
Entrega de Recursos Educativos Digitales Mediante Razonamiento Basado en Casos

Delivery of Digital Educational Resources Using Case-Based Reasoning

Néstor Darío Duque Méndez

Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales

Valentina Tabares Morales

Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales

Ricardo Azambuja Silveira

Universidade Federal de Santa Catarina

Resumen: La inteligencia artificial desde sus diferentes técnicas contribuye a todas las áreas del conocimiento, entre ellas la educación. Dentro de las posibilidades que ofrece se encuentra la de recuperación de información con algoritmos que mejoran los resultados obtenidos y dan versatilidad a las búsquedas. En el caso educativo, la obtención de recursos digitales, desde diversas fuentes a partir de requerimientos específicos de los usuarios encuentra en estas tecnologías una herramienta muy útil. Este trabajo presenta una propuesta basada en la técnica conocida como Razonamiento Basado en Casos (RBC), para la recuperación personalizada de recursos educativos digitales, almacenados en repositorios. La validación de la propuesta se hace mediante un caso de estudio donde se evalúa la relevancia de los materiales recomendados.

Palabras clave: Recuperación personalizada. Razonamiento Basado en Casos (RBC). Recursos Educativos Digitales

Abstract: Artificial intelligence from its different techniques contributes to all areas of knowledge including education. Among the possibilities offered is the recovery of information with algorithms that improve the results obtained and the versatility of the searches. In the educational case, the acquisition of digital resources, from diverse sources from specific requirements of the users find in these technologies a very useful tool.

This paper presents a proposal based on the technique known as Case-Based Reasoning (RBC), for the personalized recovery of digital educational resources, stored in repositories. The validation of the proposal is done through a case study where the relevance of the recommended materials is evaluated.

Keywords: Personalized recovery. Case-Based Reasoning (RBC). Digital Educational Resources

1 Introdução

El aprovechamiento de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) es un factor fundamental en las tendencias en los sistemas educativos y dado su dinamismo, son muchas las alternativas y objetivos reportados en la literatura, entre ellas gran impacto promete la personalización de componentes del proceso de enseñanza y aprendizaje, donde se adecuen las actividades a diversas características del estudiante (DUQUE, OVALLE, & JIMÉNEZ, 2007; SPECTOR, 2013).

Bajo este enfoque la inteligencia artificial ocupa un papel preferencial gracias a las posibilidades ofrecidas por algoritmos bioinspirados abriendo rutas para los procesos de adaptación. Son varios los trabajos reportados en bibliografía donde se aplican en diversas fases del proceso educativo y con resultados favorables (DUQUE, 2009).

Razonamiento Basado en Casos (RBC) es una de estas técnicas y se basa en replicar una situación común en los humanos, que parte de la idea que a problemas similares soluciones similares (ROSSILLEA, LAURENTC, & BURGUNA, 2005), en el caso presentado, se pretende ante estudiantes similares ofrecer actividades que hayan sido exitosas en el pasado.

El trabajo presentado plantea la recuperación de recursos educativos digitales usando la técnica de RBC, personalizando la misma a partir de elementos relevantes del perfil de estudiante, buscando atender sus necesidades y reconocer sus características específicas. A través del caso de estudio presentado es posible determinar que el modelo permite llegar a resultados prometedores, lo que constituye un aporte en la personalización de entornos como los repositorios de recursos educativos digitales.

El documento está organizado así: El apartado 2 presenta elementos conceptuales aplicados en la propuesta y en la sección 3 se hace una revisión de trabajos que aprovechan RBC en ambientes de enseñanza y aprendizaje. En la sección 4 se expone el enfoque y sistema planteado y a continuación se detalla el componente experimental, para finalizar con las conclusiones y opciones de trabajo a futuro.

2 Conceptos Previos

La técnica de inteligencia artificial denominada Razonamiento Basado en Casos - RBC (Case-Based Reasoning - CBR) intenta llegar a la solución de nuevos problemas de forma similar como lo hacen los seres humanos, utilizando la experiencia acumulada hasta el momento en acontecimientos similares (ROSSILLEA et al., 2005), es decir, situaciones parecidas tienen soluciones parecidas, recurriendo a soluciones exitosas.

