de aprendizaje, requisitos y efectos adaptados a los perfiles. En concreto, la personalización implica determinar qué objetos son los más adecuados para qué estilos de aprendizaje, los niveles de competencia requeridos/obtenidos y los recursos asociados a cada objeto de aprendizaje; esto crea automáticamente una estructura de planificación en términos de precondiciones-acciones-efectos que será la entrada del planificador. A los objetos de aprendizaje procedentes de la vista de tareas les hemos añadido en la vista de adaptación: i) cinco nuevas habilidades: *Grafos*, *Búsqueda Sistemática*, *Heurísticas*, *Aplicaciones A** y *Propiedades A**, y ii) tres tipos de perfil: *Visión* (secuencial o global), *Tipo-Proceso* (verbal, haciaverbal¹ o visual) y *Razonamiento* (inductivo o deductivo), inspirados en la taxonomía de Felder [4]. Por ejemplo, el objeto de aprendizaje 0, denominado *Conceptos generales de búsqueda en grafos*, produce un valor de competencia de +90% en la habilidad de *Grafos* si el estudiante es secuencial (aprende paso a paso) y +70% si es glo-

¹Los valores de los perfiles no tienen que ser necesariamente opuestos, pudiendo haber valores intermedios.

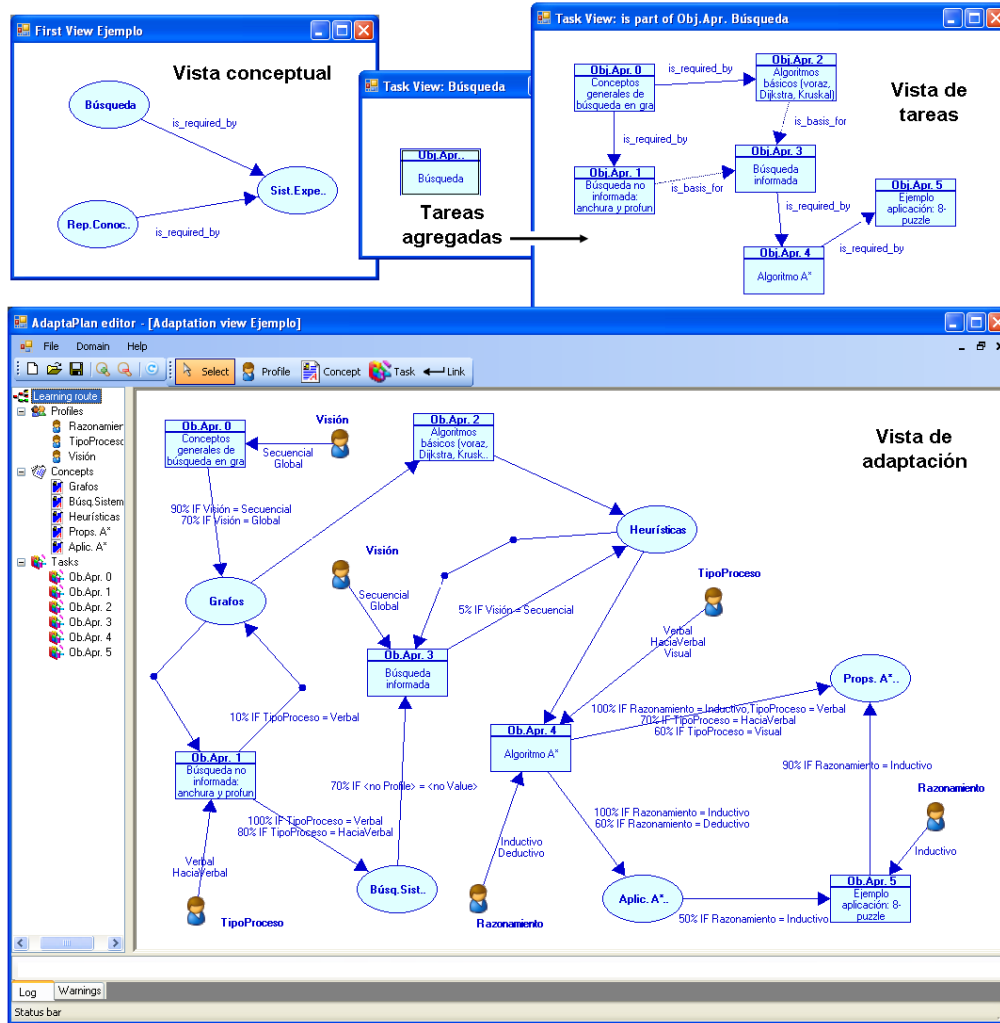


Figura 2: Ejemplo de aplicación con las tres vistas que ofrece nuestra herramienta de autor

