

PeCoS-CBR... Personalized Courses System with Case-Based Reasoning

Ricardo Moreno, Néstor Duque, Valentina Tabares

Abstract— This paper presents a system designed and built from a focus on Case Based Reasoning (CBR), PeCoS-CBR, for generating personalized courses, taking into account the learning style and preferences of the student. The adaptation of the teaching process is a subject of great interest in the community and the ability to leverage the same educational activities with successful results obtained by students in past sessions is emerging as a promising approach. To resolve the problem by not having RBC in the early cases, mapping metadata for Learning Objects with some values of variables in the Student Profile is performed. The tool allowed validate the proposal in a specific topic area but allows it to be used in any course.

Keywords— *e-learning, adaptive courses, Case-Based Reasoning (CBR).*

I. INTRODUCCIÓN

La posibilidad de aprovechar las soluciones que han arrojado buenos resultados, para resolver nuevos problemas similares, es una importante ventaja que ofrecen los sistemas basados en RBC. A través de esta técnica es posible adquirir nuevo conocimiento de forma más sencilla, dado que solo se requiere la incorporación de nuevos casos y su implementación consiste en identificar las características relevantes que los describen [1]. Otra ventaja relacionada es el reúso de las soluciones previas al resolver un problema, y el almacenar casos que resultaron un fracaso, lo que permite advertir sobre problemas potenciales a futuro [2].

La personalización de los cursos virtuales a partir del reconocimiento del estudiante, es parte de las expectativas en el aprovechamiento de las TICs en los sistemas educativos. Específicamente, en este artículo se presenta un sistema en el que se tienen en cuenta las características de los alumnos y se proponen contenidos educativos acordes con el perfil, para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, adoptando la técnica de inteligencia artificial RBC que permite llegar a la solución de nuevos problemas, utilizando la experiencia acumulada hasta el momento en acontecimientos similares [3]. Este enfoque parte de un precepto: Problemas similares tienen soluciones similares, lo que permite reusar las soluciones exitosas.

La técnica RBC ha sido utilizada con éxito en diferentes trabajos para el apoyo a los procesos educativos. En [4] se

realiza la adaptación de la interfaz utilizando RBC en un ambiente para apoyo de la enseñanza, de acuerdo al nivel de conocimiento de los usuarios, y realizando una doble adaptación (nivel y presentación) con la que se logra mejorar el proceso aprendizaje. Martínez y otros, proponen un modelo basado en RBC, donde los casos representan el estado del conocimiento y comportamiento del estudiante, así como el entrenador o material didáctico más adecuado [5]. Un sistema de planificación instruccional que usa RBC y Sistemas Multi-agente denominado ALLEGRO es presentado en [6], donde se ofrecen recursos instruccionales adaptados al perfil cognitivo de cada aprendiz.

Utilizando estos enfoques, en otros trabajos como [7], [8], [9] y [10], también se ha utilizado RBC para procesos de adaptación en entornos educativos, demostrado la validez y actualidad del tema, para la comunidad investigativa tanto de TICs en Sistemas Educativos como de Inteligencia Artificial, y abriendo nuevas posibilidades que permiten acortar la ruta de aprendizaje y ganar de la experiencia previa en cursos virtuales.

En cursos personalizados, la planificación automática requiere de la representación explícita de la estructura del conocimiento del dominio, separada de los recursos educativos y de las tareas pedagógicas [11]. Existen diferentes formas de estructurar un curso virtual, con diferentes elementos que lo componen. En PeCoS-CBR se cuenta con Objetivos Educativos, o Metas Educativas, que permiten determinar los resultados que se esperan obtener con el curso ya que son definidos en términos de conductas observables [12].

Los cursos virtuales también están compuestos por Objetos de Aprendizaje (OAs), que son recursos educativos digitales acompañados de metadatos que permiten su reutilización en múltiples contextos [13]. Estos recursos, apoyan el proceso de aprendizaje con el fin de que los aprendices puedan llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos.

