

## Ensayos

# Planificación Automática de Diseños Instruccionales en Entornos Virtuales de Aprendizaje: un Reto Multidisciplinario

### Resumen

En los entornos virtuales de aprendizaje (VLE) se suele proporcionar a los estudiantes un conjunto de actividades de aprendizaje (LOs) ordenadas que permitan adquirir los conocimientos sobre cada uno de los objetivos de un curso, pero sin la posibilidad que ofrece el entorno presencial de personalizar tales actividades a las necesidades específicas de cada alumno tal y como un profesor podría hacerlo durante una clase presencial. Para solucionar esta carencia de los VLEs, se ha propuesto el uso de diversas variantes de las técnicas de planificación inteligente que, en combinación con tecnologías de e-learning, permitan generar automáticamente diseños instruccionales. Dichos diseños no sólo apoyan el cumplimiento de los objetivos principales de un curso a distancia a través del desarrollo de la secuencia de LOs que lo componen, sino que también adaptan y re-adaptan dichas secuencias a los distintos perfiles de estudiantes durante la ejecución del curso. Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento sólo consideran áreas tecnológicas aisladas, como la planificación inteligente. Pero para proporcionar a profesores y estudiantes una solución integral a su problema sería necesaria una propuesta multidisciplinaria que integrara conocimientos de otras áreas como la psicología, educación, usabilidad, ingeniería de software, entre otras.

### Abstract

Virtual Learning Environments (VLEs) usually provide to students a set of ordered learning activities (LOs). These activities should allow them to acquire sufficient knowledge to meet each of the course objectives. However, VLEs do not offer a way of customizing such activities to each student of the course, as a professor does at class time. In order to solve this drawback, we have proposed the usage of several intelligent planning techniques that along with e-learning technologies allow the automatic generation of instructional designs. Such designs support the accomplishment of the main objectives of a distance course, through the development of its LOs sequence. Moreover, planning techniques also provide an adaptation and re-adaptation of the sequence of learning activities to different students' profiles. Nevertheless, research in this area has only considered the improvement of isolated areas such as intelligent planning. To provide an integrated solution teachers and students, however, one would need a multidisciplinary proposal that brought together knowledge from areas such as psychology, pedagogy, usability, software engineering, and others.

### Résumé

Au sein des environnements virtuels d'apprentissage (VLE), on donne habituellement un ensemble d'activités d'apprentissage aux étudiants (LOs), activités ordonnées qui permettent d'acquérir les connaissances de chaque objectif d'un cours mais cela sans la possibilité qu'offre le cours présentiel de personnaliser ces activités aux nécessités spécifiques de chaque élève comme un professeur pourrait le faire pendant le cours. Pour résoudre cette carence des VLEs, on a proposé l'utilisation de diverses techniques de planification intelligente qui, en combinaison avec les technologies de l'e-learning, permettent d'engendrer automatiquement des modèles instructionnels. Ces modèles aident non seulement à l'accomplissement des objectifs principaux d'un cours à distance au travers du développement de la séquence de LOs qui le compose mais aussi adaptent et réadaptent ces séquences aux différents profils d'étudiants pendant le déroulement du cours. Cependant, les recherches menées à bien jusqu'alors considèrent seulement des domaines technologiques isolés comme la planification intelligente. Mais pour offrir aux professeurs et étudiants une solution complète à leur problème, une proposition multidisciplinaire qui intégrerait des connaissances d'autres domaines tels que la psychologie, l'éducation, l'aptitude à l'utilisation de software, l'ingénierie de celui-ci, entre autres, serait nécessaire.

\* Lluvia Carolina Morales Reynaga  
y \*\* Marvelia Gizé Jiménez  
Guzmán

\* Universidad Tecnológica de la Mixteca  
\*\* Universidad del Mar

## Introducción

Dentro del ambiente escolar, normalmente son asignados al profesor planes curriculares predefinidos para cada una de las materias que le corresponda impartir. A la secuencia ordenada de actividades que genera el profesor, para poder cumplir cada uno de los objetivos del plan curricular, se le llama *secuencia de aprendizaje* y, generalmente, contiene una o varias actividades de aprendizaje o medios educativos interactivos para cada objetivo o meta del curso, las cuales se imparten a todos los estudiantes por igual independientemente de sus necesidades, intereses o características particulares. A dichas actividades de aprendizaje se les conoce también como *objetos de aprendizaje* (LO por las siglas en inglés de Learning Objects), sobre todo cuando vienen descritos y/u organizados por medio de estándares de e-learning como, por ejemplo, IEEE-LOM y SCORM respectivamente, los cuales permiten compartir estos LOs con otros profesores y/o instituciones educativas.

