





TecnoLógicas
ISSN-p 0123-7799
ISSN-e 2256-5337
Vol. 23, No. 47, pp. 229-242
Enero-abril de 2020

Artículo de investigación/Research Article

TecnoLógicas

Sistema basado en reglas para la generación personalizada de curso virtual

Rules-Based System for Personalized Virtual Course Generation

Néstor Darío Duque-Méndez  ¹,
Demetrio Ovalle-Carranza ² y,
Ángela Carrillo-Ramos ³

Recibido: 03 de septiembre de 2019

Aceptado: 05 de diciembre de 2019

Cómo citar / How to cite

N. D. Duque-Méndez, D. Ovalle-Carranza, Á. Carrillo-Ramos, “Sistema basado en reglas para la generación personalizada de curso virtual”, *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 47, pp. 229-242, 2020.
<https://doi.org/10.22430/22565337.1494>

© Instituto Tecnológico Metropolitano
Este trabajo está licenciado bajo una
Licencia Internacional Creative
Commons Atribución (CC BY-NC-SA)



- ¹ PhD. en Ingeniería, Departamento de Informática y Computación, Universidad Nacional de Colombia, Manizales- Colombia, ndduqueme@unal.edu.co
- ² PhD. en Informática, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Universidad Nacional de Colombia, Medellín- Colombia, dovalle@unal.edu.co
- ³ PhD. en Informática, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá- Colombia, angela.carrillo@javeriana.edu.co

Resumen

Desde los albores de la incorporación de las TIC en los ambientes educativos, en concreto en los procesos de enseñanza y aprendizaje, se abrían expectativas sobre las posibilidades de la educación individualizada, en ambientes versátiles, en los que se reconocieran las particularidades de los estudiantes. A pesar de que existen diversos acercamientos a estas situaciones, en ocasiones están sujetos a plataformas o aplicaciones específicas. Un sistema adaptativo debe definir los componentes ajustados de acuerdo con determinantes específicos, en particular las características en el perfil del estudiante y los elementos contextuales, y, además, definir un mecanismo para dicha adaptación. El presente trabajo expone una propuesta para la generación de cursos virtuales personalizados, soportada en la separación de la estructura del curso y los recursos educativos que apoyan las actividades educativas y potenciadas, con un sistema de reglas de producción que determinan los recursos educativos a entregar en cada momento, guiadas por las características incluidas en el modelo del estudiante. El enfoque metodológico responde a la definición sistémica de la estrategia de adaptación, que exige hacer explícito los determinantes, los componentes y las técnicas de adaptación, con base en DSR. La versatilidad de la propuesta radica en que puede ser enriquecida con nuevos elementos o con variaciones de las características en el perfil del estudiante, al tomar diferentes modelos en estilos de aprendizaje y la categorización de características personales, académicas o contextuales, en tanto que se vean reflejadas en el proceso de adaptación. El resultado final evidencia que el modelo propuesto permite entregar un plan de curso diferente, con actividades personalizadas, de acuerdo con las características del estudiante y su contexto.

Palabras clave

Generación personalizada, sistemas adaptativos, reglas de adaptación, cursos virtuales.

Abstract

Since the dawn of the incorporation of ICTs into educational environments, specifically into teaching and learning processes, there have been expectations about the possibilities of individualized education in versatile environments that acknowledge students' particularities. Although several studies have examined these situations, they are sometimes subjected to specific platforms or applications. An adaptive system must define the components to be adjusted according to specific determinants, in particular, the characteristics of the students' profile and contextual elements, and also establish a mechanism for the adaptation. This paper proposes a system to generate customized virtual courses based on the separation of the structure of the course from the educational resources that support the educational activities. Such system is enhanced with production rules that determine the educational resources to be delivered at each moment guided by the characteristics in the student's model. This methodological approach responds to the systemic definition of the adaptation strategy, which requires making the determinants, components and adaptation techniques explicit based on DSR. The proposed system is versatile because it can be enriched with new elements or variations of the attributes in the student profile, taking different models in learning styles and the categorization of personal, academic, or contextual characteristics reflected in the adaptation process. The result shows that the proposed model can provide a different course plan, with personalized activities, according to students' characteristics and context.

Keywords

Customized generation, adaptive systems, adaptation rules, virtual courses.

1. INTRODUCCIÓN

Como en todos los campos, en los procesos educativos, las TIC han generado cambios, desafíos y retos. En los ya lejanos años setenta, se esperaba que las TIC en procesos de enseñanza y aprendizaje se reflejaran, casi de forma automática, en ambientes personalizados que reconocieran las características, preferencias y necesidades de cada estudiante en particular; omitieran los temas cubiertos o las competencias ya adquiridas; facilitaran que el aprendiz fuera a su ritmo; generaran varias secuencias instructivas y aprovecharan estrategias multimodales [1], [2]. A pesar de los impactos innegables de las TIC en los procesos educativos, aún están abiertos espacios, que a la vez son reclamos en la comunidad académica y expectativas tanto de los profesores como de los estudiantes. Según el estado de arte y las actividades de la comunidad, los sistemas adaptativos y los sistemas pedagógicos inteligentes tienen un importante espacio entre las tendencias en los sistemas de educación virtual, relacionado con temáticas de vanguardia en las investigaciones en este campo [3]-[7]. Incluso se plantea que estos enfoques suponen una disrupción educativa, porque presumen un cambio drástico en los soportes y métodos [8].