Para la generación de los cursos personalizados, es de gran importancia el Perfil del Estudiante, que permite conocer las condiciones particulares del educando, por lo que se debe conservar la información de las variables psicopedagógicas representadas por el Estilo de Aprendizaje [14] obtenido mediante un test según el modelo Felder y Silverman, y sus logros ya obtenidos representados en el Historial Académico que permite definir si un Objetivo Educativo ya fue cubierto o no por el estudiante. También se solicita al estudiante que indique los idiomas de su preferencia, que serán una variable crítica a la hora de entregarle los contenidos asociados al curso. Finalmente una característica no permanente asociada al Perfil del Estudiante es el tipo de dispositivo a través del que accede

Ricardo Moreno. Universidad Tecnológica de Pereira.
rmoreno@utp.edu.co

Néstor Duque. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
ndduqueme@unal.edu.co.

Valentina Tabares. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
vtabaresm@unal.edu.co

a la plataforma, esta variable se debe actualizar cada vez que ingresa el estudiante y permitirá entregar OAs que por sus características técnicas y de diseño sean más acordes para el dispositivo específico.

En el presente artículo se detalla el diseño de PeCoS-CBR a partir de los elementos presentados, además la herramienta permitió validar la propuesta en un área temática específica, con la posibilidad de que pueda ser utilizada en un curso con cualquier temática.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 describen los elementos definidos para la aplicación de RBC en la personalización de los cursos, en la sección 3 se presenta el diseño del sistema, y en la sección siguiente se presenta la implementación y validación de la propuesta, para finalizar con conclusiones y trabajos futuros.

II. RBC PARA PERSONALIZACIÓN DE CURSOS VIRTUALES

La utilización de la técnica de RBC en esta propuesta implica recuperar la información que el sistema ha recopilado de los diferentes planes, con el fin de asignar a estudiantes con perfiles similares aquellos recursos que han resultado exitosos para el cumplimiento de determinados objetivos. Esta información debe ser estructurada en Casos, los cuales se componen de una serie de elementos que representan la descripción del problema definidos (Rasgos Predictivos), la descripción de la solución que se aplicó y el resultado de la solución (Rasgos Objetivo) [15].

Como se puede observar en la Figura 1, PeCoS-CBR trabaja con casos compuestos por 8 Rasgos Predictivos y 2 Rasgos Objetivo. Los elementos que describen el problema son: Un identificador del Caso que es un número consecutivo que permite distinguir cada caso almacenado, el Identificador del Objetivo Educativo que es el punto de entrada al caso, ya que se realiza análisis de los casos para dar soporte con contenidos educativos a una meta de aprendizaje específica.

También se presentan los idiomas de preferencia definidos por el estudiante, un bloque de 4 rasgos en el que se definen las características asociadas con el Estilo de Aprendizaje del estudiante, y finalmente un indicador del tipo de dispositivo desde el que accede el estudiante al curso y que está asociado también con el OA seleccionado. La solución está dada por un identificador del OA seleccionado para ese estudiante en particular y que cumpla el objetivo trazado, y finalmente un indicador con la cantidad de éxitos y fracasos que ha tenido el caso.

| CASO | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|--------|-------------------|----------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| Rasgos Predictivos | | | | | | | | Rasgos Objetivo | |
| ID Caso | ID Meta Educativa | Idioma | Activo/ Reflexivo | Sensorial/ Intuitivo | Visual/ Verbal | Secuencial/ Global | Tipo de Dispositivo | ID OA | Éxitos/ Fracasos |

Figura 1. Representación de la estructura de un caso

El conjunto de casos se organiza en una estructura llamada **Base de Casos** y estos se van almacenando de acuerdo a los contenidos entregados a los estudiantes durante su interacción con el curso. Se organiza mediante una estructura lógica jerárquica por grupos, la cual ofrece ventajas al momento de realizar búsquedas, frente a estructuras planas donde se almacenan los casos secuencialmente y se requiere que sea analizado cada uno. En las estructuras jerárquicas los casos se agrupan por categoría, lo que implica una reducción en el número de casos analizados en cada consulta [16]. Este proceso de búsqueda hace parte de la primera etapa RBC, que es denominada Recuperación donde se seleccionan los casos potenciales para después realizar el análisis de similitud y posterior selección.