Para adaptar las secuencias de aprendizaje a las necesidades de cada estudiante, se ha introducido un nuevo enfoque llamado “instrucción educativa diferenciada” (Luckin, et al. 2006), (Tomlinson 2001). Este enfoque sugiere al profesor crear múltiples opciones de secuencias de aprendizaje o *diseños instruccionales* – y, por lo tanto, crear múltiples materiales didácticos para cada objetivo – para:

- Poder ofrecer al estudiante la opción que sea más adecuada para su perfil,
- Valorar continuamente el avance del estudiante dentro de la secuencia y el nivel de conocimiento adquirido de la misma,
- Registrar dicha información y
- Modificar la secuencia en caso de ser necesario.

Sin embargo, este enfoque resulta sumamente costoso para el profesor, sobre todo cuando en ocasiones los grupos son grandes y los objetivos de aprendizaje abundantes.

Paralelamente a la teoría aportada por el enfoque educativo anterior – primera disciplina considerada –, la aparición de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs), ha dado la oportunidad a los profesores de crear de manera rápida y fácil las actividades de aprendizaje, así como de acceder a contenidos en la Web que resulten más interesantes y *ad-hoc* para determinados estudiantes. Si bien,

la generación LOs se ha incrementado de manera constante durante los últimos 10 años por este motivo, lo que aún sigue siendo un tema en boga es la **generación automática** de secuencias de aprendizaje adaptadas al perfil de cada estudiante o grupo de estudiantes.

Existen gran cantidad de propuestas individuales de solución pero éstas no satisfacen las necesidades de todos los actores involucrados en el curso, debido principalmente a los obstáculos que se siguen librando para poder integrar estos enfoques de una manera robusta a los Entornos Virtuales de Aprendizaje (VLE del inglés *Virtual Learning Environments*) más utilizados en la educación a distancia, ya que estos entornos siguen mostrando una secuencia de aprendizaje genérica para todos los estudiantes de un curso.

En las siguientes secciones se describirán primero, el problema de la generación automática de secuencias de aprendizaje adaptadas y posteriormente las diferentes estrategias que se han propuesto a lo largo de los años para atenuar este problema dentro de los VLEs. En segundo lugar, se describirán las diversas tecnologías que se propone utilizar para resolver diferentes aspectos de este problema y el cómo se han aplicado para permitir su implementación medianamente robusta en VLEs reales; dichas tecnologías se encuentran dentro del marco de diferentes disciplinas de las TICs que deben perfeccionarse para lograr satisfacer nuestra solución de una manera más robusta. Finalmente, se detallarán los resultados que se han obtenido a partir de la aplicación de nuestra propuesta, las conclusiones a las que hemos llegado y una discusión del trabajo que aún queda por hacer.

## Descripción del problema

La generación de secuencias de aprendizaje adaptadas al perfil de los estudiantes implica que el profesor cuente con un dominio excepcional de un conjunto de factores que trataremos de resumir en los siguientes puntos:

1. Un conocimiento profundo del plan y contenido curricular de la materia a impartir.
2. Conocimiento y facilidad para implementar las distintas estrategias tecnológicas que permitan generar y/o buscar nuevos LOs.

3. Conocimiento sobre las estrategias pedagógicas que se pueden utilizar para decidir cuál es el LO más adecuado para cada estudiante.
4. Experiencia en la detección de las características más relevantes sobre la información personal del estudiante, de manera que estas características le permitan decidir cuál secuencia de LOs es más adecuada para éste.
5. Fundamentos sobre las estrategias de evaluación dentro de un VLE.

Generalmente un profesor puede conocer a profundidad lo concerniente al factor 1, incluso lo que se refiere al factor 4 si cuenta con años de experiencia docente y un dominio mínimo del VLE, pero no necesariamente lo que respecta a los factores 2, 3 y 5. En este caso se encuentran, en su mayoría, los profesores de educación continua, media-superior y superior. Para algunos de estos profesores la tecnología sigue siendo un tabú y/o algunos de ellos no han recibido o no creen necesario recibir formación respecto a las mejores estrategias pedagógicas a seguir para impartir sus cursos.