En particular, se puede resaltar el Reporte Horizon, que identifica y describe las tecnologías emergentes que tendrán un impacto significativo en la educación superior próximamente. En los últimos años, se ha incluido en los retos que deben enfrentar las tecnologías de aprendizaje adaptativo, que se refieren a aquellas tecnologías que controlan el progreso del estudiante, para lo cual utilizan datos para modificar su formación en cualquier momento y “se ajustan de manera dinámica al nivel o tipo de contenido del curso, basándose en las habilidades de un individuo, de manera que se acelere el rendimiento del alumno tanto con

intervenciones automatizadas como de la mano de un docente” [9].

Para enfrentar los procesos de personalización se debe determinar cuáles son las características de los usuarios que tienen particularidades y desean satisfacer de manera individualizada sus necesidades de información, a fin de que el servicio se brinde de manera ajustada a sus características y las de su entorno.

Igualmente, es necesario determinar cómo se verán reflejados estos elementos del perfil en los componentes del ambiente y precisar una estrategia de adaptación que involucre los aspectos mencionados, para lo cual se deben definir reglas o disparadores que gestionen el proceso.

Como se aprecia, son las características del estudiante —en algunas ocasiones las de su entorno— las que deben guiar el proceso de personalización. Sin embargo, es importante tener presente que son muchas las características y condiciones de los estudiantes que influyen de diferente manera en los logros esperados en el proceso educativo [9].

Este artículo se enfoca en una propuesta para la creación de cursos o módulos personalizados, soportados en una estrategia expresa de adaptación, que reconozca aquellas características del alumno relevantes para el proceso de aprendizaje, a partir de la intención del proceso educativo, que se verá reflejada en los logros de aprendizaje esperados.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: la sección siguiente se enfoca en exponer algunos conceptos y propuestas de sistemas adaptativos; en el Apartado 3, se presenta la propuesta conceptual; a continuación, se expone la presentación del prototipo que valida la propuesta y se finaliza con las conclusiones y los trabajos futuros.

2. SISTEMAS ADAPTATIVOS EN EDUCACIÓN

La adaptación o personalización de un sistema se aplica en los procesos para ajustar las características del sistema, reconocer el usuario y su contexto y buscar alcanzar alguna meta específica.

Son posibles dos enfoques: la adaptatividad o personalización, un proceso automático de adaptación, es decir, controlado por el sistema. Por otro lado, la adaptabilidad permite que el usuario configure el sistema a su gusto, o sea, este es un proceso manejado por el usuario.

Entonces, se puede entender la adaptatividad del sistema como la capacidad para adaptar dinámicamente su conducta a los requerimientos y necesidades del usuario [10].

En [11] se concluye que, al evaluar las contribuciones de la literatura científica sobre las experiencias en el aprendizaje adaptativo, a partir de una amplia revisión de trabajos, hay grandes espacios abiertos que se orientan a reconocer diferentes teorías psicológicas.

La enseñanza individualizada busca adaptar los contenidos a entregar y las estrategias pedagógicas que orientan el proceso, soportada en las particularidades del estudiante. Esto requiere el modelado de cada alumno y la definición de las variables de tipo cualitativo y cuantitativo que reflejan sus características.

La adaptación debe hacerse mediante una determinada estrategia, lo que implica definir los aspectos a adaptar, las condiciones para esa adaptación, los objetivos que se persiguen y la forma en que se hará [12], [13].

Un elemento principal de los sistemas adaptativos es el modelo del estudiante, compuesto de los conocimientos, metas, intereses y otras características permanentes y no permanentes que permiten al sistema distinguir entre diferentes usuarios [14]. Una revisión del estado del arte arroja diversas visiones en

estos aspectos, entre los cuales, el factor común es un modelo de alumno basado en su nivel de aprendizaje, lo que guía el proceso de selección del contenido a presentar. Algunos trabajos utilizan ciertas características psicológicas y psicopedagógicas que son capturadas por medio de un formulario diligenciado [15].

En este sentido, en [16] se exploran los rasgos de la personalidad, el estilo de aprendizaje, la satisfacción y su correlación con los resultados educativos, en un escenario de aprendizaje combinado que involucra diversas estrategias de aprendizaje, lo que arroja resultados satisfactorios de la relación planteada [16].

Más recientemente se incluyen características vinculadas con el contexto (ubicación, condiciones ambientales, dispositivos, etc.) [17], [18], [19], [4], o alternativas como Open Student Modeling (OSM) [4].