Con el fin de recuperar los casos más similares al caso de entrada, PeCoS-CBR trabaja con el algoritmo K-Vecinos más cercanos, donde se recupera el caso teniendo en cuenta la mayor suma de los pesos de cada una de las características que emparejan con el nuevo caso. En la Ecuación (1) tomada de [16] se muestra la función de evaluación empleada para encontrar el vecino que mejor empareja. En esta ecuación w_i corresponde al peso de importancia de cada característica y sim es la función de similitud utilizada para las características de ambos casos que son representadas por f_i .

$$similarity(Case_I, Case_R) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times sim(f_i^I, f_i^R)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

Este algoritmo presenta como principal ventaja su simplicidad, razón por la que fue seleccionado para esta propuesta, teniendo en cuenta que no se presenta una gran cantidad de rasgos predictivos, además con la estructura jerárquica definida para la Base de Casos, se reduce la cantidad de casos a evaluar y con ello el tiempo de ejecución del algoritmo para la recuperación de los casos más similares, sin comprometer la eficiencia del sistema.

Para el cálculo de la similitud global entre los casos se tienen en cuenta cinco características que son las asociadas al Estilo de Aprendizaje y al tipo de dispositivo. Las otras características del caso se analizan en la selección inicial, que son el Objetivo Educativo y el idioma. Con el fin de dar mayor importancia a los rasgos que están relacionados con el estilo de aprendizaje, se asignan pesos que serán tenidos en cuenta a la hora de calcular la similitud global entre los casos. Para los rasgos **activo/reflexivo**, **sensorial/intuitivo**, **visual/verbal** y **secuencial/global** se les asigna un peso de 22,5 a cada uno y para el rasgo **tipo de dispositivo** se le asigna un peso de 10.

Otro elemento que debe definirse dentro del algoritmo de recuperación es la función de similitud que se utilizará para cada rasgo predictivo. En esta propuesta se seleccionó la Distancia Euclidiana para los rasgos asociados al estilo de aprendizaje, en la que un valor menor representa una mayor similitud entre los valores analizados. Para el rasgo predictivo asociado al tipo de dispositivo se utiliza una función Booleana, ya que no hay casos intermedios. Se verifica si el tipo de

dispositivo del caso en análisis coincide con el tipo de dispositivo del caso problema. Dado que el cálculo para los Estilos de Aprendizaje se hace con una medida de distancia, donde una mayor similitud está dada por un menor valor, para el tipo de dispositivo se asigna un 0 en caso de que coincidan y un 1 en caso contrario.

Finalmente, se realiza el cálculo de la similitud global utilizando los pesos mencionados anteriormente y aplicando la Ecuación (2) del algoritmo de recuperación de K-vecinos más cercanos. Se debe tener en cuenta que por la forma como se califican los Estilos de Aprendizaje, los resultados de calcular la Distancia Euclidiana entre este tipo de rasgos, dará como resultado un valor entre 0 y 22, mientras que para el caso del tipo de dispositivo se obtendrá un valor entre 0 y 1. Por lo anterior, en la ecuación para los rasgos donde se calcula la Distancia Euclidiana, se divide el resultado del cálculo de similitud entre 22, para que todos los valores queden en un rango entre 0 y 1.

$$Simi(C_E, C_R) = \frac{\left[\sum_{i=1}^4 22,5 * \left(\frac{E(r_i^E, r_i^R)}{22} \right) \right] + [10 * (B(r_5^E, r_5^R))]}{100} \quad (2)$$

Después de finalizada la etapa de Recuperación, se realiza la etapa de **Reúso** en la cual se copia la solución del caso seleccionado y se adapta a las características propias del caso problema. Existen varios métodos para llevar a cabo las tareas de esta etapa y teniendo en cuenta las características específicas de esta propuesta fue seleccionado el Método de Sustitución, que es apropiado cuando se cuenta con una Base de Casos aproximadamente sólida. [16]. Específicamente para esta propuesta, la solución contenida en el caso más semejante puede usarse directamente como solución al nuevo problema, ya que la solución está definida sólo por el OA que se le entregará al estudiante para cubrir un objetivo educativo. En este proceso de personalización de cursos virtuales, no se realiza la adaptación de la solución del caso previo a su uso, esto se realiza cuando se hace la revisión del caso y se determina si fue adecuada o no la solución propuesta.

La actualización de la Base de Casos se realiza después de la etapa de **Revisión**, es decir, cuando el estudiante ha sido evaluado de acuerdo a los objetivos educativos, y a partir de esto se ha definido si los OAs que se le entregaron fueron adecuados. Con esta información se define si un caso fue éxito o fracaso, lo que se utiliza para la actualización de la Base de Casos.

