

Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente

Adaptive Model for Virtual Courses based on Intelligent Planning Techniques

Néstor D. Duque M. PhD(c)¹, Demetrio A. Ovalle C. PhD²,
y Jovani A. Jiménez B. PhD.²

1. GAIA: Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos, Departamento de Informática y Computación, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales,

2. GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
ndduqueme@unal.edu.co, dovalle@unal.edu.co, jajimen1@unal.edu.co,

Recibido para revisión 26 de Marzo de 2007, aceptado 15 de Junio de 2007, versión final 25 de junio de 2007

Resumen—Este artículo presenta un modelo para la adaptatividad de cursos virtuales orientado por metas, que se personaliza según las características propias de cada estudiante, en particular al perfil psicopedagógico y a los logros obtenidos previamente, expresados en términos de Objetivos Educativos. El proceso de generación de los cursos es construido aplicando técnicas de inteligencia artificial, específicamente de planificación inteligente. Al final se presenta la plataforma experimental SICAD (Sistema Inteligente de Cursos ADaptativos), diseñada aplicando estos conceptos y construida a partir de herramientas libres.

Palabras Clave— Generación Automática de Cursos, Cursos Personalizados, Planificación Instruccional, Sistemas Adaptativos, Planificación en Inteligencia Artificial.

Abstract— The aim of this paper is to present a model for adaptive virtual courses oriented by goals, personalized according to the own characteristics of each student, in particular the psycho pedagogic profile and goals previously fulfilled, expressed in term of educational objectives. The courses generation process is built applying artificial intelligence techniques, specifically provided from the artificial intelligence planning field. Finally, we presented the experimental framework SICAD (Sistema Inteligente de Cursos ADaptativos), designed applying these concepts and developed using free software.

Keywords— Automatic Generation of Courses, Personalized Courses, Instructional Planning, Adaptive Systems, Artificial Intelligence Planning.

I. INTRODUCCIÓN

LA conjunción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las tecnologías educativas abrigaba, desde sus inicios, la esperanza de lograr la individualización de la enseñanza, reflejada en procesos que, reconociendo al estudiante en particular, permitieran omitir los temas dominados, facilitar que el alumno vaya a su propio ritmo de aprendizaje, planeando más su secuencia instructiva y utilizando estrategias multimodales. Teóricamente estos aspectos involucrados en las diferentes actividades de enseñanza aprendizaje potenciarían los procesos cognitivos, estimularían al aprendiz, apoyarían la autoestima del estudiante y finalmente mejorarían la efectividad del proceso en ambientes virtuales ricos en contenidos [1][7][16]. Pero luego de 30 años se aprecia que la realidad no fue tan benévola y que aún hoy no se logra completamente lo esperado. A decir de Dastbaz et al. [3], aunque han sido muchas las promesas, acerca de la revolución e-learning y usando el estado del arte en tecnologías multimedia, un cerrado escrutinio permite revelar que muchos de los sistemas e-learning que nos rodean, son poco más que el viejo aprendizaje apoyado por computador basado en texto pero ahora corriendo en la Red Global. Pero también es cierto que muchas de las investigaciones de punta están orientadas a crear esos soñados ambientes, aplicando diversas teorías y apoyados en múltiples tecnologías que con Internet permitan la consolidación de estas plataformas.

Enfrentar las deficiencias encontradas pasa por definir los elementos que deben ser tenidos en cuenta en cada estudiante para personalizar el curso y a la vez asociar estas diferencias con materiales y actividades que reconozcan, en la práctica, a cada estudiante, buscando su satisfacción académica y espiritual, generando motivación y proyectando mecanismos metacognitivos que en últimas se traducen en una mejor efectividad del proceso.

Este artículo presenta el análisis realizado y las conclusiones que permiten la definición clara de una estrategia de adaptación para que el sistema construya un curso personalizado, basado en la especificación de determinantes y componentes que soportados en metadatos faciliten el proceso. El resto del presente documento está organizado de la siguiente manera: La sección 2 esboza las tendencias en sistemas adaptativos en cursos virtuales, en la sección 3 se presentan los elementos relevantes en la estrategia de adaptación y se expone la forma en que puede ser modelado el sistema mediante técnicas de planificación en inteligencia artificial (AI Planning) y aprovechar sus poderosos mecanismos para generar automáticamente el curso inicial. Se da una mirada a la plataforma experimental que apoya el modelo la cual es descrita en la sección 4 y se finaliza con las conclusiones y trabajos futuros.

II. ADAPTACIÓN EN CURSOS VIRTUALES

La adaptación abarca los procesos de adaptar las características de un sistema para alcanzar alguna meta. Son posibles dos enfoques: La adaptatividad, un proceso automático de adaptación, es decir controlado por el sistema. Por otro lado, la adaptabilidad que significa que el usuario adapte el sistema a su gusto o sea, un proceso manejado por el usuario. Aparecen términos como “*personalización*” para significar el proceso automático de adaptación a un usuario, mientras que “*Customisation*” se ocupa de los ajustes realizados por el usuario.