En [14] se resumen las tecnologías de adaptación de sistemas en web, así: selección adaptativa de contenidos, soporte de navegación adaptativa y presentación adaptativa. No obstante, la adaptación también puede verse en otros momentos del proceso educativo y la personalización puede orientarse hacia la secuencia del currículo, el soporte adaptativo a tareas colaborativas, al análisis inteligente de soluciones, a la recuperación inteligente de información y a la evaluación personalizada [13].

En [13] se plantea que un aspecto importante a tener en cuenta es la necesidad de personalizar la educación, mediante la organización de los contenidos temáticos de un curso, de acuerdo a las características de cada individuo que asume el rol de estudiante y provee los recursos, con base en las necesidades personales y contextuales de cada estudiante. Los autores presentan una plataforma basada en agentes para la planificación dinámica, inteligente y adaptativa de actividades, aplicada a la educación personalizada. En [20] se expone

un *framework* para adaptar la presentación de contenido a las preferencias de los alumnos, incluso aquellos con discapacidades sensoriales, lo que mejora las condiciones de aquellos que se sienten insatisfechos y frustrados.

En [21], se hace una revisión de diferentes trabajos con variados enfoques tendientes a definir elementos conceptuales sobre los procesos de personalización en ambientes de aprendizaje.

3. PROPUESTA PARA PERSONALIZACIÓN DE CURSOS

Con base en las experiencias previas, se adoptó la Metodología Design Science Research (DSR), cuyo principio fundamental es que el conocimiento, la comprensión de un problema y su solución se adquieren en la aplicación y construcción de un artefacto. Para la propuesta, el artefacto es el modelo presentado.

Para la aplicación de DSR, y acorde con [22], la metodología se adecuó según lo presentado en la Tabla 1.

En la Fig. 1 se muestra, en términos generales, el sistema propuesto y se definen los diferentes componentes que reflejan el enfoque planteado. Como se aprecia, el curso, el módulo o la temática educativa, se expresan mediante la jerarquía y composición de objetivos educativos o competencias a generar y están separados de los recursos educativos que soportan las actividades. Por otro lado, se encuentra el perfil o modelo del estudiante, que incluye diferentes características permanentes o no permanentes del aprendiz. Finalmente, el mecanismo que soporta la estrategia de adaptación es un sistema de reglas de producción que selecciona los recursos educativos a partir de las características del estudiante.

A continuación, se referencia brevemente cada uno de los componentes, los cuales se combinan armónicamente para lograr el objetivo propuesto.

Tabla 1. Método de aplicación de DSR. Fuente: elaboración propia.

Paso	Salida
Identificación del problema	¿Qué componentes debe tener un modelo para para la generación personalizada de cursos virtuales?
Consciencia del problema, revisión sistemática de literatura	Definición de los elementos que involucra una estrategia de adaptación
Identificación de los artefactos y configuración de las clases de problemas	Componentes al incluir. Artefacto: Modelo
Proposición de artefactos para resolución de un problema específico	Modelo para la generación personalizada, soportada en la estrategia de adaptación
Proyecto del artefacto seleccionado	Diseño detallado. Técnica a utilizar para en la estrategia: sistemas de reglas
Desarrollo del artefacto	Desarrollo prototipo
Evaluación del artefacto	Pruebas con estudiantes-Éxito: Cursos diferenciados
Conclusiones	Resultados de la investigación, fortaleza del enfoque
Comunicación de los resultados	Publicación en revistas, seminarios y conferencias

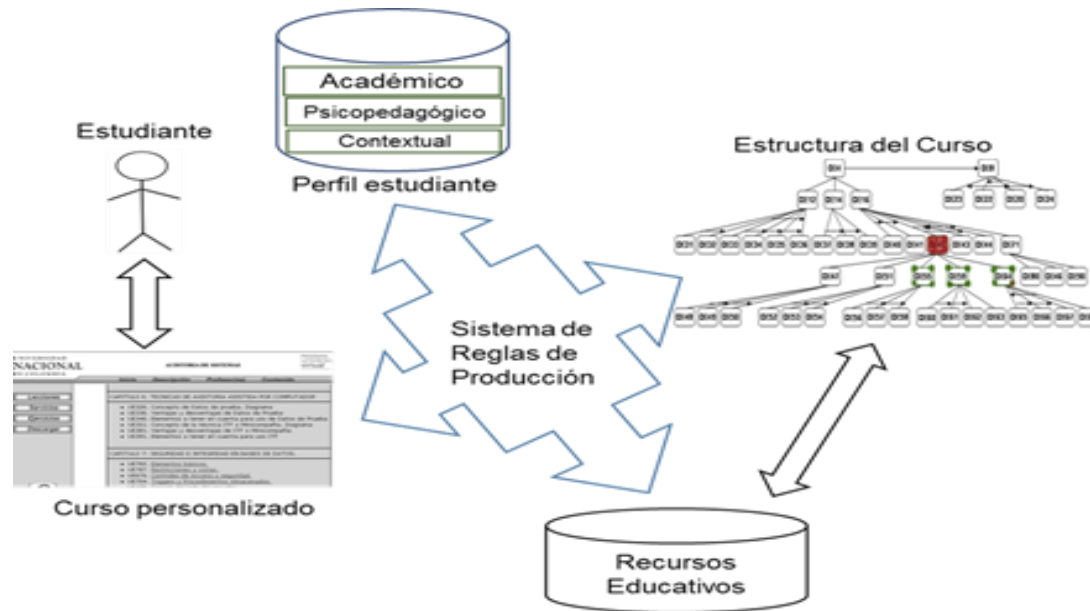


Fig. 1. Diagrama de la propuesta. Fuente: elaboración propia.