Cuando el caso problema tiene alguna diferencia con los rasgos predictivos del caso seleccionado como más similar y del que se aplicó la solución, los datos de entrada son incorporados como un nuevo caso a la Base de Casos. Se asigna un consecutivo al nuevo caso que deberá ubicarse teniendo en cuenta la estructura definida para la Base de Casos. También puede presentarse que el caso de entrada sea exactamente igual al caso seleccionado, por lo que sólo es necesario realizar actualización del indicador éxito/fracaso, dependiendo de los resultados obtenidos. Estos procesos hacen parte de la etapa de **Retención**.

Una de las limitaciones que presenta la técnica de RBC es cuando no se encuentren casos similares al problema, lo que ocurre especialmente cuando el sistema inicia su ejecución, ya que la Base de Casos se encuentra en un proceso de población. Esto genera como inconveniente que en algunas ocasiones no sea posible entregar al usuario OAs para cubrir un Objetivo Educativo específico, razón por la que dentro de esta propuesta se realiza un mapeo de metadatos de los OAs con algunos valores de variables en el Perfil del Estudiante.

III. ANÁLISIS Y DISEÑO DE PECOS-CBR

PeCoS-CBR cuenta con cinco funcionalidades, con las que se realiza el proceso de personalización de cursos virtuales de acuerdo al Perfil del Estudiante utilizando RBC.

La primera funcionalidad es la **Configuración del Curso Genérico**. A través de este módulo el usuario profesor que desea impartir el curso, define la estructura en términos de los Objetivos Educativos Generales y Específicos que se esperan alcanzar en el curso. También se realiza la asignación de los OAs a los Objetivos Específicos, los cuales deberían presentarse en varios formatos, con el fin de contribuir a una mayor diversidad en la adaptación.

La siguiente funcionalidad es **Capturar y Actualizar Perfil del Estudiante**, la cual se realiza en dos momentos. Primero se lleva a cabo la captura del perfil del estudiante, que se obtiene cuando un usuario estudiante se registra en el sistema. Se le preguntan datos generales de identificación y contacto, después se le pide que especifique cuáles son sus idiomas de preferencia y finalmente se solicita que responda un test psicopedagógico para identificar su Estilo de Aprendizaje. El segundo momento se da cada vez que el estudiante ingresa al sistema a un curso específico, capturando el tipo de dispositivo a través del que se accede.

Cuando un estudiante se inscribe en un curso y realiza una evaluación inicial, se inicia la funcionalidad de **Planificar Curso Personalizado** generando el árbol de objetivos educativos personalizado. A partir del árbol de objetivos educativos genérico y comparándolo con el Historial Académico del estudiante, se define cuales nodos (objetivos específicos) se han logrado y se descartan. Esta información es almacenada para cada estudiante del curso y se actualiza cada vez que es realizada la evaluación de un objetivo.

Después es realizada una de las principales funcionalidades dentro del sistema, en la que se aplica la técnica RBC para seleccionar los recursos educativos con los que el estudiante avanzará en el curso. El detalle de este proceso es presentado en el diagrama de actividades de la Figura 2.

La funcionalidad siguiente es **Ejecutar Curso Personalizado**, y corresponde al espacio en el que el estudiante está interactuando con los diferentes OAs entregados. Su tiempo es ilimitado y depende de la disponibilidad de cada estudiante, además un recurso puede ser consultado tantas veces como se requiera.