Un pequeño porcentaje de los profesores que están capacitados para impartir cursos en línea son capaces de desarrollar los 5 factores anteriores. Sin embargo, dicho desarrollo consume mucho tiempo del profesor; tiempo que, aunado al gran número de estudiantes que pueden acceder a los cursos en línea, harían que dicho trabajo resultara “imposible”, poco redituable en horas-hombre o accesible a un número muy limitado de beneficiarios y cursos.

El *proceso manual* más eficiente hasta el momento, según diversos modelos de universidades a distancia (García-Aretio, et al. 2007), (Zapata-Ros y García Martínez 2001), sería que el profesor se apoyara en pedagogos y expertos en tecnologías educativas para generar, monitorizar y re-generar (en caso de ser necesario), las secuencias de actividades adaptadas, pero ello sigue siendo costoso tanto en tiempo como en dinero. Es por eso que se han propuesto diversas estrategias para automatizar el proceso de generación de secuencias de actividades adaptadas. La mayoría de estas estrategias permiten el uso de diversas tecnologías computacionales e integran conocimiento de diversas disciplinas del área de las ciencias

educativas y la computación, facilitando así el trabajo a los expertos en la materia a impartir (profesores) y mejorando la calidad educativa de los estudiantes.

## Trabajo relacionado

Las tecnologías que se han propuesto a lo largo de los años para automatizar la generación de diseños instruccionales, o secuencias de actividades educativas, suelen intentar emular la manera de proceder de un equipo de expertos, siguiendo para ello dos tendencias muy marcadas:

1. La generación automática de la secuencia adaptada desde el inicio del curso (Paule-Ruiz, et al. 2008), (Vrakas, et al. 2007).
2. La generación progresiva de la secuencia de actividades, adaptándola conforme se va recibiendo la retroalimentación por parte del estudiante, a lo cual se le llama secuenciación del curso (Brusilovsky y Vassileva 2003), (Myers 1998).

La primera estrategia suele ser poco flexible, ya que no considera cambios en el perfil del estudiante y/o la inclusión de nuevos objetos de aprendizaje a lo largo del curso.

La segunda estrategia suele ser más flexible y amigable para el estudiante, pero incómoda para el profesor, ya que no le permite validar que la secuencia de aprendizaje que el sistema le está proponiendo al estudiante es correcta, en su opinión experta.

Tomando en cuenta lo anterior, y tratando de mantener un equilibrio entre la flexibilidad que estos cursos deberían de proporcionar al estudiante y el control que el profesor desea tener sobre el curso que imparte (ya que no suele sentirse cómodo dejando que el sistema haga todo su trabajo), en los últimos años se ha identificado la necesidad de mostrar al estudiante, desde el principio del curso, la secuencia de aprendizaje adaptada. Se ha hecho énfasis en que a lo largo del desarrollo del curso dicha secuencia pueda modificarse para aprender “mejor” los objetivos principales del curso, en caso de que se detectara un cambio sustancial que pudiera afectar la eficacia de la secuencia propuesta inicialmente, cambio ya sea en su perfil o en la estructura del curso.

Las propuestas que aborda este nuevo paradigma de secuenciación adaptada se basan principalmente en técnicas que provienen del área de la inteligencia

artificial, en particular la disciplina de planificación y scheduling inteligentes (P&S por sus siglas en inglés). Ejemplos de éstas son los trabajos de (Morales et al. 2011) y (Ullrich y Mellis 2009) que se apoyan en otras disciplinas del área de la inteligencia artificial o el desarrollo web para los procesos de

- *búsqueda/creación de objetos* de aprendizaje por medio de robots, gusanos y/o motores difusos para la búsqueda y estándares como IEEE-LOM o IMS-MD para su creación y etiquetado necesario para la búsqueda,
- *definición de la estructura* general del curso por medio de ontologías, estándares, bases de datos etc.,
- *visualización/ejecución* del curso adaptado por medio de los estándares IMS-LD (IMS GLC 2006), SCORM (2004) y se basan en los trabajos sobre Sistemas Tutores Inteligentes (ITS siglas en inglés *Intelligent Tutoring Systems*) y
- *monitorización* de la ejecución de las actividades de ese curso presentadas en (Camacho, et al. 2009) y (Perez-Rodríguez, et al. 2010), entre otros.