La Adaptabilidad del Sistema puede entenderse como la capacidad del sistema para que dinámicamente adapte su comportamiento y funcionalidad a los requerimientos de la interacción usuario-sistema. La adaptación debe realizarse mediante una determinada estrategia de adaptación y debe incluir: ¿Qué adaptar?, ¿Cuándo adaptar?, las metas de adaptabilidad y las reglas de adaptabilidad [10]. Otro enfoque plantea el espacio de adaptabilidad entendido como un contexto de referencia que determina el ámbito de la conducta de adaptación y el orden parcial de los casos de adaptación [12] y consiste en dos componentes principales: Un conjunto de disparadores de adaptación y un conjunto de casos de adaptación asociados con los disparadores [13]

Según Brusilovsky y Maybury [2] las tecnologías de adaptación de sistemas en la Web pueden resumirse en selección adaptativa de contenidos, soporte de navegación adaptativa y presentación adaptativa teniendo en cuenta los

modelos de usuarios sobre los que se realiza la adaptación basados principalmente en los intereses y preferencias, el contexto y el conocimiento del usuario. La mayor parte de los sistemas analizados se enmarcan en una sola de las tecnologías y no usan todo el espectro del perfil de estudiante. Las tendencias se orientan a involucrar dispositivos móviles inalámbricos, apoyar el proceso con agentes inteligentes y explorar en nuevos campos de aplicación.

Recogiendo y complementando a Brusilovsky se puede decir que la adaptación también puede verse en otros momentos del proceso educativo y que las técnicas pueden orientarse a los siguientes aspectos:

- Secuencia del Currículo.
- Análisis Inteligente de las Soluciones.
- Soporte Interactivo a la Solución de Problemas.
- Solución de Problemas basados en Ejemplos.
- Soporte Colaborativo Adaptativo.
- Presentación Adaptativa.
- Soporte Adaptativo de Navegación.
- Recuperación inteligente de información
- Evaluación Adaptativa

Desde el punto de vista del proceso de adaptación dos momentos son importantes: Determinar las características del estudiante que deben obligar a adaptar (modelo de estudiante) y los elementos y propiedades del curso que serán materia de personalización. Adicional a esto se debe diseñar y proponer los mecanismos o reglas que asocian a unos con otros, como se aprecia en la figura 1.

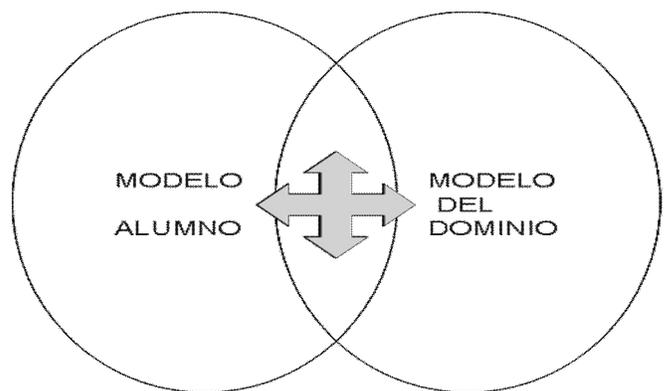


Figura 1. Relación de elementos en un sistema de cursos adaptativos

Un recorrido por diferentes sistemas, explorando las diferentes características de adaptación permite construir la tabla 1 y dar una mirada a los énfasis planteados.

Tabla 1. Características de Adaptación

	¿Qué Adapta?	¿Cómo lo adapta?	¿Qué determina la adaptación?	Características relevantes	Desventajas
DCG	Secuencia/Material Educativo/ Tácticas	Reglas / Subgrafo: secuencia	Conocimiento Previo	Separación Estructura / Materiales	Pobre Perfil Estudiante
ELM-ART	Secuencia, Presentación, Soluciones Inteligentes, Soporte a solución de problemas	Árbol	Conocimiento Previo Preferencias	Conceptos- prerrequisitos	Curso Particular
SIETTE	Evaluación. Presentación	Árbol	Rendimiento Previo	Evaluación adaptativa	Proceso de evaluación dirigido
AHA	Secuencia (fragmentos)	Esquema metac- conocimiento	Conocimiento Previo	Conceptos- prerrequisitos. AHA! Usa XML	Pobre perfil del estudiante
MultiBook	Secuencia/material	Papeles – Relaciones	Conceptos Vistos- Tests	Hipermedia-ITS Lecciones Modulares	Pobre perfil del estudiante
Atlas-TangoW	Secuencia	Reglas docentes	Conocimientos (Novato/Avanzado) Perfil psicológico	Separación Estructura / Materiales Fragmentos	Solo HTML (gruesos) Curso Particular Generación interactiva
SIGUE	Secuencia- Presentación, Idioma	Árbol de conceptos	Conocimiento/Libre Preferencias	Parte de/Pre-requisito Tipos/dificultad	No caracteriza contenidos Perfil basado en visitas
AHES	Estructura interna, gráficos, interacciones y algoritmos	Árbol de conceptos	Modelo Overlay Preferencias	Adapta componentes a presentar y su contenido interno. Se inicializa con cuestionario y crece con navegación	El perfil académico no se usa para la adaptación
MAS-Plang	Secuencia / Presentación	RBC	Estilo Aprendizaje	SMA	Orientada por Contenidos
MLTutor Web- COBALT	Filtrado de contenidos, Filtrado Colaborativo	Filtrado adaptativo de información	Intereses		No tiene en cuenta otras tecnologías
Hyper Classroom	Monitoreo Inteligente de Clases	Acciones de usuario	Resultados		No tiene en cuenta otras tecnologías
AMPLIA	Tácticas Pedagógicas		Conocimiento/ afectiva /emocional	Estrategias afectivas	No tiene en cuenta otras tecnologías

Como se puede ver no existe un sistema que aborde todos los espacios y no está explícita y formalmente definida la estrategia de adaptación.

III. ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN PROPUESTA Y AMBIENTE DE PLANIFICACIÓN INTELIGENTE

A continuación se muestra el modelo propuesto y la estrategia de adaptación involucrada. Un diagrama de bloques del sistema propuesto se presenta en la figura 2, tomada de [4].

Un punto sustancial y diferenciador en esta propuesta es el hecho que está orientada por las metas u Objetivos Educativos (OE), que se espera que cumpla un estudiante cuando toma un curso, resaltando la intencionalidad del proceso educativo. Tales OE pueden presentar estructuras complejas, similares a grafos acíclicos, árboles e incluso mallas. Estas metas pueden ser cubiertas ofreciendo múltiples y diversos materiales educativos o actividades de acuerdo a la trayectoria académica

(perfil académico) y asociadas al perfil psicopedagógico y a las preferencias manifiestas del aprendiz.

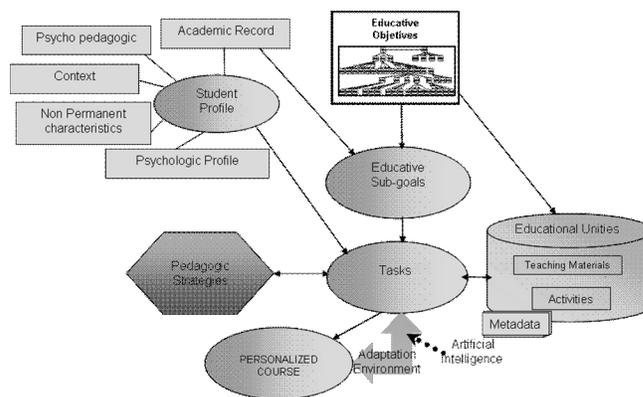


Figura 2. Modelo del Curso adaptativo

Un punto sustancial y diferenciador en esta propuesta es el hecho que está orientada por las metas u Objetivos Educativos (OE), que se espera que cumpla un estudiante cuando toma un curso, resaltando la intencionalidad del proceso educativo. Tales OE pueden presentar estructuras complejas, similares a grafos acíclicos, árboles e incluso mallas. Estas metas pueden ser cubiertas ofreciendo múltiples y diversos materiales educativos o actividades de acuerdo a la trayectoria académica (perfil académico) y asociadas al perfil psicopedagógico y a las preferencias manifiestas del aprendiz.

Como se aprecia en la figura 2 los elementos que se proponen en el modelo del estudiante involucran el perfil académico, psicológico, psicopedagógico, preferencias y aspectos contextuales. En particular a nivel psicopedagógico, el Estilo de Aprendizaje (Learning Style LS, en inglés) es reconocido como un fuerte diferenciador en el procesamiento de información por parte del aprendiz. La tabla 2 muestra varias de las clasificaciones encontradas en la revisión bibliográfica previa. Para el proceso de validación el modelo utilizado para clasificar al estudiante es VARK (Visual, Auditivo, R:Lector/Escritor, Kinestésico) [8]. Por otro lado, el perfil académico está expresado por los logros obtenidos previamente por el aprendiz.

Como se aprecia en la figura 2, la primera adaptación del curso se realiza en la escogencia del subconjunto de objetivos que debe cumplir el aprendiz teniendo como base los logros ya obtenidos y la estructura del curso. Para cada Objetivo específico en el curso se obtienen las Unidades Educativas que apoyan el proceso y que están orientadas a atender las características particulares del estudiante (estilo de aprendizaje, factores no permanentes, contexto de conexión, preferencias, etc.). Un aspecto muy importante en la propuesta es la orientación del proceso basado en los metadatos estándares ampliados (LOM, DCMI), consistentes con la estrategia de adaptación y el enfoque pedagógico expresado en el diseño. En el caso de las UE estos metadatos son una extensión de los estándares más reconocidos.

Tabla 2. Modelos de clasificación de estilos de aprendizaje

Modelo	Autor	Clasificación Estilos
Myers-Briggs Type Indicator (MBTI).	Myers, I.B. y McCaulley M.H	Extroversión/Introversión, Sensitivo/Intuitivo, Pensador/Sensorial, Juzgador/Perceptivo
FSLSM (Felder and Silverman LS Model)	Felder y Silverman	Activo/Reflexivo, Sensitivo/Intuitivo, Inductivo/Deductivo, Visual/Verbal, and Secuencial/Global.
ILS Felder / Soloman	Richard Felder and Barbara Soloman	Activo/Reflexivo, Sensitivo/Intuitivo, Visual/Verbal, Secuencial/Global.
Kolb/McCarthy	David Kolb	Divergente, Convergente, Asimilador, Acomodador.
Alva Learning Systems	Laura Summers	Visual, Kinestético, Auditivo
VARK	Neil Fleming	Visual, Auditivo, lector/escritor, Kinestésico
Honey/Mumford	Honey/ Mumford Honey/Alonso - CHAEA	Activo, reflexivo, teórico, pragmático

Ejemplos de éstos son su identificador, OE que apoya, estilo de aprendizaje, tamaño, formato, nivel de dificultad, tiempo promedio de instrucción y tipo de acción asociada. Para la personalización se pueden considerar además del estilo de aprendizaje, otros aspectos como nivel de dificultad deseado, nivel de interacción preferido o rango de edad, los que orientarían la escogencia de cada Unidad Educativa, haciendo más rica la individualización. También es posible manejar variables como tamaño en bytes y/o tiempo típico de instrucción de la Unidad Educativa como parámetros de influencia para optar por dicha Unidad.