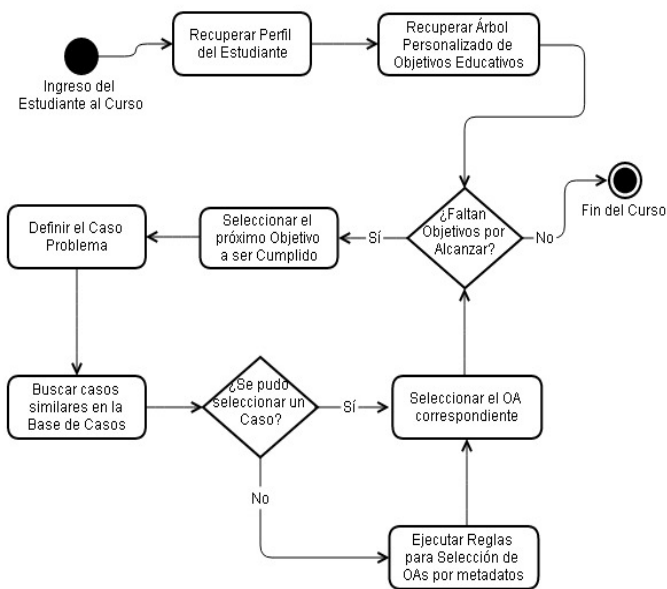


Figura 2. Diagrama de Actividades Planificación de Curso Personalizado

La última funcionalidad del sistema es la de **Evaluar y Replanificar Curso Personalizado**, ésta se realiza cuando el estudiante se siente preparado y selecciona la opción de evaluar objetivo. Si las respuestas de la evaluación fueron correctas se realiza la actualización del Historial Académico del estudiante. Esta información también es utilizada para incorporar un nuevo caso exitoso a la Base de Casos. Cuando el resultado de la evaluación no es satisfactorio, se inicia un proceso de replanificación local donde se ejecuta nuevamente el proceso de planificación indicado en la funcionalidad anterior, pero esta vez se marca el OA que no fue suficiente para que el estudiante cumpliera con el objetivo y se obliga al sistema a que seleccione otro OA. La información de este fracaso también es registrada en la Base de Casos, permitiéndole al sistema aprender de las experiencias previas y se aplique con éxito la técnica de RBC.

La Figura 3 presenta el modelo entidad-relación del sistema desarrollado, el cual recoge la propuesta conceptual presentada. La estructura de la base de datos diseñada para almacenar la información que requiere el sistema, cuenta con un total de 9 tablas. Se puede observar que se almacenan los datos relacionados con cada estudiante, que es la información con la que se estructura su Perfil. También se almacena la información de los Cursos, los Objetivos Educativos, los Objetos de Aprendizaje y el Historial, con esta información y gracias a esta estructura es posible construir tanto el árbol genérico del curso, como el árbol personalizado. La Base de Casos corresponde a la tabla Caso.

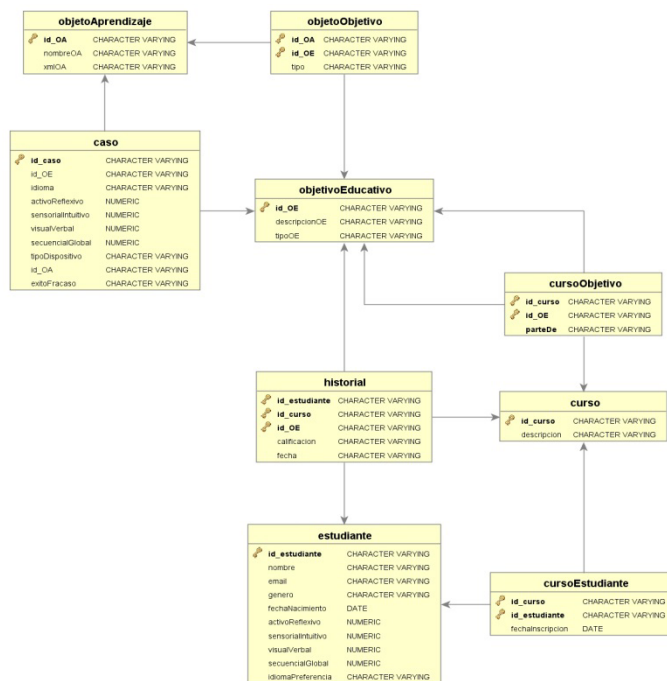


Figura 3. Diagrama Entidad-Relación de PeCoS-CBR

En la Figura 4 se presenta el Diagrama de Despliegue del sistema, donde se muestran los componentes que intervienen en su funcionamiento. Se trabajará con el gestor de bases de datos PostgreSQL y la aplicación se desarrollará con el lenguaje de programación PHP.

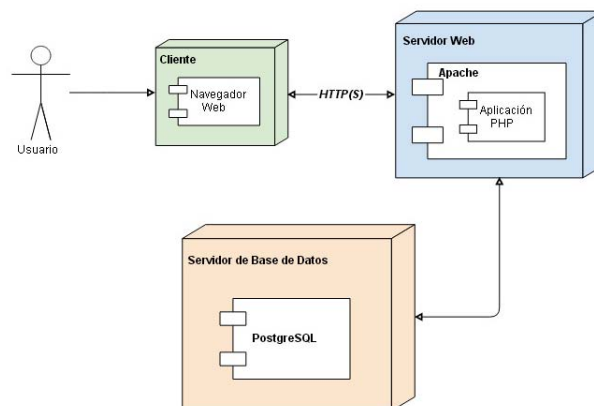


Figura 4. Diagrama de Despliegue de PeCoS-CBR

IV. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACION DE PECOS-CBR

El sistema fue implementado con herramientas libres y multiplataforma, lo que genera una gran ventaja ya que puede ser instalado en cualquier tipo de servidor y utilizado en diferentes ambientes.