Así, las premisas de estos trabajos son, al menos: (1) que se cuente con un modelo inicial y generalizado del curso con toda la información sobre sus objetos de aprendizaje, (2) que se tenga acceso a la información – estática y dinámica – sobre el perfil del estudiante y (3) que se cuente con un VLE que permita mostrar y monitorizar las secuencias de aprendizaje adaptadas.

Para aprovechar los avances del trabajo ya realizado en el área, hemos decidido utilizar diversas técnicas de la P&S inteligentes para atacar el problema de la generación y adaptación de diseños instruccionales dentro de la propuesta de solución que se describe a continuación.

## Estrategia de solución

Según se puede observar en la Ilustración 1, la arquitectura general de nuestra propuesta involucra a tres actores cuyas responsabilidades son las siguientes:

- Los *diseñadores del curso* (llámense expertos en medios interactivos, tecnologías de e-learning, estrategias pedagógicas, etc.) *en conjunto con el profesor*, tendrán que:
  - Elegir los objetos de aprendizaje que más convengan para el curso y
  - enriquecer la información acerca de los mismos y las relaciones entre ellos utilizando el estándar IEEE-LOM.
- Los *estudiantes* deberán aportar toda la información acerca de:
  - su perfil específico (edad, nivel de estudios, nivel de idiomas, etc.),
  - sus preferencias (conocimientos adicionales que desean adquirir además de los obligatorios, tiempo disponible para ejecutar las actividades del curso, etc.) y
  - sus necesidades de aprendizaje (estilo



ILUSTRACIÓN 1. ARQUITECTURA GENERAL DE LA PROPUESTA

de aprendizaje, rendimiento académico, situación laboral, etc.).

- Los *profesores* tendrán que:
  - validar los diseños instruccionales generados (planes) antes de ser mostrados a los estudiantes,
  - evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes a lo largo del curso y
  - actualizar la base de casos de planes en caso de que la herramienta de planificación consiga obtener un plan que satisfaga las exigencias del profesor para un estudiante particular.

*Por lo tanto, se evita todo el trabajo de análisis de información y razonamiento sobre la misma para generar las secuencias de aprendizaje adaptadas.*

Teniendo en cuenta todo el trabajo que aún tendrían que llevar a cabo los actores humanos en este proceso, podemos preguntarnos entonces ¿cuál es nuestra aportación?

La respuesta es sencilla:

1. El sistema propuesto recaba de manera automática toda la información que proporcionan los diseñadores, la analiza y la organiza por medio de un proceso de *ingeniería de conocimiento*. Dicho proceso proporciona al planificador inteligente los archivos en el Lenguaje de Definición de Dominios de Planificación (PDDL, del inglés *Planning Domain Definition Language*) (Long y Fox 2003) y con estos archivos el planificador genera los planes adaptados para todos y cada uno de los estudiantes inscritos en el curso en línea.
2. Durante el proceso de monitoreo del curso se recuperan mediante el proceso de ingeniería de conocimiento, además de toda la información anterior, la parte del plan ejecutada hasta ese momento y los resultados de las evaluaciones orientadas a evaluar los objetivos educativos que deberían haberse cumplido; el planificador revisa si todo marcha según lo esperado y, si no es así, modifica el plan restante para adaptarlo a las nuevas necesidades del estudiante.

Las disciplinas sobre las que se basa esta propuesta podrían dividirse para su mejor comprensión en dos tipos: e-learning y P&S inteligente, cuyas

herramientas particulares son las que proponemos utilizar para resolver nuestro problema.

## E-Learning

Dentro del e-learning existen herramientas con las que los **profesores** y/o técnicos interactúan directamente para generar, organizar y enriquecer la información sobre los objetos de aprendizaje. Algunas de estas herramientas son:

- Las que sirven de apoyo para generar los medios interactivos o LOs (Photoshop, Thesis, Adobe, VideoMaker, etc.)
- Las que permiten organizar, empaquetar y etiquetar siguiendo los lineamientos de estándares específicos (IEEE-LOM, SCORM), exeLearning o RELOAD.
- La que permite enriquecer la información de los LOs de manera que pueda ser utilizada por el planificador – hasta ahora, sólo se ha encontrado una herramienta de autor generada por la Universidad Politécnica de Valencia y descrita en (Garrido, et al. 2009).

Por su parte los **estudiantes** tendrán que interactuar con la herramienta de e-Portfolio (Mahara, Elgg, MyStuff, Exabis, etc.), así como con los cuestionarios/encuestas que les sea requerido cubrir con el fin de recuperar la mayor información sobre su perfil.