Visto desde la estrategia de adaptación, el modelo presenta grandes ventajas, resumidas en la tabla 3.

Tabla 3. Características de Adaptación del modelo SICAD (Sistema Inteligente de Cursos ADaptativos)

¿Qué adapta?	¿Cómo lo adapta?	¿Cuándo lo adapta?	¿Qué determina la adaptación?	Características relevantes	Técnicas utilizadas
Plan del Curso, Selección Actividades / Materiales Educativos	Reglas de adaptación soportadas por técnicas de Planificación en Inteligencia Artificial	Al inicio de un curso (plan inicial) En el transcurso, para orientar el proceso (replanificación)	Perfil Académico psicopedagógico Psicológico. Características permanentes y no permanentes. Contextuales Preferencias (Nivel de dificultad deseado, nivel de interacción preferido).	Parte de Objetivos Educativos (abierto), Separación Estructura / Recursos, Estilo Aprendizaje (abierto), Varios planes Neutral a enfoques pedagógicos y taxonomías	Replanificación Dinámica. Sistema Multiagentes

Los aspectos más importantes a resaltar son los siguientes:

- El uso de metadatos estándares, lo que facilita el proceso de compartir recursos con otras plataformas, como se aprecia en la tabla 4.
- El Sistema no está sujeto a un modelo de estilo de aprendizaje particular y el implementador puede optar por el que considere conveniente, lo que implicaría asociar tanto el estudiante como las Unidades Educativas con esta

calificación. Tampoco hay dependencia con las taxonomías de los Objetivos Educativos.

- El sistema funciona indistintamente para un curso completo, un área temática o un tema específico.
- La separación de la estructura y las actividades o material educativo lo hace enormemente flexible y con posibilidades de reutilizar las Unidades Educativas.

La generación en forma manual de un curso personalizado, con estas características sería una tarea bastante compleja por lo cual se optó por automatizar el proceso. Parte fundamental en una estrategia de adaptación significa la determinación de las reglas de adaptación que deben actuar sobre el producto cartesiano de los conjuntos de características del aprendiz y el conjunto de los componentes a ser adaptados.

Tabla 4. Metadatos para entidades relevantes

UNIDAD EDUCATIVA	OBJETIVO EDUCATIVO
* Title (2) o Creator (2) * Subject (2) * Description (2) * Date (2) * Type (2) (4) * Format (2) (4) # Identifier (2) o Language (2) o Version (3) * Size (3) o InteractivityLevel (3) (4) o TypicalAgeRange (3) o Difficulty (3) (4) o TypicalLearningTime (3) o Prerequisite o part_of * LearningStyle (4)	# Id * Description o Taxonomy o Part_of * Topic (4)
	UE_OE # UE_id # OE_id # Clave primaria. * Obligatorio o Opcional Nota: 1. Los nombres de atributos están en inglés para mantener la compatibilidad con los estándares mencionados. 1. Metadatos DCMI 2. Metadatos LOM 4. Se tienen tablas de referencia para determinar valores posibles.

Este producto cartesiano genera un gran espacio de búsqueda lo que requiere plantear mecanismos poderosos que permitan ser aplicados a un dominio en particular. La evaluación de alternativas llevó a optar por técnicas de planificación inteligente (AI Planning). La planificación inteligente ha mostrado su potencia en diversos ambientes, pero no se reportaba aplicación en el dominio específico, por lo cual fue necesario definir la técnica concreta y trasladar el modelo del curso al ambiente del planificador.

La palabra planificación se usa para referirse al proceso de computar varios pasos de un procedimiento de resolución de un problema antes de ejecutar alguno de ellos [14]. O en palabras de Tate et al. (1990) [17], planificación es el proceso de generar (posiblemente en forma parcial) las representaciones de futuras conductas a tomar para que los planes restrinjan o controlen esas conductas. Un sistema de planificación inteligente entrega una serie de pasos, representados por operadores, que se deben ejecutar para ir desde un estado inicial hasta una meta (estado meta o lista de

tareas cumplidas) [17]. Para ello el problema del mundo real debe ser llevado al ambiente del planificador y determinar el dominio del mismo. Se presentan dos enfoques: planificadores dependientes del dominio (usan heurísticas del dominio específico para controlar las operaciones del planificador) y planificadores independientes del dominio (la representación del conocimiento y los algoritmos se espera que trabajen bien en una amplia gama de situaciones). En muchos planificadores los operadores son atómicos y pueden actuar directamente, mientras que en otros, como el caso de la planificación jerárquica, se permiten operadores abstractos que pueden ser descompuestos en un grupo de pasos que forman un plan que implanta el operador [15].