3.1 Estructura del curso o módulo

La versatilidad del sistema propuesto se obtiene con la separación entre la estructura de curso (relaciones entre componentes, nodos u objetivos educativos) y los recursos educativos disponibles. Lo anterior permite la fácil actualización del dominio del curso y que el proceso de adaptación pueda darse mediante una estrategia genérica y que la reutilización de materiales educativos tenga cabida.

Un elemento diferenciador de la propuesta es el reconocimiento de que el proceso educativo tiene una intencionalidad que lo guía y se plasma en los logros educativos a obtener, lo que se concreta en una estructura de curso, no expresada en términos de materiales de enseñanza, sino en los objetivos educativos o competencias a desarrollar.

La estructura se representa como un grafo acíclico, como se aprecia en la Fig. 1, en la que los nodos simbolizan los objetivos de aprendizaje y los arcos las relaciones entre ellos. El paso entre estos se consigue con acciones basadas en los recursos educativos que permiten obtener esos logros.

3.2 Perfil o modelo del estudiante

El modelo del estudiante en ambientes educativos comprende todas aquellas características del alumno que son relevantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, así como su interrelación.

Los atributos del estudiante que son relevantes en el desempeño académico y guían el proceso de adaptación del sistema pueden ser cognitivos, académicos, metacognitivos, psicopedagógicos (estilo de aprendizaje, capacidades intelectuales: lógico, matemático, lingüístico, etc.), psicológicos, afectivos, situaciones no permanentes (estados de motivación o emocionales, atención, cansancio, etc.), atributos permanentes y estáticos (género, lengua madre, raza, etc.) y características ambientales, referidas a aspectos como el entorno (brillo, nivel del ruido de fondo, clima, estrato, ubicación geográfica, etc.), contextuales (dispositivos de salida, tipo de conexión, tipo de sistema) y el ambiente social (profesor, colegas, etc.). Diversos autores integran o separan estos elementos en diferentes categorías. La Fig. 2 agrupa los elementos del perfil del estudiante, a

partir de la revisión bibliográfica y presentada en [23].

La revisión teórica y la experiencia han demostrado que un factor psicopedagógico de gran importancia en el proceso de enseñanza aprendizaje es el Estilo de Aprendizaje. En [24] se plantea que está probado que los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña con sus estilos de aprendizaje predominantes.

Las personas tienen preferencias hacia unas determinadas estrategias cognitivas que les ayudan a dar significado a la nueva información [21]. Para [25], impulsores del modelo VARK, la experiencia indica que los estudiantes son mucho más exitosos si desarrollan un rango de estrategias de

estudio basado en sus preferencias psicopedagógicas [25]. Trabajos recientes muestran que los mecanismos adaptativos construyen el modelo de usuario basado en estilos de aprendizaje con el fin de adaptar la presentación y la navegación propuestas a los diferentes estilos de aprendizaje y los objetivos educativos de los estudiantes [26]. Con base en la revisión de 51 estudios recientes, [27] concluye que los sistemas *e-learning* y las aplicaciones desarrolladas en estos entornos han derivado en un número creciente de investigaciones que buscan la integración de los estilos de aprendizaje y sistemas de aprendizaje adaptativo.