A diferencia de otras técnicas que buscan aprovechar la forma en que se razona ante situaciones específicas, RBC no requiere de arduo entrenamiento o de codificar el conocimiento mediante reglas difíciles de construir. RBC solo necesita un conjunto de datos que relacionan los problemas con sus soluciones (ALVES, AMARAL, & PIRES, 2006), (ROLDAN, NEGNY, ROBLES, & LE LANN, 2015).

Una aplicación basada en RBC adquiere nuevo conocimiento de forma relativamente sencilla, porque únicamente requiere la incorporación de nuevos casos y su funcionamiento consiste en

identificar los rasgos relevantes que describen las situaciones, denominados casos (WATSON & MARIR, 1994), (KINSHUK, JEMNI, CHEN, & SPECTOR, 2016). Los casos exitosos son almacenados en la base de casos y como una opción para el reúso de las soluciones previas al resolver un problema, es posible almacenar casos que resultaron un fracaso, lo que permite advertir sobre problemas potenciales a futuro (MARTÍNEZ, GARCÍA, & GARCÍA, 2009).

El Caso, es la base de un sistema RBC y es el que contiene el conocimiento previo y las posibilidades de soluciones aplicadas en el pasado. La Figura 1 presenta un ejemplo donde se detallan sus componentes generales.

Figura 1 –Estructura de un caso.

CASO					
Rasgos Predictivos					Rasgos Objetivo
ID Caso	Rasgo 1	Rasgo 2	Rasgo ...	Rasgo n	

Fuente: elaborada por los autores.

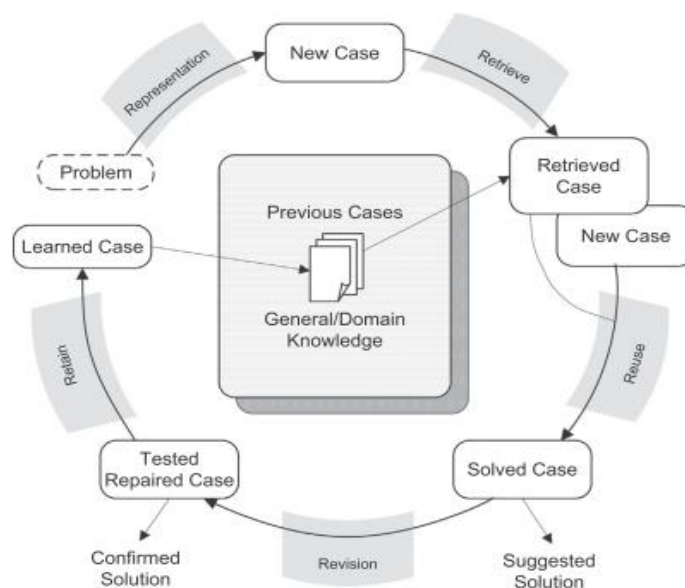
Sobre los casos se aplican diversas fases del proceso de razonamiento. La representación, indexado y almacenamiento de los casos son aspectos de gran importancia para hacer más efectivo y eficiente el proceso de búsqueda y comparación (ELORRIAGA & FERNÁNDEZ-CASTRO, 2000a, 2000b). Un caso se compone de rasgos o atributos descriptores que permiten definir el caso y uno o varios rasgos predictores que son la solución aplicada para resolver la situación en el pasado.

La base de casos actúa como memoria, el recuerdo se logra utilizando la recuperación basada en la similitud y las soluciones recuperadas se vuelven a utilizar. Los problemas resueltos recientemente pueden conservarse en la base de casos y, por lo tanto, la memoria puede crecer a medida que se resuelven los problemas. RBC reutiliza experiencias recordadas, donde la experiencia no necesita registrar cómo se llegó a la solución, simplemente la solución se usó para el problema (SHULTZ & FAHLMAN, 2017).

El proceso RBC resuelve un problema en un ciclo de cuatro fases, como se aprecia en la Figura 2 (ABDEL-AZIZ, STRICKERT, & HULLERMEIER, 2014; ALEXANDER & VADIM, 2011; ROLDAN REYES ET AL., 2015; SALAMÓ & LÓPEZ-SÁNCHEZ, 2011). A continuación, se explican brevemente cada una de las fases del proceso RBC, también conocido como 4R por las iniciales de sus nombres:

- **Recuperación (Retrieval):** Cuando llega un nuevo problema el sistema realiza búsqueda en la Base de Casos, de acuerdo a los rasgos predictores. Se encuentran los casos que más se parecen de acuerdo a métricas que miden el grado de similaridad. La métrica para determinar las distancias o similitudes depende del tipo de dato del atributo. Dentro de las medidas más utilizadas están la distancia euclidiana (datos numéricos) y la similitud de coseno (datos textuales).