Al usar técnicas de Planificación en Inteligencia Artificial se puede optar por usar planificadores dependientes del dominio (usan heurísticas del dominio específico para controlar las operaciones del planificador) y la revisión del Estado del Arte entregó que no existe un planificador que específicamente trabaje con el dominio en cuestión, ni ligeramente similar. Por otro lado se puede optar por planificadores independientes del dominio (la representación del conocimiento y los algoritmos se espera que trabajen bien en una amplia gama de situaciones). Como alternativas resultantes estaría construir uno concreto con heurísticas específicas para la generación del plan instruccional u optar por uno independiente del dominio que pueda ser “ajustado a mano”. Nau et al. [13] afirman que estudios experimentales demuestran que los planificadores adaptados manualmente al dominio (hand-tailorable) han resuelto rápidamente problemas de órdenes de magnitud más complejas que los típicamente resueltos por los sistemas de planificación completamente automatizados (fully automated) en los cuales el conocimiento específico del dominio se refleja sólo en los operadores del planificador [11]).

Todo lo anterior llevo a evaluar diferentes técnicas de planificación y planificadores existentes, que pudiesen apoyar la generación automática de cursos personalizados. Entre las diferentes alternativas y de acuerdo a la composición de los objetivos educativos (jerarquía de objetivos) se optó por aplicar una técnica de planificación jerárquica, en su variante red jerárquica de tareas (Hierarchical Task Network, HTN). HTN se presentó como muy prometedora para los propósitos concretos, por su enfoque jerárquico en la solución del problema de planificación, el cual sería fácilmente adaptable al mecanismo de representación de los cursos, que contempla la descripción de un curso como la relación de objetivos educativos, los cuales son divididos en subobjetivos hasta alcanzar un determinado nivel de detalle. Dentro de las diferentes propuestas de HTN se optó por SHOP2 (Simple Hierarchical Ordered Planner 2) [11], un planificador independiente de dominio, desarrollado por el grupo de investigadores de AI Planning de la Universidad de Maryland. Este planificador genera planes en el mismo orden que serán ejecutados, por lo tanto se conoce el estado actual

en cada paso del proceso de planificación, lo que se presenta como una ventaja para el caso concreto del Plan Instruccional, puesto que cada Unidad Educativa aprovechada por el estudiante se ve reflejada inmediatamente en su perfil académico. SHOP2 es una versión de código abierto (open-source, en inglés) y posee buena documentación sobre su funcionamiento. Ha sido aplicado en diferentes dominios con buenos resultados, en particular por lo reportado en [11] y recibió uno de los cuatro reconocimientos en la International Planning Competition del 2002, por su capacidad de resolver eficientemente problemas en diferentes dominios.

Los operadores de SHOP2 son de la forma $(h(v) \text{ Pre Del Add})$

Donde $h(v)$ representa una tarea primitiva, con parámetros de entrada v .

Pre, *Del*, *Add* son, respectivamente la precondition del operador, la lista de borrado y la lista de adición (similar a los operadores tipo STRIPS).

Los métodos en SHOP2 indican cómo se descompone una tarea compuesta y es de la forma $(h(v) \text{ Pre } T)$, o si se quiere más generalmente, $(h(v) \text{ Pre } T_1 \text{ Pre } T_2 \dots \text{ Pre } T_n)$.

Donde $h(v)$ representa un tarea compuesta, con parámetros de entrada v ,

Pre_n representa la precondition del la tarea n y

T_n es una lista parcialmente ordenada de tareas.

Un problema de planificación es una tripleta (S, T, D) ,

Donde S es el estado inicial

T es una lista de tareas y

D es la descripción del Dominio.

Con esta entrada SHOP2 retorna un plan $P = (p_1 p_2 \dots p_n)$, como una secuencia de operadores que pueden conseguir T desde S en D [9].

El paso al ambiente del planificador implica la definición de un mecanismo automático que traslade los elementos del modelo del curso a un ambiente de planificación y la definición del modelo de acción del planificador [18].

Dentro de la información importante para la generación del curso se tiene:

Las Unidades Educativas, UE , tienen entre sus propiedades un identificador, UE_{id} ; un Objetivo Educativo asociado, OE_n y un estilo de aprendizaje que apoya, LS . Otra información que puede ser usada en el proceso de generación adaptada al estudiante está el tamaño de la unidad $UE.size$, el tiempo típico de instrucción $UE.TypicalLearningTime$, el rango típico de edad, $UE.TypicalAgeRange$ y nivel de dificultad, $UE.Difficulty$.

Los Objetivos Educativos, OE , tienen un identificador. OE_{id} , prerrequisito, Pre_{OE_n} y la propiedad parte_de (permite especificar estructura jerárquica).

Al estudiante se le asocia su estilo de aprendizaje LS y los objetivos educativos alcanzados previamente, OE_{Ln} .