Las herramientas anteriores generalmente se encuentran integradas dentro de un tipo de VLE particular llamado Sistema Gestor de Aprendizaje (LMS, del inglés *Learning Management Systems*), algunos ejemplos de estos LMSs son Moodle, Blackboard, Chamilo, etc.

Durante el desarrollo del curso los alumnos tendrán que interactuar con una herramienta que les permita visualizar su secuencia de aprendizaje y con las distintas actividades de evaluación de cada uno de los objetivos de aprendizaje de la secuencia. Estas herramientas pueden estar integradas en un LMS, un e-Portfolio o un reproductor del estándar IMS-LD.

El profesor, por su parte, generalmente interactúa con un LMS para evaluar el progreso de los estudiantes en sus secuencias de aprendizaje; esto lo hace por medio de los LOs de tipo evaluación.

## Planificación y Scheduling

Los elementos que integran la disciplina de planificación y scheduling inteligentes (P&S), aunque son la base de nuestra propuesta, pasan totalmente inadvertidos para los usuarios, ya que ofrecen sus servicios de manera transparente a través de las herramientas de e-learning descritas anteriormente; herramientas que utilizan servicios Web o procesos internos para comunicarse con las de P&S.



ILUSTRACIÓN 2. ESQUEMA DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANIFICACIÓN.

La P&S es una disciplina dentro del área de la inteligencia artificial que se encarga, (1) por una parte de encontrar planes de acciones que permitan cumplir con un objetivo o meta, y (2) por otra parte de ordenar dichas acciones en el tiempo y asignarles recursos. Se basa, como se puede observar en la Ilustración 2, en un algoritmo de planificación que puede estar compuesto por uno o varios métodos de búsqueda (no informada, hacia adelante, hacia atrás, heurísticas, etc.) que permitan encontrar los planes. Dichos métodos reciben su información de dos archivos codificados en el lenguaje declarativo PDDL, el archivo de dominio y el archivo de problema de planificación. El archivo de *dominio* contiene las acciones que se pueden llevar a cabo dentro de un contexto determinado (los medios para alcanzar el objetivo), las precondiciones o prerrequisitos que deben existir en el contexto y los efectos que dichas acciones provocan en dicho contexto. El archivo del *problema* contiene la descripción general del contexto, o estado del mundo, dada por predicados declarativos o funciones numéricas, así como las metas que se desean alcanzar, o el estado en el que deseamos que se encuentre el mundo, una vez ejecutado el plan.

Existe, por lo tanto, una equivalencia clara entre los elementos de un ámbito de e-learning y los ele-

mentos principales de un esquema de planificación. Pero para no dar lugar a confusiones, dichas equivalencias se describen en la Tabla 1.

Además de la planificación tradicional que puede ser descrita en base a la Ilustración 2, existen otras

Planning		E-Learning
Acciones	Acción	Actividad de Aprendizaje
	Precondiciones	Actividades de aprendizaje requeridas Características del perfil del estudiante requeridas
	Efectos	Actividad terminada Objetivo de aprendizaje cumplido Objetivo de aprendizaje NO cumplido Cálculo de métrica pedagógica de adaptación
Estado del Mundo		Actividades de aprendizaje llevadas a cabo Características del perfil del estudiante Inicialización de variables por estudiante para el cálculo de la métrica pedagógica
Objetivos		Objetivos de aprendizaje
Plan		Secuencia de actividades de aprendizaje o diseño instruccional

TABLA 1. EQUIVALENCIAS ENTRE CONCEPTOS DE PLANIFICACIÓN Y CONCEPTOS DE E-LEARNING

técnicas de planificación que intentan lidiar con otros factores que pudieran influir en el cambio del contexto o cambio del estado inicial del mundo, además de las acciones que obviamente repercuten en él durante la ejecución del plan. Las que hemos implementado y/o utilizado hasta el momento son:

**Re-planificación** (Knoblock 1995). Que consiste en volver a calcular un plan desde cero en cuanto se detecten inconsistencias en el plan original.

**Planificación continua** (desJardins, et al. 1999) Que consiste en definir a priori los posibles puntos de inflexión del plan, es decir, las posibles acciones a partir de las cuáles el plan puede cambiar debido a factores no controlados.

**Mezcla de Planes** (Gravot y Alami 2001). Esta técnica se basa en la identificación de sub-planes que pueden ser ejecutados de forma paralela para alcanzar la meta principal de manera eficiente.