Figura 2 –Ciclo de la técnica RBC.



Fuente: (Roldan Reyes et al., 2015)

- Reúso (Reuse): Después de seleccionar el caso con mayor valor de similitud o menor distancia respecto al caso problema, es posible que se requiera un ajuste en la solución histórica para adecuarla a las peculiaridades de la situación a resolver. Esta fase también es conocida como la fase de adaptación.
- Revisión (Revise): Cuando la solución se ha aplicado al nuevo problema se determina si el resultado es exitoso (revisión), para así tomar la decisión de almacenar o desechar la solución intentada.
- Almacenamiento (Retain): En esta última fase, se decide si se almacena o no en la base de casos la nueva experiencia, convirtiéndolo en un nuevo caso (con los rasgos del problema y de la solución). Si la solución no fue exitosa, es posible que se desee guardar la información necesaria para prevenir a futuro fracasos ante similares casos.

Como se puede apreciar, esta técnica tiene un alto potencial para apoyar procesos en diferentes áreas del conocimiento, resaltando las posibilidades de fácil implementación. Sin embargo generalmente se observan dos problemas en la aplicación de RBC: la definición de los atributos relevantes entre los diferentes tipos y la dificultad de obtener el pesos de los atributos apropiados por parte de expertos humanos (GU, LIANG, & ZHAO, 2017).

3 Trabajos Relacionados

RBC es una técnica que se ha aplicado con diferentes niveles de éxito en diversas partes de los procesos educativos, tanto administrativos como académicos. A continuación, una breve reseña de algunos trabajos importantes.

En (DUQUE, RODRÍGUEZ, & OVALLE, 2017) se propone un asistente personal inteligente destinado a ayudar a los usuarios a seleccionar material educativo desde repositorios de objetos de aprendizaje. Los autores manifiestan que se implementó un sistema de

recomendación basado en la técnica de inteligencia artificial conocida como razonamiento basado en casos (CBR). La posibilidad de aprovechar los resultados previos de estudiantes con características similares permite mejorar la relevancia de los materiales para cada alumno en particular. Los resultados de las pruebas funcionales son satisfactorios, afirman.

En (KHAMPARIA & PANDEY, 2017) se discute un método novedoso que se ha desarrollado para la representación y recuperación de casos en RBC, como parte de un sistema de aprendizaje electrónico, que se basa en diversas características del estudiante. En el enfoque propuesto se integran redes neuronales artificiales (ANN) con Data mining (DM) y RBC. ANN se utiliza para encontrar la relación entre las características del alumno y el rendimiento del aprendizaje, DM para generar reglas de clasificación para los resultados del aprendizaje, que se utilizan además para generar casos para la base de casos y CBR para el razonamiento. Este sistema ayuda a entregar a los estudiantes el contenido del curso con diferentes niveles de dificultad, de acuerdo con sus características. El resultado reporta que el sistema entrega el material de aprendizaje al alumno según su necesidad y los ayuda a mejorar su aprendizaje.

En trabajo presentado en (SHULTZ & FAHLMAN, 2017), a los alumnos se les presenta una serie de narraciones que pueden usarse para guiar la resolución de sus problemas y el estudiante se enfrenta a identificar y recuperar el caso óptimo para resolver un nuevo problema. Con el fin de ayudar a los aprendices, los autores proponen un sistema de recomendación integrado a la base de casos, para respaldar el proceso de toma de decisiones sobre qué caso es más relevante para resolver el nuevo problema. El sistema integra un filtrado basado en contenido, que recomienda elementos similares a los que un usuario ha seleccionado en función de las descripciones de los elementos u otros datos de usuario.

En (MORENO, DUQUE, & TABARES, 2014) se presenta el diseño y construcción de PeCoS-CBR una herramienta basada en RBC para el modelamiento e implementación de sistemas de generación de cursos personalizados, definiendo los componentes acordes con la estrategia de adaptación que se utiliza. Los autores manifiestan resultados halagadores en la entrega de material educativo en forma individual a los estudiantes.