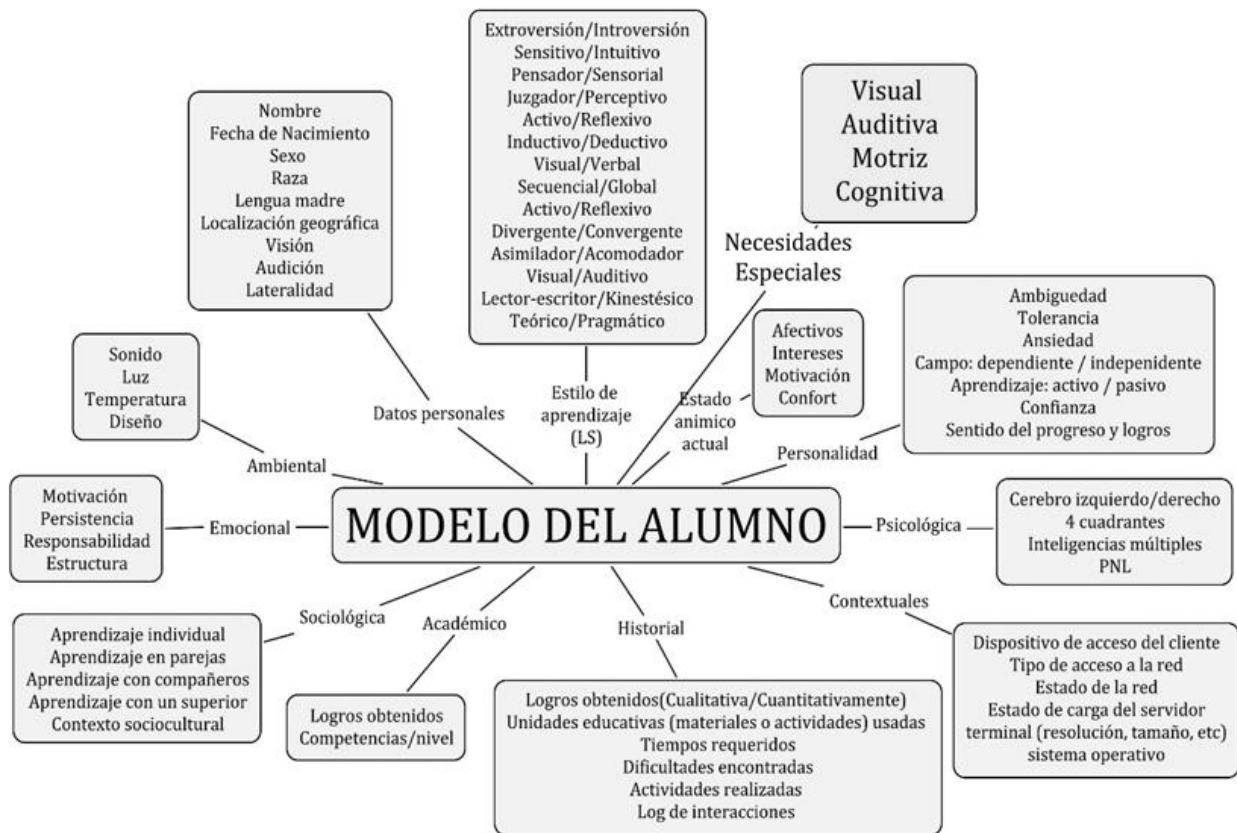


Fig. 2. Componentes en modelo de estudiante. Fuente: [23].

Para la aplicación práctica de la propuesta, se ha optado por la clasificación de estilos de aprendizaje de Fleming, que reconoce cuatro variables: Visual, Auditivo, Lector-Escritor, cinestésico (VARK) y la Felder con sus dimensiones duales Activo/Reflexivo, Sensitivo/Intuitivo, Visual/Verbal y Secuencial/Global. Dado que la propuesta es abierta y permite la definición armónica de los componentes, se pueden elegir diferentes modelos de estilos de aprendizaje, con la condición de que se mantenga la consistencia y concordancia entre los metadatos de los recursos educativos y el perfil del aprendiz.

Las variables del perfil académico del estudiante deben ser incorporadas en términos de los objetivos educativos o competencias logradas.

Las características contextuales permiten que el sistema reconozca elementos particulares en el momento de la selección del recurso educativo. A diferencia de trabajos previos [28], se incluyen los elementos contextuales en el perfil del estudiante y se hace referencia tanto a las características de la interacción del usuario con el sistema, como a elementos de conectividad y dispositivos, entre otros.

Para la construcción y mantenimiento del modelo del estudiante, se recurre a [29] que exponen una revisión de las metodologías usadas para la obtención, actualización y clasificación de los estados de las características de los estudiantes.

Estas, a su vez, se clasifican en de Alta Fidelidad y Baja Fidelidad. Así mismo, podría ser interesante incluir dentro del modelo de estudiante otros factores como su tendencia de comportamiento, su personalidad y aspectos tanto del contexto de uso como del contexto educativo, que pueden influir en su proceso de aprendizaje [30].

3.3 Recursos educativos digitales

Son materiales digitales aprovechados en procesos de enseñanza y aprendizaje.

Poseen diferentes formatos y diversa organización, lo que permite atender al estudiante desde los contenidos planteados como y la personalización de los mismos.

Para el Ministerio de Educación de Colombia, un Recurso Educativo Digital (RED) es todo tipo de material que tiene una intencionalidad y finalidad enmarcada en una acción educativa, cuya información es digital, y se dispone en una infraestructura de red, que permite y promueve su uso, adaptación, modificación o personalización [31].

El proceso de selección se basa en los metadatos asociados, los cuales son una extensión de LOM (Learning Object Metadata), tal vez el estándar más reconocido para etiquetar recursos educativos. Algunos de los metadatos utilizados son: el identificador (id) del material, el objetivo o competencia que apoya, el tipo de recurso educativo (Learning Resource Type), el Nivel de Interactividad (Interactivity Level) y el Tipo de Interactividad (Interactivity Type).

Para apoyar la selección según el tipo de dispositivo, se incluyen metadatos de la categoría técnica como el formato y el tamaño del recurso.