**Planificación Basada en Casos** (Serina 2010) Hasta ahora esta es la técnica que, en combinación con las técnicas tradicionales de planificación, se ha ajustado a las necesidades que hemos detectado dentro de un curso en línea. Ésta consiste en la selección, dentro de una base de planes, del plan que más

se ajuste a las nuevas necesidades del estudiante. Normalmente se utiliza en combinación con la planificación tradicional, porque si es la primera vez que se adapta el curso, no existirá ningún elemento dentro de la base de planes que cubra las necesidades de adaptación de ningún estudiante. Así, entre más robusta sea la base de planes, mejores planes de aprendizaje adaptados se podrán proporcionar al estudiante.

Existen otras técnicas de planificación, pero éstas son las que se han probado hasta el momento y, como se puede observar (dada la descripción anterior), las últimas dos son las más convenientes si se desea generar diseños instruccionales individualizados y personalizados suficientemente robustos.

## Experimentos y Resultados Preliminares

Para comprobar que la arquitectura general de nuestra propuesta funciona en entornos reales, ha sido necesario implementar un conjunto de interfaces, tanto visuales como de comunicación, que permitan a un VLE utilizar las diversas técnicas de planificación descritas en la sección anterior. Pero también diseñar, modelar y ejecutar cursos que cumplan con los requisitos siguientes:

1. Que estén divididos en objetivos de aprendizaje bastante extensos (al menos 50 actividades por objetivo) que puedan ser evaluados, en un principio, por medio de cuestionarios diseñados por el profesor.
2. Que dichas actividades permitan un alto grado de adaptación y que cumplan con objetivos de

aprendizaje específicos, cuyo grado de cumplimiento también pueda ser medido.

3. Que los participantes de la experiencia tengan perfiles diversos.

Las interfaces de comunicación implementadas (Ver Ilustración 3), se basan en llamadas a un servicio Web de planificación y serán utilizadas en los momentos oportunos durante la generación, ejecución y monitorización de planes; por ejemplo, cuando recién se inicie el curso y los estudiantes rellenen su perfil, se llamará a uno o varios planificadores, se guardará el plan en una base de casos y se mostrará al estudiante el plan cuya calidad sea mejor en función de su adaptación “medible” al estilo del aprendizaje del alumno. En el caso de que se lleve a cabo la evaluación de un objetivo específico, se decidirá al azar si se llama a un servicio de mezcla de planes o a uno de planificación basada en casos. Y así, con el resto de los servicios y casos.

Las interfaces visuales que hemos diseñado permiten únicamente:

1. Recabar la información que las técnicas de planificación necesitan, a partir del conjunto de estándares: de perfiles de estudiantes, resultados de evaluaciones y de objetos de aprendizaje (IMS-LIP, IMS-QTI y IMS-LD respectivamente)[Ilustración 3.1],
2. Utilizar las interfaces de comunicación con los servicios de planificación [Ilustración 3.3] y
3. Mostrar los planes resultantes como diseños instruccionales dentro del VLE [Ilustración 3.2].

El VLE que hemos utilizado para las pruebas exhaustivas es Moodle, aunque algunas de las primeras



ILUSTRACIÓN 3. PANTALLAS DE LA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN CON EL PLANIFICADOR.

interfaces también fueron integradas en los LMSs ILIAS y LRN. Los cursos van desde matemáticas discretas a nivel licenciatura, pasando por ciencias naturales a nivel básico, Microsoft Power Point en cursos de educación continua y un seminario de divulgación de la ciencia de dos meses de duración, actualmente se están llevando a cabo pruebas con cursos intermedios de inglés para estudiantes universitarios. Se ha recabado información tanto de los estudiantes, como del profesor. La información recabada es acerca de su opinión y experiencia con el uso de la herramienta que les facilitamos para utilizar nuestra arquitectura.

En el caso de los estudiantes, se diseñaron cuestionarios previos y posteriores a la ejecución del curso (sólo para algunos de los cursos mencionados anteriormente), y por medio de ellos se han contrastado sus expectativas iniciales con su opinión final acerca de diversos factores del curso en línea.

Por ejemplo, en el cuestionario previo aplicado a estudiantes de la materia de Inteligencia Artificial, algunas de cuyas preguntas y resultados se describen en la Ilustración 4, se recabaron su disponibilidad horaria antes y durante el curso, su estilo de aprendizaje, su familiaridad con ambientes de aprendizaje en línea, su nivel de inglés, etc.