- **Conformación del dominio del planificador**

A partir de análisis del proceso de generación del plan de

curso personalizado, se parte de los siguientes razonamientos: El Estado Inicial, S , está representado por los OE que el estudiante ha obtenido previamente (perfil académico) y su estilo de aprendizaje, LS (perfil psicopedagógico). La lista de tareas a lograr, T , esta relacionada con los OE que se han planteado en el curso o área temática y los logros esperados en los estudiantes. Los Operadores están relacionados con las UE que contribuyen a lograr los objetivos. Los métodos reflejan la estructura de árbol de los objetivos pedagógicos. A partir de los algoritmos que se presentan en [6] se obtiene:

a. Desde una Unidad Educativa, UE , a Operadores (UE_O)

$$O = (UE.id (UE.prereq) (\phi) (h(UE.id)) (UE.size))$$

Donde:

$UE.id$ identificador de la UE ,

$UE.prereq$: Pre-requisito de UE ,

$UE.size$ Tamaño o costo de la Unidad Educativa (Esta variable podría ser reemplazada por tiempo típico de instrucción u otra similar) y

$h(UE.id)$ es un procedimiento que retorna los OE que apoya la UE .

b. Desde Objetivos Educativos compuestos a Métodos ($OE_c M$)

Para cada OE compuesto planteado para el curso concreto.

$$M = (OE.id (f(OE.id)) (g(OE.id)))$$

Donde:

$OE.id$: identificador del OE ,

$f(OE.id)$ es un procedimiento que retorna $OE_PRE.prereq$,

$g(OE.id)$ es un procedimiento que retorna Sub_OEn , $OE.id$ (Sub_OE_1 , Sub_OE_2 , ... , Sub_OE_n) son Objetivos educativos hijos o sub-objetivos

c. Desde Objetivo Educativo cubierto por Unidades Educativas a Método (UE_M)

Para cada OE planteado para el curso, se debe recorrer el árbol recursivamente hasta sus hojas.

$$M = (OE.id ((UE_1.LS UE_1.id)(UE_2.LS UE_2.id)..(UE_n.LS UE_n.id)))$$

Donde:

$OE.id$, identificador del OE

LS_n : Estilo de aprendizaje asociado a la UE_n

• **Desde el problema de la Generación del curso a un problema de planificación SHOP2**

Entrada: Condiciones iniciales del Estudiante (Logros y Estilo de Aprendizaje), Objetivos Educativos propuestos para el curso.

Salida: Problema de planificación SHOP2 de la forma (S, T, D)

Procedimiento:

$$1. S = ((OE_{L1}, OE_{L2}, \dots, OE_{Ln}) LS)$$

$OE_{Ln} \subseteq OE$, donde OE_{Ln} son los OE obtenidos por el estudiante y LS su Estilo de Aprendizaje.

2. T : Conjunto de tareas a conseguir expresado en términos de Objetivos Educativos: (OE_1, OE_2, \dots, OE_n)

3. D : Dominio conformado por métodos y operadores, conseguidos en el numeral anterior.

El Planificador SHOP2 tomando (S, T, D) como entrada, retorna un plan $P = (p_1 p_2 \dots p_n)$, como una secuencia de Unidades Educativas que permiten al estudiante conseguir T desde S .

IV. PLATAFORMA SICAD: SISTEMA INTELIGENTE DE CURSOS ADAPTATIVOS

Con base en los elementos planteados anteriormente se construyó la plataforma experimental Sistema Inteligente de Cursos ADaptativos SICAD, completamente funcional, que puede ser usada para el montaje de diversos cursos y aplicando diferentes tendencias pedagógicas.

El sistema fue diseñado para cursos virtuales en una plataforma Web, en un esquema cliente/servidor en el cual se involucran varias tecnologías. Es un desarrollo con base en herramientas libres y multiplataforma, por lo cual se puede instalar los servidores tanto en ambientes Windows como Linux y permite el acceso desde cualquier plataforma que posea un navegador Web. En la Figura 3 pueden observarse los elementos de software que hacen parte del sistema y la forma como interactúan. El servidor Web es Apache Software Foundation Tomcat 5.0, con soporte para el motor de base de datos MYSQL 4.1.9. Los programas se desarrollaron en java j2sdk1.4.0. Como interfaces gráficas para el desarrollo y administración se contó con el apoyo de MySQL Control Center 0.9.4 , Jext 3.2 y JCreator 3.1 . Igualmente se aprovecharon particularmente las Librerías SmartUpload (que permite subir archivos a Servlets y JSP) y mysql_driver_3.0.15.

El sistema permite crear, modificar, desactivar usuarios, que pueden ser estudiantes, profesores o administradores. Se pueden crear, modificar o borrar Objetivos Educativos, Unidades Educativas (los cuales se asocian con los OE que apoyan y con el archivo que refleja su contenido). Partiendo de un curso previamente incluido en el sistema, se determinan los objetivos educativos que lo componen, creando algunos nuevos o usando los ya antes creados. La estructura define la secuencia de los Objetivos Educativos planteados en cada curso.

Al ingresar al sistema el estudiante puede optar por varias opciones: Ver cursos activos, ingresar a un curso o realizar la prueba psicopedagógica. En este último punto se optó, para efectos de la aplicación concreta, por el modelo VARK, el cual clasifica al estudiante como Visual, Auditivo, Lector/Escritor o Kinestésico, para lo cual se requiere realizar la prueba suministrada por los impulsores de este modelo [8].