En (TARONGÍ, 2010) se exponen experiencias de aplicación de la técnica de RBC en procesos educativos como el enfoque de Shen y otros (2003), que utilizan algoritmos para clasificar a los estudiantes dependiendo de sus acciones y así descubrir reglas de asociación entre puntos de conocimiento; utilizan RBC para personalizar la interacción de los alumnos. Los casos reflejan un conjunto de preguntas y sus correspondientes respuestas, de forma que ante una nueva pregunta de un alumno, se seleccionan las N preguntas más similares y se le entregan las respuestas al estudiante (SHEN, HAN, & YANG, 2003).

En (PEREIRA DOS SANTOS, 2010) se expone un ambiente de aprendizaje para apoyo a la enseñanza basado en redes neuronales y RBC. La técnica de RBC personaliza la interfaz acorde con el nivel del conocimiento del usuario y la técnica de Redes Neuronales distribuye las cantidades de objetos multimedia para la presentación del material. RBC decide cual contenido será ofrecido (detalles básicos o avanzados) para cada unidad de enseñanza y selecciona el material más adecuado para el alumno. La métrica de similitud usada fue el vecino más cercano (KNN). Los resultados aprovechando RBC permiten una doble adaptación (nivel y

presentación), y ayuda a mejorar el aprendizaje (da ROCHA, PEREIRA DOS SANTOS JR., & MICHELLE, 2012).

En Martínez y otros (2009), los autores concluyen que RBC es una alternativa adecuada para obtener eficientemente la representación del Modelo del Estudiante e inferir estrategias de aprendizaje, soportado en un modelo de RBC para el desarrollo de sistemas de enseñanza/aprendizaje. Los casos representan el estado del conocimiento y comportamiento del estudiante, así como el material didáctico más adecuado (MARTÍNEZ, GARCÍA, GARCIA, & FERREIRA, 2009).

Salcedo (2003), presenta un Sistema Basado en Conocimiento para educación a distancia (SBC-ED) que utiliza agentes inteligentes y RBC, permitiendo la creación y seguimiento de cursos personalizados a través de Internet con muy buena capacidad de adaptación de los cursos desarrollados, al permitir la elección dinámica de actividades que persiguen el objetivo de aprendizaje a lograr. Un Agente Pedagógico genera la estrategia educativa apoyado en un razonamiento basado en el caso más efectivo acorde a sus características (SALCEDO, 2003).

En tesis de Maestría, Ribeiro Lima, propone la aplicación y validación de un modelo de un Sistema Tutorial Inteligente con tutorías y acompañamiento al estudiante durante un curso virtual utilizando RBC para orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje, fomentando el intercambio de experiencias entre alumno-tutor-alumno, apoyando el aprendizaje colaborativo. El dominio es representado por FAQ Frequently Asked Questions (FAQ) como la base de casos. Para recuperar los casos, se utilizó una técnica de Recuperación de Información conocida como Modelo de Vector, donde los vectores son formados por pesos que son dados a los términos más relevantes de los casos de la base, así como para los términos más relevantes de la duda del alumno. El cálculo del coseno entre estos vectores proporciona la similitud entre la duda y los casos (RIBEIRO, 2004).

Tabla 1 – Resumen de trabajos relacionados.

Trabajo	Selección de Material educativo	Repositorios de OA	Integrado a Búsquedas	Estilo de Aprendizaje	Resolución Problemas	Personaliza Interfaz	Otras
(N. Duque, Rodríguez, & Ovalle, 2017)	X	X		X			Sistema de recomendación
(Khamparia & Pandey, 2017)	X						Nivel de dificultad
(Shultz & Fahlman, 2017)					X		
(Moreno, Duque, & Tabares, 2014)	X			X			
(Tarongí, 2010)							Preguntas Respuestas
(Pereira dos Santos, 2010)	X					X	
(Martínez, García, García, & Ferreira, 2009)	X						Estado de conocimiento
Salcedo (2003)							Elección de actividades
(Ribeiro, 2004)							Preguntas respuestas

Fuente: elaborada por los autores.