En el cuestionario a posteriori de la misma materia, cuyos resultados se muestran parcialmente en

ESTILO DE APRENDIZAJE	Cantidad	Porcentaje	NIVEL DE INGLÉS	Cantidad	Porcentaje
Activo	7	35%	Excelente	0	0%
Reflexivo	8	40%	Aceptable	13	65%
Téctico	0	0%	Bajo	7	35%
Pragmático	5	25%	Muy Bajo	0	0%

  

DISPONIBILIDAD	Cantidad	Porcentaje	RENDIMIENTO	Cantidad	Porcentaje
Mucha	13	65%	Alto	11	55%
Poca	7	35%	Normal	8	40%
			Bajo	1	5%

ILUSTRACIÓN 4. RESULTADOS DE PARTE DEL CUESTIONARIO PREVIO REALIZADO A ESTUDIANTES DEL CURSO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Pregunta	¿Piensas que el contenido de los temas fue interesante?		¿Piensas que el tiempo asignado para llevar a cabo las actividades fue suficiente y se adaptó a tus necesidades?				¿Cuánto piensas que has aprendido?	
	Cantidad	Porcentaje	Poco tiempo		Mucho tiempo		Cantidad	Porcentaje
			Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje		
Valor								
Mucho	13	65%	5	71%	7	53%	4	20%
Bastante	5	25%	1	14%	5	38%	9	45%
Normal	2	10%	1	14%	1	7%	6	30%
Poco							1	5%

TABLA 2. RESULTADOS DE PARTE DEL CUESTIONARIO A POSTERIORI APLICADOS A ALUMNOS DEL CURSO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

en su mayoría (no se ha comparado aún con cursos a distancia similares sin el uso de adaptación) y la mayoría consideró que habían aprendido bastante o más aún sin haber recibido sus calificaciones. Aunque las buenas notas podrían haberse obtenido sin nece-

sidad de utilizar la herramienta (cosa que no pudo ser contrastada en los experimentos por escases de estudiantes), se considera que la conformidad de más de un 80% con la adaptación temporal y de “gustos” (estilos de aprendizaje) es fruto de la adaptación proporcionada por el planificador inteligente como parte de la arquitectura propuesta en esta reseña.

Con respecto al profesor, el tiempo promedio que le toma a cada uno de los integrantes, de un conjunto de 5 profesores por curso, crear los diseños instruccionales de un curso manualmente y readaptarlos según circunstancias específicas ha sido de 6 horas. Éste se ha comparado con el tiempo que le toma crear los diseños y readaptarlos a las técnicas de planificación bajo las mismas circunstancias (máximo 5 segundos en casos excepcionales). Como se puede notar, este tiempo fue sustancialmente menor en el segundo caso.

También se ha obtenido el grado de desacuerdo de los profesores con respecto a los planes creados por las técnicas de planificación. Éste ha sido menor a un 5% en cursos que estaban correcta y completamente modelados utilizando los metadatos estándar de los LOs, pero en el caso de los cursos cuya información en el modelado por parte de los profesores fue escasa, el desacuerdo aumentó a poco más de un 40%.

En los experimentos expuestos brevemente en los párrafos anteriores – cuya descripción detallada y aplicación/adaptación a otro tipo de cursos podemos encontrar en (Garrido et al. 2009), (Morales, et al. 2011), entre otros – permiten demostrar que las técnicas de planificación inteligente, si se utilizan en

base a la arquitectura propuesta son prometedoras, sobre todo para su uso en entornos donde los grupos de estudiantes son grandes y diversos.

## Conclusiones

Este artículo describe brevemente las diferentes técnicas que se pueden aprovechar de las disciplinas de planificación y las tecnologías educativas. A lo largo de 6 años de trabajo ha sido posible integrarlas para crear automáticamente secuencias de aprendizaje adaptadas a diferentes perfiles de estudiantes.

Los resultados de su aplicación en entornos reales controlados, nos llevan a suponer que la inversión económica y el despliegue logístico (humano y tecnológico) necesarios para poner en práctica las estrategias propuestas, podría ser redituable para las empresas y/o universidades que se dedican a impartir cursos en línea. La implantación de esta arquitectura podría traducirse a mediano plazo en ganancias no sólo económicas, sino también trascendentales para posicionarse en el desarrollo de tecnologías educativas innovadoras, tanto en el sector privado como de investigación.