bal (aprende a partir de un marco general). Análogamente, el *Obj. Apr. 1* es apropiado para estudiantes con un *TipoProceso*={verbal, haciaverbal}, pero no visual, y el nivel resultante en la habilidad *Búsqueda Sistemática* depende de dicho valor. La herramienta también permite modelar distintos objetos de aprendizaje en función del perfil del estudiante. Por ejemplo, para fomentar una habilidad en un estudiante de tipo verbal se puede recomendar la lectu-

ra de un capítulo de libro, mientras que para uno visual se puede priorizar la realización de un experimento. Adicionalmente, los objetos de aprendizaje pueden tener distinta duración y necesitar diferentes recursos (por ejemplo, el *Obj. Apr. 2* requiere un ordenador multimedia), que pueden estar siempre disponibles o imponer fuertes restricciones en el problema.

Por otro lado, es posible modelar las particularidades de los estudiantes, como su estilo de aprendizaje (perfil), los recursos de que dispone, sus conocimientos previos y sus objetivos particulares. Por ejemplo, supongamos dos estudiantes interesados en aprender *Búsqueda*. El Estudiante1 es secuencial, inductivo y verbal, dispone de un ordenador multimedia y quiere conseguir en las cinco habilidades un valor mínimo de un 50% (objetivos de aprendizaje). El Estudiante2 es global, deductivo y haciaverbal, con unos conocimientos previos iniciales sobre *Grafos* del 20% y cuyos únicos objetivos de aprendizaje son conseguir un 100% y 90% en *Aplicaciones A** y *Propiedades A**, respectivamente. Como puede observarse, estos objetivos con valores más elevados representan la consecución de una calificación superior a la media. Con arreglo a los perfiles y objetivos de los estudiantes, el planificador calcula la ruta de aprendizaje más idónea teniendo en cuenta la métrica que, en nuestro caso, consiste en minimizar la duración de la ruta. Las rutas de aprendizaje que deberán seguir los dos estudiantes del ejemplo, con cinco y tres objetos de aprendizaje respectivamente, se muestran en la Figura 3.

5. Valoraciones finales. Ventajas e inconvenientes

La planificación inteligente de rutas de aprendizaje personalizadas es, sin duda alguna, una utilidad muy práctica para fomentar una mayor autonomía en el autoaprendizaje de los estudiantes. No obstante, antes de la etapa de planificación automática hay que etiquetar, manualmente, los objetos de aprendizaje y modelar correctamente los cursos para que sean adaptables a distintos estilos de aprendizaje. Es decir, de poco sirve disponer de un curso donde todos los objetos de aprendizaje son sólo válidos para un estilo de razonamiento, por ejemplo inductivo, si posteriormente nuestros estudiantes son todos deductivos. Aunque existen cuestionarios para que un estudiante determine su estilo de aprendizaje (ver por ejemplo el cuestionario Honey-Alonso en www.estilosdeaprendizaje.es/chaee), des-

de el punto de vista del profesor resulta todavía muy complejo determinar si un objeto de aprendizaje es más adecuado para un perfil de estudiante u otro, y sólo puede deducirlo después de observar los resultados tras muchos cursos de prueba y experiencias. Al fin y al cabo, el profesor es una figura docente pero no siempre dispone de suficientes conocimientos pedagógicos para catalogar a sus estudiantes, siendo ésta una de las principales limitaciones que existen al utilizar un enfoque como el que proponemos en este artículo.