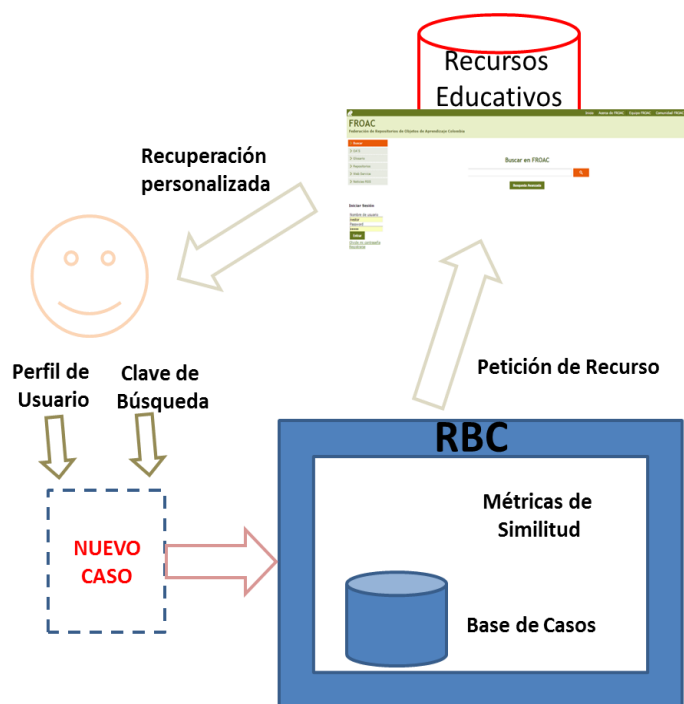
A partir de la revisión mostrada en esta sección, se puede apreciar que RBC es una técnica que ha sido utilizada con diferentes enfoques en ambientes educativos, sacando fruto de la posibilidad de usar la experiencia exitosa en el pasado para atender nuevas situaciones en el proceso de aprendizaje. El trabajo presentado en este artículo se diferencia en la definición de los casos, que refleja el perfil psicopedagógico de los estudiantes y las selecciones previas de los materiales educativos almacenados en repositorios de objetos de aprendizaje y descritos por metadatos estándares, lo que da mayor versatilidad y la posibilidad de ser utilizado en diferentes ambientes. La entrega personalizada de recursos educativos relevantes y reusables en un valor agregado de la propuesta. La validación de la propuesta se realiza en una Federación de Objetos de Aprendizaje, donde se puede disponer de un mayor número de objetos y las búsquedas pueden arrojar algunos resultados poco pertinentes.

4 Propuesta

Retomado enfoques diversos y experiencias de otros autores se desarrolló la propuesta de un modelo para la entrega de recursos educativos digitales mediante RBC, con el fin de incluir características particulares del usuario durante el proceso de recuperación del material educativo almacenado en un repositorio.

La Figura 3 presenta gráficamente los componentes y el proceso llevado a cabo para la entrega de recursos educativos digitales almacenados en un repositorio, de acuerdo a un tema concreto de búsqueda, utilizando el perfil del estudiante y aprovechando la técnica de Razonamiento Basado en Casos para entregar recursos que fueron adecuados para usuarios con perfiles similares.

Figura 3 –Modelo basado en RBC para recuperación personalizada de Recursos Educativos.



Fuente: elaborada por los autores.

El Perfil del Estudiante se compone de las características relevantes del alumno para el aprovechamiento de los recursos educativos. En primer lugar, se incluye el Estilo de Aprendizaje, característica relevante en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se refiere a rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje. Los autores en (MENDÉZ, MORALES, & VICARI, 2016) abordan el tema de la relación que existe entre el perfil del estudiante y los recursos educativos, lo que es representativo al momento de inicializar la base de casos.

En esta propuesta los casos además del identificador contienen los rasgos predictivos compuestos por la palabra clave usada para la búsqueda, las categorías de los estilos de aprendizaje propuestas por Felder y Silverman; y el identificador de recurso educativo como rasgo objetivo o solución al problema. Para los estilos de aprendizaje se asignan para cada categoría establecidos en el Inventario de Felder que son los números impares entre -11 y 11, por lo tanto, para la primera categoría que es activo/reflexivo si se tiene un valor de 7 indicaría que el estudiante tiene una mayor tendencia reflexiva. La estructura del caso se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2 –Estructura de un Caso para la propuesta.