## Discusión y Trabajo Futuro

A pesar de los excelentes resultados obtenidos hasta el momento en las pruebas piloto llevadas a cabo durante distintos proyectos de investigación a lo largo del mundo, en nuestra opinión aún queda mucho trabajo por hacer.

En primer lugar, sería necesario que este proyecto se desarrolle formalmente en una institución que ofrezca cursos virtuales, ya que es preciso continuar con el estudio de las tecnologías existentes y las que prometen impactar a futuro en el mercado, tanto nacional como internacional.

Por parte de los actores involucrados en la disciplina de e-learning, es preciso actualizar los recursos de aprendizaje interactivos generados hasta el momento de manera que se adapten a los estándares educativos y que se continúen desarrollando nuevos recursos que permitan a las nuevas generaciones de estudiantes obtener conocimiento de manera eficaz.

En segundo lugar, y por partes de los actores de la disciplina de inteligencia artificial, es preciso aprovechar las técnicas de planificación inteligente que se encuentran a la vanguardia dentro de esta comunidad de investigación tales como la iniciativa mixta (que exista una mayor interacción entre el humano y el planificador durante la generación, ejecución y monitorización de la secuencia de aprendizaje adaptada, para la introducción de información realmente significativa

durante estos procesos), las nuevas representaciones del lenguaje PDDL (para representar ventanas temporales en las que se permita sincronizar las acciones de los planes de diversos estudiantes, para conseguir un objetivo de manera colaborativa), nuevos tipos de planificadores, etc.

Finalmente, aunque se han generado un conjunto de interfaces que pueden ser utilizadas por diversos VLEs con un mínimo costo de configuración, el resto de las herramientas de e-learning en las que nos apoyamos se encuentran dispersas y no resultan del todo amigables y usables, dada la cantidad ingente de información que se les tiene que proporcionar.

Sería importante que dichas herramientas fueran integradas a los LMS's existentes a través de las interfaces más adecuadas, para que el trabajo esté centralizado. Dichas interfaces debieran resultar intuitivas para los usuarios finales, permitiendo su cooperación de manera dinámica y transparente con la herramienta, para soportar todas las necesidades de información que tenga el planificador y que éste pudiera refinar los planes adaptados de la manera más adecuada.

Para todo lo anterior, será preciso apoyarnos en expertos en pedagogía, diseño de medios interactivos, visualización de información, así como modelado y usabilidad de interfaces, disciplinas cuyas herramientas aún están pendientes de ser integradas dentro de nuestra arquitectura 

## Bibliografía

- Brusilovsky, J. (2003). Course sequencing techniques for large-scale web Based education. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, Inder Science, 13 (1/2), 75-94.
- Camacho, D., Pulido, E., Rodríguez-Moreno, D.; Carro, R., Ortigosa y A., Bravo, J. (2009). Automaticcourse Redesign: Global vs. Individual Adaptation". *International Journal of Engineering Education, Engineering Pathways*, 25 (6), 1270-1282.
- DesJardins, M., Durfee, E., Ortiz, C., Wolverson, M. (1999). A survey of research in distributed, continual planning". *AI Magazine, AAAI*, 20 (4), 13 - 22.

- García-Aretio, L., Ruiz, M. y Domínguez, D. (2007) De la Educación a Distancia a la Educación Virtual. España:Ariel.
- Garrido, A., Onaindía, E., Morales, L., Castillo, L., Fernández, S., Borrajo, D. (2009). Modeling E-Learning Activities in Automated Planning. ICKEPS-ICAPS 2009, pp. 18-27.
- Gravot, F., Alami, R. (2001). An Extension for the Plan-Merging Paradigm for multi-robot Coordination. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, 2929– 2934.
- IMSGlobal (2006). Learning Design Specification,[en línea].Disponible en: <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>
- Knoblock, C. (1995). Planning, Executing, Sensing, and Replanning for Information Gathering. IJCAI, AAAI, 1686–1693.
- Long, D., Fox, M. (2003). PDDL 2.1: An Extension to PDDL for Expressing Temporal Planning Domains. Journal of Artificial Intelligence Research, AAAI Press, 20(1), 149–154.
- Luckin, R., et al.(2006). Designing Educational Systems Fit for Use: A Case Study in the Application of Human Centred Design for AIED. International Journal of Artificial Intelligence in Education, AIED Society, 16(4), 353–380.