PeCoS-CBR cuenta con un perfil de usuario docente quien se encarga de la configuración y seguimiento de los cursos que se brindan a través de la plataforma. Este usuario puede acceder a las opciones Registrar Curso, Consultar Curso, Ingresar OAs y Estudiantes. En la Figura 5 se presenta la interfaz que permite realizar el registro de un curso.

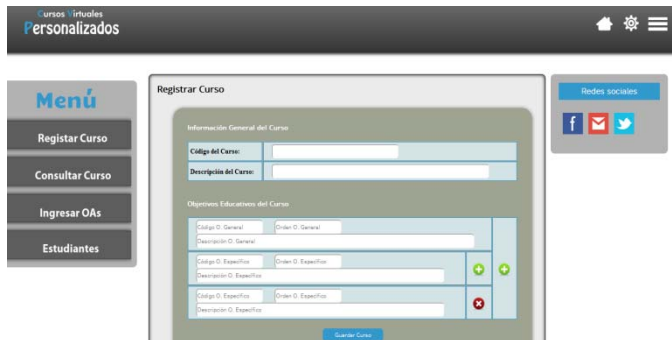


Figura 5. Interfaz para realizar la configuración inicial del curso

Por otro lado se tienen usuarios estudiantes, que serán aquellos que podrán acceder a los cursos y los contenidos educativos asociados. Los estudiantes pueden acceder a las opciones Mi Perfil, Mis Cursos, Mi Historial y Otros Enlaces.

Para que un estudiante pueda participar en un curso, primero debe registrarse en la plataforma a través del formulario de registro que aparece en la página inicial, donde se le solicita información personal y su preferencia en cuanto al idioma. Inmediatamente después de que se ha registrado, se le solicita que complete el Test de Estilos de Aprendizaje, con el fin de completar su perfil y de esta forma entregarle materiales adaptados. Sólo cuando ha diligenciado dicho test el estudiante podrá inscribirse a alguno de los cursos ofertados. En la Figura 6 se pueden ver las interfaces del sistema utilizadas para la captura del Perfil del Estudiante.



Figura 6. Interfaces para captura del perfil del estudiante

Después de generado el árbol personalizado del curso de acuerdo al perfil del estudiante, se le presenta la lista de los objetivos educativos a alcanzar. A través de esta lista se presenta un enlace para acceder al OA asociado y otro para acceder a la evaluación de cada Objetivo Específico. En la Figura 7 se puede visualizar la disposición de estos elementos.



Figura 7. Interfaz para visualización del contenido del curso

La validación de la propuesta se hace mediante el montaje en el sistema PeCoS-CBR de un curso de Bases de Datos a nivel de pregrado de un programa curricular en sistemas informáticos.

Lo primero que se hizo en el proceso de validación, fue definir el árbol genérico de los objetivos, el cual representa la estructura del curso. Se establecieron tres objetivos generales y a partir de éstos un total de 11 objetivos específicos. Después de definida la estructura del curso, se procedió al ingreso del material educativo y la asignación a cada objetivo específico. En total se trabajó con 30 OAs de diferentes tipos, con el fin de lograr una mayor adaptación a las características del perfil del estudiante. En promedio se utilizaron 3 OAs de diferente tipo por cada objetivo específico

Se le pidió a un grupo de 20 estudiantes que se registraran en la aplicación y diligenciaran la información relacionada con su perfil. A partir del que se generaron los árboles personalizados del curso. Inicialmente la Base de Casos se encuentra vacía por lo que la generación del curso se hace teniendo en cuenta las reglas de mapeo entre los metadatos y el perfil del estudiante.

Luego de varias interacciones de los usuarios con el curso, fue posible identificar la generación personalizada de cada uno de ellos, en la Figura 8 se muestra un ejemplo en el que se identifican los tipos de recursos entregados para el curso a un estudiante específico.