Rasgos Predictivos						Rasgo Objetivo
Id Caso	Palabras Clave	Activo/ Reflexivo	Sensorial/ Intuitivo	Visual/ Verbal	Secuencial/ Global	ID Recurso Educativo

Fuente: elaborada por los autores.

Al momento que un estudiante registrado solicita recursos educativos asociados con un tema, representado por la cadena de búsqueda (Palabras Clave), el sistema obtiene su perfil desde el modelo de estudiante y con estos datos se conforma el nuevo caso y se dispara el módulo RBC, donde se aplican las fases de la técnica.

En la fase de Recuperación de RBC se hace la evaluación de similitud entre el nuevo caso y los casos almacenados que se refieren a esta clave de búsqueda. El caso que mayor similitud tenga será seleccionado y se obtiene el identificador del recurso (Rasgo Objetivo). Con esto se envía la petición al repositorio donde se encuentran almacenados los recursos. Particularmente se menciona la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia - FROAC (<http://froac.manizales.unal.edu.co/>) donde se ha implementado y probado el modelo propuesto.

El cálculo de similitud se realiza aplicando la Distancia Euclidiana (medida de disimilitud) mostrada en la ecuación 1, donde un valor menor representa una mayor similitud entre los valores analizados. Después de calcular la similitud entre el caso en análisis y los casos que coincidan con la meta educativa se determina el más similar y se selecciona el recurso educativo de ese caso.

$$DistanciaEuclidiana(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (1)$$

En la fase de Reúso de RBC se entrega la lista de recursos educativos digitales que fueron seleccionados durante la etapa de recuperación, sin realizar cambios o adaptaciones sobre estos recursos. El estudiante puede interactuar con estos recursos e indicar si de acuerdo a su percepción fueron relevantes en su proceso de formación. Esta información es utilizada en la fase de almacenamiento para determinar si se almacenará como un nuevo caso.

5 Caso de Estudio

La propuesta presentada se implementó en la federación de repositorios de objetos de aprendizaje FROAC, ofreciendo al estudiante, al momento de su primer ingreso a la plataforma, el test para clasificación de estilos de aprendizaje de Felder (FELDER, et al, 1988). En la interacción del estudiante con FROAC, en la búsqueda y recuperación de recursos educativos según palabras claves, se captura la información y se compone en forma automática los casos previos.

Con el fin de explicar el funcionamiento del sistema, en la Tabla 3 se muestran algunos casos desde la base de casos del sistema implementado. Como se dijo, estos casos se van almacenando de acuerdo a las actividades de los estudiantes durante su interacción con el sistema.

Tabla 3 –Casos en la Base de Casos

ID Caso	5	16	25	28	31	...
Palabras Clave	Algoritmos	Modelo E-R	Inteligencia Artificial	RBC	TCP	...
Activo/Reflexivo	3	3	-5	-1	-9	...
Sensorial/Intuitivo	-1	-7	-5	-1	3	...
Visual/Verbal	-5	-1	-3	-1	-5	...
Secuencial/Global	3	3	-3	1	1	...
ID Recurso Educativo	34	68	123	4	18	...

Fuente: elaborada por los autores.

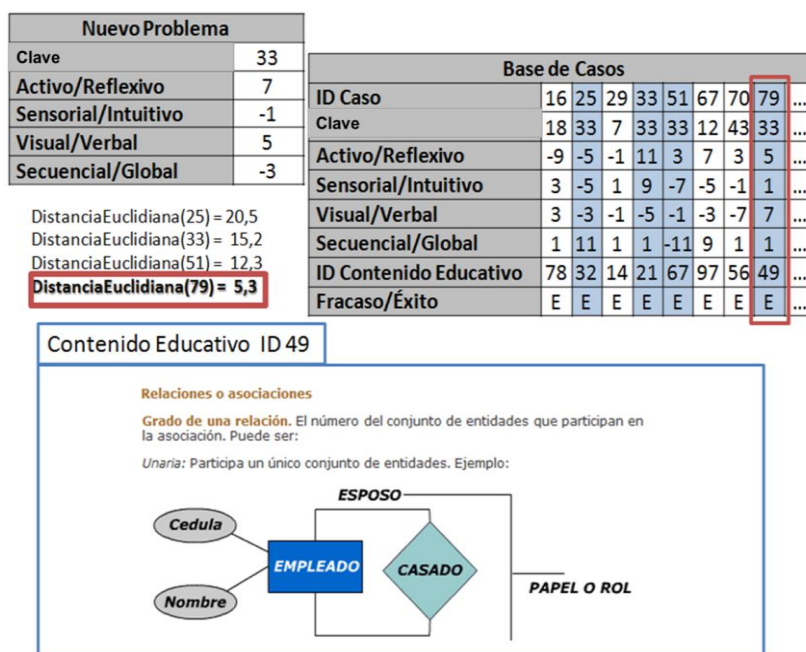
Cuando un estudiante solicita objetos de aprendizaje mediante una búsqueda, el sistema intenta encontrar soluciones buenas en casos similares.