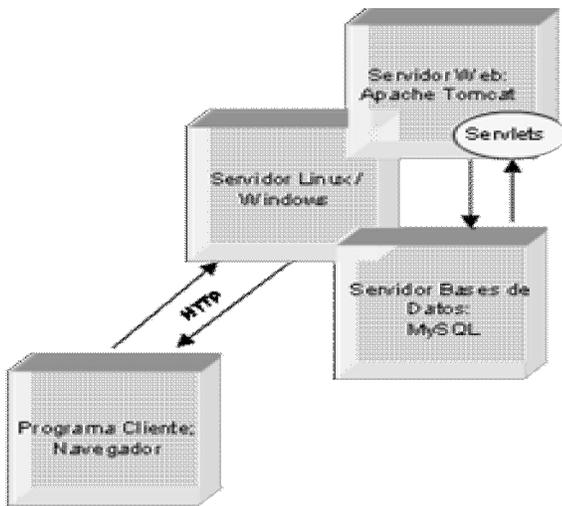


Figura 3. Modelo de Despliegue de Sistema Implementado

Si definimos que la estructura de un curso es expresada por los objetivos educativos planteados y las relaciones entre éstos, es necesario reconocer que, en ocasiones, diferentes docentes pueden optar por estructuras diferentes para un mismo curso, buscando siempre los resultados esperados, pero por caminos diferentes. Por lo anterior el modelo permite que varias estructuras sean definidas para un mismo curso.

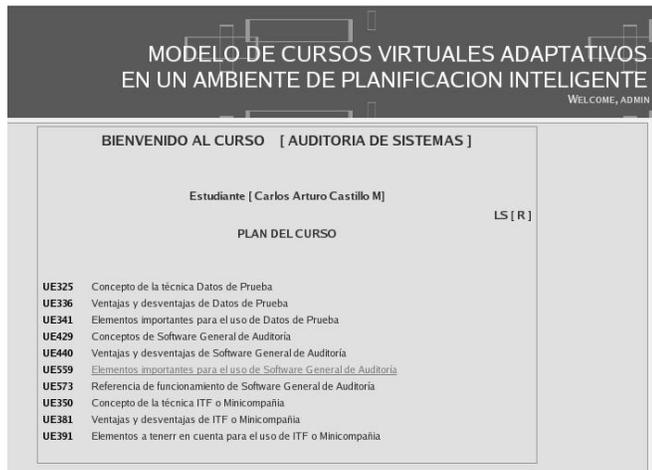


Figura 4. Plan del Curso Personalizado

Teniendo el dominio del planificador constituido, se requiere definir el problema en términos de SHOP2, lo que implica definir el curso en concreto en el cual se matriculará el estudiante (lo cual se traduce en Objetivos Educativos, lo que conlleva a las Tareas a cumplir) y determinar las características académicas y Estilo de Aprendizaje del estudiante. Con estas entradas el planificador entrega un plan de curso personalizado, expresado en Unidades Educativas, como se presenta en la Figura 4. Cada parte del curso posee un hipervínculo que permite visualizar su contenido.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El enfoque presentado en este artículo no desconoce el hecho de que es el profesor quien debe aportar toda la información necesaria asociada a los cursos, teniendo en cuenta todos los posibles factores. Es paradigmático el hecho que la construcción de un ambiente adaptativo involucra los pedagogos y diseñadores instruccionales por un lado y por el otro, los expertos en tecnologías adaptativas y en técnicas poderosas para construir tales ambientes.

El enfoque presentado en este artículo permite ver como las TIC puede hacer real la educación personalizada pero no per se, sino que requiere de modelos adaptativos que adecuen el curso según las características propias del estudiante. Las técnicas de Inteligencia Artificial, en particular la planificación inteligente y los agentes inteligentes, se convierten en herramientas importante en el proceso orientado a la generación y ejecución de este tipo de cursos, permitiendo elementos educativos con gran nivel de atomicidad, la jerarquía y complejidad de la estructura y las diversas variantes asociadas a cada aprendiz, lo que posibilita un número elevado de planes.

Se reconoce como una dificultad el cambiar los esquemas actuales de construcción de los cursos. Por un lado pasar de generación orientada a contenidos, por una visión orientada a objetivos y por el otro, la labor de implementar unidades y objetivos educativos, con este nivel de detalle, además de la información necesaria para obtener los valores de las propiedades de las unidades educativas, lo cual es condición para poder generar automáticamente un plan del curso. A pesar de esto en el trabajo previo, con profesores y estudiantes, las expectativas creadas a favor de la personalización de los cursos, a partir de las características especificadas, auguran el éxito. Adicional a esto la reutilización de las unidades educativas permitiría reducir el tiempo para la construcción de nuevos cursos y así el tiempo inicial dedicado al diseño y elaboración de los materiales será luego altamente recompensado.

La plataforma SICAD, se encuentra actualmente en estado de mejoramiento y está en poder del Grupo de Investigación de Ambientes Inteligentes Adaptativos GAIA, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y sobre la misma se adelantan proyectos de investigación que permitan mejorar la aplicación, en particular afinar el proceso de ejecución, migrar a una plataforma multiagentes y la implementación de los módulos de evaluación e interfaces adaptativas.