Una particularidad propuesta es la propensión por su baja granularidad, lo que faculta su reutilización en diferentes áreas temáticas o cursos y posibilita una adaptación más fina. No obstante, esto depende de la correspondencia con la granularidad de los objetivos educativos.

3.4 Sistema de reglas de producción

Los sistemas de reglas de producción son uno de los mecanismos de representación del conocimiento más populares y ampliamente empleados en sistemas inteligentes. Así mismo, son la base exitosa de muchos sistemas expertos.

Estas reglas permiten inferir a partir de premisas que se cumplan. En ambientes educativos, los sistemas de reglas han mostrado sus posibilidades [32], [20].

Para el sistema propuesto, este módulo es el encargado del proceso de entrega personalizada de los recursos educativos en el marco del curso.

Como se aprecia en la Fig. 3, la tarea de adaptación debe definir, por un lado, los elementos relevantes del perfil del estudiante que determinan la personalización y, por otro lado, los elementos a adaptar (recurso educativo personalizado), por lo cual, el dominio del curso debe ser representado de tal forma que pueda ser adaptado según las necesidades de los aprendices. La automatización de este proceso requiere y exige una estrategia clara de adaptación que conjugue estos elementos mediante reglas o algoritmos que, al ponderar las necesidades y metas expresadas, entreguen un curso personalizado a cada estudiante [33].

Para la selección del recurso educativo, el primer paso es la escogencia del subconjunto de competencias u objetivos a cubrir en el curso, con base en la formación previa evaluada. Se selecciona un objetivo de aprendizaje, para lo cual se debe respetar la estructura del curso (prerrequisitos, correquisitos, etc.). Luego,

se recupera la preferencia de idioma y se determina el tipo de dispositivo desde el cual se accede al sistema.

Posteriormente, el sistema de producción ejecuta las reglas que se cumplan para la selección del recurso educativo específico. En el caso de que varias reglas se cumplan —lo que se traduce en poder ofrecer varios recursos—, se selecciona aquella que contenga mayor detalle en el antecedente, lo que expresa un mejor nivel en la personalización, pues incluye mayores variables del perfil del estudiante. Los demás recursos, ofrecidos por las demás reglas validas, pueden dejarse como opcionales para el estudiante.

Las estrategias pedagógicas consisten en una serie de actividades a las que se pueden asociar recursos. Todas las actividades van encaminadas a cumplir uno o más objetivos pedagógicos.

Las reglas, que en la práctica concretan la estrategia de adaptación, relacionan los datos del curso, del perfil del estudiante y de los recursos educativos, para ir generando un plan de curso personalizado.

Los antecedentes de las reglas incluyen los valores de características del estudiante como estilo de aprendizaje, las competencias obtenidas, las preferencias y el tipo de dispositivo.

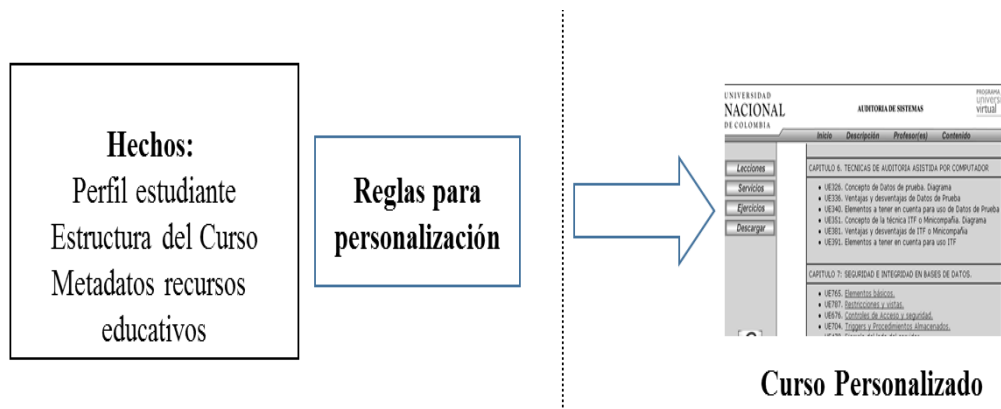


Fig. 3. Proceso de personalización. Fuente: elaboración propia.

A manera de ejemplo, a continuación, se presentan algunas guías para construir las reglas, relacionadas con los estilos de aprendizaje:

—Para un estudiante de perfil Kinestésico-Global:

- (*Learning ResourceType: selfAssessment ∨ exercise ∨ problemStatement ∨ simulation*)
- ∧
- (*InteractivityLevel: medium ∨ high ∨ very high*)
- ∨
- (*InteractivityType: Active ∨ Mixed*)

—Para un estudiante de perfil Lector-Global

- (*LearningResourceType: narrativeText ∨ presentation*)
- ∧
- (*InteractivityLevel: medium ∨ high*)
- ∨
- (*InteractivityType: Expositive ∨ Mixed*)

Que, finalmente, en el sistema se construyen así:

```

If (Learning_Style=Visual-sequential
and Idioma=Español
and device=tablet)
Then
(
Language=Sp
and
(
Learning Resource Type= (simulation)
or
Learning Resource Type
(questionnaire) or
Learning Resource Type (diagram) or
Learning Resource Type (slide)
)
and
(
Interactivity Level (medium) or
Interactivity Level (high)
)
)

```

```

and
(
Interactivity Type (Active) or
Interactivity Type (Mixed)
)

```

El contexto determina el recurso que se debe recomendar para un estudiante específico, ya que algunas de sus características podrían entrar en conflicto, por ejemplo, su gusto con respecto al recurso y su estilo de aprendizaje.