Figura 8. Plan de curso completo para un estudiante específico.

Al final podemos concluir que la plataforma logra generar un curso adaptativo a partir de la estructura del curso y reconociendo el perfil del estudiante.

La utilización de RBC en el sistema propuesto para la personalización de cursos virtuales, muestra sus amplias posibilidades, además el mecanismo utilizado para resolver el problema de casos no existentes, permitió que se obtuvieran nuevos casos en forma dinámica, a la vez que siempre se entregaba a los estudiantes OAs de acuerdo a su perfil y a los metadatos de dichos OAs.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En esta propuesta se muestra que es posible aplicar Técnicas de Inteligencia Artificial, en particular Razonamiento Casos en Casos (RBC), para el modelamiento e implementación de sistemas de generación de cursos personalizados, definiendo los componentes acordes con la estrategia de adaptación. La determinación de la estructura de los Casos, la forma de recuperación, adaptación, evaluación y almacenamiento definitivo en la Base de Casos, resultó exitoso y permitió entregar material educativo en forma individual a los estudiantes.

Como trabajo futuro se plantea la integración con Repositorios de Objetos de Aprendizaje, con el fin de que los recursos sean recuperados directamente a través del sistema, abriendo un espacio importante para la generación dinámica de cursos. Además se espera realizar la incorporación de variables adicionales en el Perfil del Estudiante.

REFERENCES

[1] I. Watson and F. Marir, "Case-Based Reasoning: A Review," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 9, no. 4, 1994.

[2] N. Martínez, M. M. García, and Z. Z. García, "Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando el

Razonamiento Basado en Casos," *Rev. Av. en Sist. e Informática*, vol. 6, no. 3, pp. 67–77, 2009.

[3] D. Rossillea, J. Laurentc, and A. Burguna, "Modelling a Decision-Support System for Oncology using Rule-Based and Case-Based Reasoning Methodologies," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 74, no. 2–4, 2005.

[4] A. M. da Rocha, V. Pereira dos Santos Jr., and S. Michelle, "Ambiente de Aprendizagem com Hipermedia Adaptativa," *Simpósio Escelência em Gestão e Tecnol.*, 2012.

[5] N. Martínez, M. M. García, Z. Z. García, and G. Ferreira, "El Paradigma del Razonamiento Basado en Casos en el Ámbito de los Sistemas de Enseñanza/Aprendizaje Inteligente," *Rev. Electrónica Tecnol. Educ.*, vol. 30, pp. 1–21, 2009.

[6] J. Jiménez, "Un Modelo de Planificación Instruccional usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multi-Agente para entornos integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje," *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*, 2006.

[7] L. A. Godoy, "Una revisión del programa de investigación sobre aprendizaje activo en un ambiente simulado desde la perspectiva de la educación en ingeniería," *Lat. Am. Caribb. J. Eng. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 61–75, 2009.

[8] P. Alves, L. Amaral, and J. Pires, "Case-based Reasoning Approach to Adaptive Web-Based Educational Systems," in *8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2008, pp. 260–261.

[9] H. Chorfi and M. Jemni, "PERSO: Towards an adaptative e-learning system," *J. Interact. Learn. Res.*, vol. 15, no. 4, pp. 433–447, 2004.

[10] P. Salcedo, "Inteligencia Artificial Distribuida y Razonamiento Basado en Casos en la Arquitectura de un Sistema Basado en el Conocimiento para la Educación a Distancia (SBC-ED)," *Ing. informática*, vol. 9, 2003.

[11] N. D. Duque, "Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados - Tesis Doctoral," *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*, 2009.

[12] C. C. Lizcano, "Plan Curricular," *Univ. St. Tomás. Terc. edición.*, 1998.

[13] Learning Technology Standards Committee, "IEEE Standard for Learning Object Metadata," *Inst. Electr. Electron. Eng. New York*, 2002.

[14] C. . Alonso, D. J. Gallego, and P. Honey, *Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de Diagnóstico y Mejora*, 4a Edición. 1999.

[15] J. Elorriaga, "Planificación de la Instrucción en Sistemas Tutoriales Inteligentes Evolutivos desde un Enfoque de Razonamiento Basado en Casos - Tesis Doctoral," *Universidad del País Vasco*, 1998.

[16] L. Lozano and J. Fernández, "Razonamiento Basado en Casos: Una Visión General," pp. 1–59, 2007.