En la Figura 4 se muestra el proceso de recuperación para un problema específico, con algunos de los casos analizados con sus respectivas medidas de similaridad. Se puede observar que la Distancia Euclidiana solo es calculada para según los diferentes rasgos. Después de

establecer el caso que tiene una menor distancia se selecciona el recurso educativo identificado con el número 49.

Las pruebas realizadas determinaron que el sistema realiza la recuperación aprovechando las experiencias pasadas y reutilizando las soluciones exitosas almacenadas en la base de casos, obteniendo recursos que se adaptan al perfil del estudiante.

Figura 4 – Recuperación personalizada de recursos basada en RBC.



Fuente: elaborada por los autores.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

Ante la cantidad de material digital, alguno que puede ser usado con fines educativos, se requiere aplicar herramientas que entreguen al estudiante recursos relevantes para su interés particular y preferiblemente asociados a sus características específicas. Esta propuesta aprovecha la versatilidad de la técnica del Razonamiento Basado en Casos para el proceso de personalización de la entrega de recursos educativos obtenidos desde una Federación de Objetos de Aprendizaje.

El aporte del trabajo presentado en este artículo se fundamenta en el reconocimiento del perfil psicopedagógico de los estudiantes y de los metadatos de los materiales educativos almacenados en repositorios de objetos de aprendizaje para la entrega personalizada de recursos educativos relevantes. La validación de la propuesta se realiza en una Federación de Objetos de Aprendizaje, donde se puede disponer un mayor número de objetos y las búsquedas pueden arrojar algunos resultados poco pertinentes.

Las pruebas realizadas con estudiantes previamente clasificados, generaron diferentes casos según las particularidades de los aprendices y ante claves de búsqueda diversas. Estos casos

fueron utilizados para la recuperación de soluciones similares en búsquedas nuevas, obteniéndose resultados prometedores.

Como trabajo futuro se plantea ampliar el perfil de estudiante y evaluar otras medidas de similitud, en particular para rasgos con contenido alfanúmerico.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el proyecto titulado "Modelo Orientado a la Accesibilidad y Adaptatividad en Repositorios y Federaciones de Recursos Educativos Digitales", con código 35806 financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- Abdel-Aziz, A., Strickert, M., & Hullermeier, E. (2014). Learning Solution Similarity in Preference-Based CBR. In *Case-Based Reasoning Research and Development*.
- Alexander, E., & Vadim, V. (2011). Common Sense Reasoning in Diagnostic Systems. In *Practice and Challenges from Current to Future, Chiang Jao (Ed.)* (pp. 99–120).
- Alves, P. a, Amaral, L., & Pires, J. a. (2006). Domus Tutor: a Cbr Tutoring Agent for Student Support. *International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, (Celda)*, 391–395.
- da Rocha, A. M., Pereira dos Santos Jr., V., & Michelle, S. (2012). Ambiente de Aprendizagem com Hipermídia Adaptativa. *Simpósio de Escelência Em Gestão E Tecnologia*.
- Duque, N. D. (2009). *Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados - Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Duque, N., Ovalle, D., & Jiménez, J. (2007). Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente. *Revista Avances En Sistemas E Informática*, 4(1), 39–46.
- Duque, N., Rodríguez, P., & Ovalle, D. (2017). Intelligent Personal Assistant for Educational Material Recommendation Based on CBR. In P. Novais, A. Costa, & V. Julian (Eds.), *Personal Assistants: Emerging Computational Technologies* (pp. 113–131). Springer. <https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-62530-0>
- Elorriaga, J., & Fernández-Castro, I. (2000a). Evaluation of a Hybrid Self-improving Instructional Planner. *International Workshop on Advanced Learning Technologies*.
- Elorriaga, J., & Fernández-Castro, I. (2000b). Using Case-Based Reasoning in Instructional Planning. Toward a Hybrid Self-improving Instructional Planner. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11.
- Felder, R., Silverman, L., M., F. R., & K., S. L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education*, 78(7), 674681.
- Gu, D., Liang, C., & Zhao, H. (2017). A case-based reasoning system based on weighted heterogeneous value distance metric for breast cancer diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*, 77, 31–47. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2017.02.003>
- Khamparia, A., & Pandey, B. (2017). A novel method of case representation and retrieval in CBR for e-learning. *Education and Information Technologies*, 22(1), 337–354. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9447-8>
- Kinshuk, Huang, R., Jemni, M., Chen, N.-S., & Spector, J. M. (2016). *Ubiquitous Learning Environments and Technologies*. (Kinshuk, R. Huang, M. Jemni, N.-S. Chen, & J. M. Spector, Eds.) (Lecture No). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44659-1>
- Martínez, N., García, M., Garcia, Z., & Ferreira, G. (2009). El paradigma del razonamiento basado en casos en el ámbito de los sistemas de enseñanza/aprendizaje inteligentes. *Revista Electronica de Tecnologia Educativa*, 30, 1–21.