Durante el modelado de un curso como el que proponemos en el ejemplo de la sección anterior, el profesor conoce perfectamente qué conceptos representar en la vista conceptual y cómo desglosar las tareas en objetos de aprendizaje dentro de la vista de tareas. Sin embargo, las decisiones acerca de los estilos de aprendizaje y cómo ajustarlos en la vista de adaptación ya no es algo tan simple ni totalmente conocido: ¿cómo saber que la ejecución de un objeto de aprendizaje consigue una habilidad a un nivel del 90% si el estudiante es de un tipo y del 70% si es de otro tipo? Pedagógicamente hablando, esto conlleva replantear el diseño del curso a un profundo nivel, a la vez que requiere un esfuerzo importante para rediseñar los objetos de aprendizaje, determinar su ámbito de aplicación y establecer cuáles son finalmente más apropiados para cada estilo de aprendizaje. Este gran esfuerzo inicial hace que muchos profesores sean reticentes a utilizar este tipo de enfoque e incluso sean incapaces de determinar los niveles de competencia precisos para cada uno de los perfiles. Claramente, al principio se requiere un cambio de mentalidad importante por parte del profesor con respecto a su tradicional forma de impartir docencia. Pero a medida que los estudiantes juegan un rol más dinámico, autónomo y la cantidad de autoaprendizaje se ve incrementada, este cambio resulta más necesario y la selección, construcción y composición de objetos de aprendizaje con un hilo conductor común se vuelve fundamental. Además, nuestra herramienta proporciona otras ventajas para favorecer este cambio de forma gradual. En primer lugar, siempre podemos modelar cur-

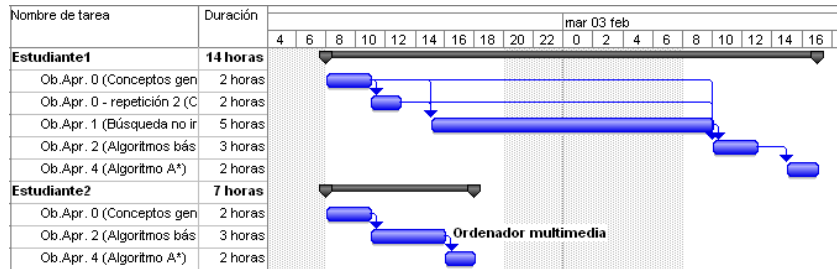


Figura 3: Rutas de aprendizaje en formato Microsoft Project para los dos estudiantes del ejemplo

Los perfiles de una forma más clásica donde los perfiles sean mucho más genéricos y no jueguen un papel tan relevante en la adaptación. En segundo lugar, en vez de utilizar niveles de competencia tan flexibles como los presentados en el ejemplo, podemos simplificarlos a valores del tipo *apto* y *no apto* (100% y 0%, respectivamente) con el fin de conseguir modelos y rutas más simples. Finalmente, el profesor siempre puede reutilizar objetos de aprendizaje previamente etiquetados por pedagogos, o profesores con más experiencia, y combinarlos en sus propios cursos. Aquí, la herramienta resulta muy útil para ayudar al profesor en la actualización de este etiquetado y en el ensamblado de objetos de aprendizaje para formar unidades con una mayor interoperabilidad.

Finalmente, es importante darse cuenta de que el éxito de esta herramienta no está directamente relacionado con la calificación final de los estudiantes, ni viceversa. De hecho, con nuestra herramienta se puede simular la consecución de una mejor calificación simplemente poniendo niveles de competencia más altos (por ejemplo, los valores 100% y 90% requeridos por el Estudiante2 del ejemplo de la sección anterior). En este caso, el planificador construirá una ruta que satisfaga dichos objetivos mediante objetos de aprendizaje adicionales o de refuerzo. Por tanto, la utilización de esta herramienta no es garantía de una mejor calificación, sino de un proceso de aprendizaje más adaptado al estilo del estudiante y más satisfactorio, ya que se tiene en cuenta las preferencias e intereses personales del estudiante. En general, la impresión de los es-

tudiantes es la de seguir un curso pensado y adaptado explícitamente por y para ellos, pudiendo centrarse en los temas que más les interesen y dejando a un lado la idea de un curso genérico y homogéneo para todos.