A manera de explicación, si el estudiante está en un aula de clase, el objetivo pedagógico estaría orientado a seleccionar recursos basados en su estilo de aprendizaje. En el caso de estar en un ambiente informal como un cineforo, la selección se basaría en sus gustos.

Las reglas anteriores serían modificadas por una decisión previa, así:

```

If context=class
Then
If (Learning_Style=Visual-sequential)
Then
(
Learning Resource Type=
(simulation) or
Learning Resource Type
(questionnaire) or
Learning Resource Type
(diagram) or
Learning Resource Type (slide)
)
and
(
Interactivity Level (medium) or
Interactivity Level (high)
)
Else
If (preference=movie)
Then
Learning Resource Type (video)

```

Cuando un estudiante ingresa por primera vez al sistema, su modelo está vacío y, entre las dos posibilidades para su inicialización (cuestionario explícito o

asunciones por defecto), se opta por cuestionarios simples y concretos.

A continuación, se presenta el prototipo desarrollado con el fin de validar el sistema.

4. PROTOTIPO PARA VALIDAR LA PROPUESTA

Al aplicar la propuesta conceptual desarrollada en la sección anterior, se construyó un prototipo completamente funcional que permite la entrega de recursos educativos personalizados en el marco de un curso virtual, del cual se ha definido previamente la estructura.

El sistema fue diseñado como una aplicación 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, los servidores se pueden instalar tanto en ambientes Windows como Linux y permiten el acceso desde cualquier cliente como un navegador web.

En este sistema experimental, se ha montado el modelo del estudiante planteado anteriormente, en constante interacción con el componente de

adaptación y acorde con los elementos del curso.

En la Fig. 4 se muestra la interfaz de la plataforma, a la que el estudiante registrado en un curso puede ingresar para obtener el plan personalizado. En el caso de un usuario nuevo, debe hacer previamente algunos test, gracias a los cuales, se pueden definir las características de su perfil.

La validación del modelo propuesto se mide a partir de su ejecución y el sistema permite diferenciar a los estudiantes y entregar un plan de curso diferente, con actividades personalizadas. Se determinaron ocho posibles perfiles diferentes al ingresar al sistema. Para conocer el efecto estas adecuaciones, se vincularon doce estudiantes que cubrían los ocho perfiles y, a través de una simple encuesta, se indagó acerca de su nivel de satisfacción con el tipo de actividad entregada y la importancia de la personalización. El 90 % manifestaron que el curso personalizado era acorde a sus preferencias y era motivante. Los resultados obtenidos son ampliamente satisfactorios y un incentivo para futuros trabajos.

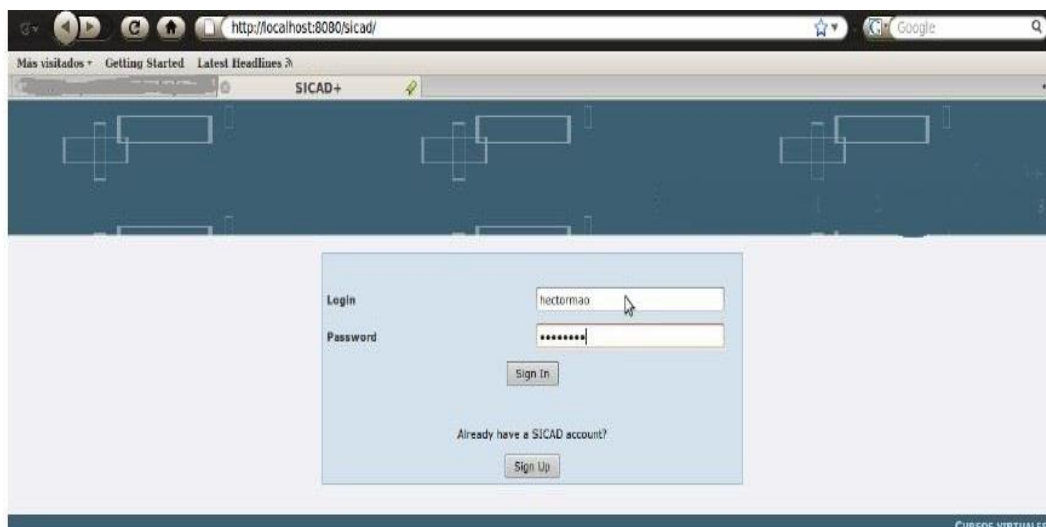


Fig. 4. Resultado de la aplicación de la propuesta. Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha podido identificar la importancia que tiene un modelo de usuario — específicamente, del estudiante— que abarque los aspectos que representen las características de mayor influencia en el proceso educativo. Pero, para que la adaptación sea permanente, se requiere que los cambios en el estudiante y en el ambiente o las preferencias sean reconocidas e incorporadas para los procesos de generación y replanificación de los cursos.