- Martínez, N., García, M. M., & García, Z. Z. (2009). Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando el Razonamiento Basado en Casos. *Revista Avances En Sistemas E Informática*, 6(3), 67–77.
- Mendéz, N. D. D., Morales, V. T., & Vicari, R. M. (2016). Learning Object Metadata Mapping with Learning Styles as a Strategy for Improving Usability of Educational Resource Repositories. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(2), 101–106. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2554038>
- Moreno, R., Duque, N., & Tabares, V. (2014). PeCoS-CBR... Personalized Courses System with Case-Based Reasoning. *IEEE Explorer, Computing*. <https://doi.org/10.1109/ColumbianCC.2014.6955357>
- Pereira dos Santos, V. (2010). *Um Ambiente de Aprendizagem Inteligente com Hipermedia Adaptativa para Apoio ao Ensino*. Universidade Do Vale Do Itajaí.
- Ribeiro, D. (2004). *Uso da FAQ como Base de Casos em um Sistema Tutor Inteligente*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Roldan Reyes, E., Negny, S., Cortes Robles, G., & Le Lann, J. M. (2015). Improvement of online adaptation knowledge acquisition and reuse in case-based reasoning: Application to process engineering design. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 41, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.01.015>
- Rossillea, D., Laurentc, J., & Burguna, A. (2005). Modelling a Decision-Support System for Oncology using Rule-Based and Case-Based Reasoning Methodologies. *International Journal of Medical Informatics*, 74(2–4).
- Salamó, M., & López-Sánchez, M. (2011). Adaptive case-based reasoning using retention and forgetting strategies. *Knowledge-Based Systems*, 24(2), 230–247. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2010.08.003>
- Salcedo, P. (2003). 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). *Ingeniería Informática*, 9.
- Shen, R., Han, P., & Yang, F. (2003). Data Mining and Case-based Reasoning for Distance Learning. *International Journal of Distance Education Technologies*, 1(3), 46–58.
- Shultz, T. R., & Fahlman, S. E. (2017). *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7687-1>
- Spector, J. M. (2013). Emerging Educational Technologies and Research Directions The 2011 Horizon Report. *Educational Technology & Society*, 16(2), 21–30.
- Tarongí, V. (2010). *Sistema Tutor Inteligente Adaptativo para Laboratorios Virtuales y Remotos*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Watson, I., & Marir, F. (1994). Case-Based Reasoning: A Review. *The Knowledge Engineering Review*, 9(4).

Recebido em agosto de 2017

Aprovado para publicação em novembro de 2017

Néstor Darío Duque Méndez

Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Colômbia, ndduqueme@unal.edu.co

Valentina Tabares Morales

Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Colômbia, vtabaresm@unal.edu.co

Ricardo Azambuja Silveira

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, ricardo.silveira@ufsc.br