6. Conclusiones

A un año de la implantación definitiva del EEES, es necesario reforzar la promoción y decisiones estratégicas de iniciativas como las de e-learning en un claro reconocimiento de que el cambio metodológico y la innovación educativa son parte fundamental de la convergencia europea. En este contexto, la innovación tecnológica y la aplicación de la planificación inteligente para desarrollar una herramienta que genera rutas de aprendizaje adaptadas al perfil de cada estudiante resulta muy atractiva. El trabajo presentado en este artículo se enmarca en esta línea de innovación, integrando una herramienta de modelado con un planificador automático. Por un lado, la herramienta de modelado permite etiquetar y estructurar progresivamente un curso mediante la composición de objetos de aprendizaje más simples. Por otro lado, el planificador proporciona funcionalidades enfocadas hacia una total personalización y adaptación al estudiante, acomodando distintos estilos de aprendizaje, con una gestión de los recursos a utilizar y una optimización explícita de la duración de la ruta de aprendizaje.

En nuestra opinión, este enfoque resulta beneficioso para los estudiantes y profesores, a la vez que mejora la calidad del proceso de

enseñanza-aprendizaje. Aunque esta mejora puede no reflejarse directamente en las calificaciones de los estudiantes, sí se refleja en el propio proceso de autoaprendizaje. A corto plazo, los estudiantes sacan un mayor partido de los cursos personalizados, incrementando su motivación y mejorando sus experiencias de aprendizaje. A medio plazo, este enfoque se traduce en una nueva forma de organización curricular para los profesores. A priori se requiere un esfuerzo notable para definir objetos de aprendizaje, etiquetados mediante los estándares de educación, y para replantear muchos de los cursos existentes. Pero este esfuerzo se ve recompensado con la construcción de repositorios de objetos de aprendizaje correctamente etiquetados y, por tanto, ampliamente reutilizables para planificar rutas en múltiples escenarios de autoaprendizaje. Por ejemplo, un profesor puede diseñar un curso una sola vez y un planificador lo ordenará y adaptará adecuadamente al perfil del estudiante en múltiples escenarios distintos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos nacionales MEC TIN2005-08945-C06-06, MICINN TIN2008-06701-C03-01 y Consolider-Ingenio 2010 CSD2007-00022, y por UPV PAID-05-08.

Referencias

- [1] Bolonia. Joint declaration of the European ministers of education, the Bologna declaration of 19 June 1999, 1999. En ec.europa.eu/education.
- [2] Boticario, J.G. Hacia el sentido común, 2004. Diario el Mundo, 10 Noviembre 2004. En adenu.ia.uned.es/web/en/system/files/ElMundo04_jgb.pdf.
- [3] Boticario, J.G., Pastor, R., Rodriguez, R. y Ros, S. Tareas y servicios requeridos para afrontar los retos del EEES. En *Proc. Jornadas Sobre el Uso de las TIC en la UNED'05*. En adenu.ia.uned.es/web/en/system/files/JornadasTIC05_jgb.pdf. 2005.
- [4] Felder, J.G. y Silverman, L.K. Learning and teaching styles in engineering education. *Engr. Education*, 78(7):674–681, 1988.
- [5] Grahame Moore, M. La educación a distancia en los estados unidos: Estado de la cuestión, 2001. Conferencia impartida en el marco del Ciclo de conferencias sobre el uso educativo de las TIC y la educación virtual organizadas por el laboratorio de innovación educativa del IN3.
- [6] IMS. IMS global learning consortium, 2008. En www.imsglobal.org.
- [7] LOM. Draft standard for learning object metadata. IEEE. 15 July 2002. 6 Oct. 2007, 2002. En ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf.
- [8] Novak, J.D. y Cañas, A.J. The theory underlying concept maps and how to construct them. Informe técnico, IHMC CmapTools 2006-01, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2006.
- [9] Onaindia, E., Garrido, A. y Sapena, O. LRNPlanner: Planning personalized and contextualized e-learning routes. En *Proc. IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICALT-08)*, páginas 403–410. 2008.