REFERENCIAS

- [1] Alfaro L., Pereira F., Jacintho L. (1998) Modelagem de um Ambiente Inteligente para a Educação Baseado em Realidade Virtual. IV Congresso RIBIE, Brasília 1998.
- [2] Brusilovsky, P., Maybury, M. (2002), From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web. Communication of the ACM. Vol 45 No. 5.
- [3] Dastbaz M., Mustafa A., Stoneham R. (2006). Issues in Design and Development of Personalised E-Learning Systems. ED-MEDIA 2006.

- World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications. Orlando. USA.
- [4] Duque M, N., Ovalle, D., Jiménez, J. (2006) Artificial Intelligence for Automatic Generation of Customized Courses. ED-MEDIA 2006--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications. USA.
- [5] Duque M, N, Jiménez R, C. (2004), Modelo de Generación de Cursos Virtuales Adaptados al Perfil del Estudiante. Presentado en LatinEduca2004. Disponible en <http://www.latinEduca2004.com>.
- [6] Duque M, N, Jiménez R, C, Guzmán, J. (2005), IA Planning for Automatic Generation of Customized Virtual Courses. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press, Vol 117. Amsterdam.
- [7] Eraut S. (1970), *Psicología de la Educación*. Recopilación a cargo de E. Stones, Tomo II. Ediciones Morata. Madrid.
- [8] Fleming, Neil. *Vark. A Guide to Learning Styles*. 2001. Disponible en <http://www.vark-learn.com/>
- [9] Hendler, J., Wu, D., Sirin, E., Nau, D. Y Parsia, B. (2003) Automating DAML-S Web Services Composition Using SHOP2.
- [10] Karagiannidis C., Koumpis A., Stephanidis C. (1996), Deciding “What”, “When”, “Why”, and “How” to Adapt in Intelligent Multimedia Presentation Systems. 12th European Conference on Artificial Intelligence. Budapest, Hungary.
- [11] Nau, D., Tsz-Chiu Au, Kuter, U., Murdock, W., Wu, D., Yaman, F. (2003), SHOP2: An HTN Planning System. *Journal of Artificial Intelligence Research*. Disponible en: <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/jair/pub/volume20/nau03a.pdf>.
- [12] Paques H, Liu L, and Pu C. (2004), *Adaptation Space: A Design Framework for Adaptive Web Services*. Georgia Institute of Technology, USA.
- [13] Paques H, Liu L, and Pu C. (2003), *Ginga: A Self-Adaptive Query Processing System*. Georgia Institute of Technology, USA.
- [14] Rich, Knight. (1994), *Inteligencia Artificial*. Segunda edición. McGrawHill.
- [15] Russell, Stuart. Norving, Peter. (1996), *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Prentice Hall.
- [16] Stolorow L. S. (1970), *C.A.I. Algunos Problemas y Perspectivas*. Publicado en la Recopilación *Psicología de la Educación*, a cargo de E. Stones, Tomo II. Ediciones Morata. Madrid. 1970.
- [17] Tate, Austin, Hendler, J. y Drummond M., *AI Planning: Systems and Techniques*. AI Magazine. 1990.
- [18] Wu, D., Sirin, E., Nau, D., Hendler, J., and Parsia, B. (2003), *Automatic Web Services Composition Using SHOP2*. Presentado en ICAP-2003.

Néstor D. Duque M. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Director del GAIA: Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos, Categoría B de Colciencias. Candidato a Doctor en Ingeniería – Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Sistemas, Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. El área de énfasis de su investigación es Inteligencia Artificial, más específicamente Inteligencia Artificial en Educación, Planificación Instruccional, Ambientes Inteligentes Adaptativos, Sistemas basados en CBR (Case-Based Reasoning) y Generación Automática de Cursos. Otras áreas de trabajo son Minería de Datos, Modelamiento, Seguridad y Auditoría de Sistemas.

Demetrio A. Ovalle C. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Director del GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias y Director de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Doctor en Informática, Université Joseph Fourier – Francia. Magíster en Informática, Institut National Polytechnique de Grenoble – Francia. Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. El área de énfasis de su investigación es Inteligencia Artificial, más específicamente Sistemas Híbridos integrando Redes Neuronales, Sistemas de Lógica Difusa y Sistemas Multi-Agente aplicados a la Simulación de los Mercados de Energía. Otros tópicos de investigación que trabaja actualmente son: Inteligencia Artificial en Educación, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Sistemas basados en CBR (Case-Based Reasoning) y Técnicas de Planificación Inteligente aplicadas a la Construcción de Sistemas de Composición de Servicios Web.

Jovani A. Jiménez B. Profesor Asistente, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Coordinador de Servicios Académicos Virtuales de la UNAL Sede Medellín. Coordinador de la Comisión Pedagógica de la Facultad de Minas. Doctor en Ingeniería - Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Pasantía Doctoral Grupo de Inteligencia Artificial Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil. Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Licenciado en Docencia de Computadores, Universidad de Medellín – Colombia. El área de énfasis de su investigación es Inteligencia Artificial, más específicamente Inteligencia Artificial en Educación, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Sistemas basados en CBR (Case-Based Reasoning) y Técnicas de Planificación Instruccional. Adicionalmente, trabaja sobre un proyecto de Robótica Colaborativa utilizando Técnicas de Inteligencia Artificial Distribuida.