El proceso planteado en este artículo es válido para la definición de un curso en términos de objetivos inmediatos o uno orientado a la formación por competencias.

Entre las ventajas de la propuesta está la versatilidad, pues esta puede ser enriquecida con nuevos elementos o con variaciones de las características en el perfil del estudiante, mediante la elección de diferentes modelos en estilos de aprendizaje y la categorización de características personales y académicas o contextuales, mientras que se vean reflejadas en el proceso de adaptación.

El resultado final evidencia que el modelo propuesto permite entregar un plan de curso diferente, con actividades personalizadas, de acuerdo con las características del estudiante y su contexto.

Los retos de los sistemas orientados al aprendizaje adaptativo están relacionados con la posibilidad de incluir el componente pedagógico en la estrategia de adaptación y proveer recursos y actividades diferenciadas para garantizar la personalización.

En todos los casos, el papel del docente y el pedagogo es fundamental, pues son ellos quienes definen la estructura del curso y las estrategias pedagógicas y determinan los parámetros importantes en las reglas de adaptación que guían el proceso de personalización.

Desarrollos como el planteado en este trabajo exigen la cooperación interdisciplinaria entre las tecnologías de la información y las ciencias humanas (psicología, sociología, pedagogía), en un fuerte diálogo de saberes, con el fin de definir y afinar los diferentes factores que pueden llevar al éxito.

Como trabajos futuros se plantea el diseño e implementación de mecanismos para la actualización automática del modelo del estudiante y el desarrollo de algoritmos de transformación para permitir la adecuación automática de los recursos, según las características del usuario.

Actualmente, se adoptan técnicas de inteligencia artificial y minería de datos para dar mayor potencia a los algoritmos utilizados.

6. AGRADECIMIENTOS

Este producto corresponde al proyecto “Fortalecimiento docente desde la alfabetización mediática Informacional y la CTel, como estrategia didáctico-pedagógica y soporte para la recuperación de la confianza del tejido social afectado por el conflicto”, con código SIGP 58950 del programa “Reconstrucción del tejido social en zonas de pos-conflicto en Colombia”, con código SIGP 57579, financiado por el Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas con contrato n.º 213-2018.

7. CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaramos explícitamente que no existe ningún posible conflicto de intereses, ya sea financiero, profesional o personal, que pueda influir inapropiadamente en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

8. REFERENCIAS

- [1] A. Peña, "La investigación científica en México. Estado actual, algunos problemas y perspectivas.," *Perfiles Educ.*, no. 67, pp. 1–10, 1995, Disponible en: [URL](#)
- [2] S. Eraut, "Un método de sistemas instructivos en el desarrollo del curso", en *Psicología de la educación: aprendizaje y enseñanza, textos básicos*, vol. 1, E. Stones (ed.). Madrid: Ediciones Morata, 1970, 357.
- [3] J. Moreno Cadavid, "Reference model for adaptive and intelligent educational systems supported by learning objects," (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Colombia, Medellín 2012. Disponible en: [URL](#)
- [4] P. Brusilovsky, S. Somyurek, J. Guerra, R. Hosseini, V. Zadorozhny, y P. J. Durlach, "Open Social Student Modeling for Personalized Learning," *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 4, no. 3, pp. 450–461, Jul. 2016. <https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2501243>
- [5] J. Martín-Gutiérrez, C. Efrén-Mora, B. Añorbe-Díaz y A. González-Marrero, "Virtual Technologies Trends in Education," *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 2, Jan. 2017. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>
- [6] S. Martin, G. Diaz, E. Sancristobal, R. Gil, M. Castro, y J. Peire, "New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 3, pp. 1893–1906, Nov. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.003>
- [7] J. Bermúdez- Hernández, C. Salim, J. Valencia-Arias, A. Valencia, "Research Trends in the Study of ICT Based Learning Communities: A Bibliometric Analysis", *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 5, 1539-1562, May. 2017. [URL](#)
- [8] L. García Aretio, "Educación a distancia y virtual: calidad, disrupción, aprendizajes adaptativo y móvil," *RIED. Rev. Iberoam. Educ. a Distancia*, vol. 20, no. 2, pp. 9-25, Jul. 2017. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.18737>
- [9] S. Adams Becker, M. Cummins, A. Davis, A. Freeman, C. Hall Giesinger y V. Ananthanarayanan, "Informe Resumen Horizon Edición 2017 Educación Superior", Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de formación del profesorado (Intef), España, 2017. Disponible en: [URL](#)
- [10] A. Sandro Gomes, F. J. Lopes Moreira y F. Kelsen de Oliveira, "WAVE2 2019 Pre-Text Elements and Committees", en *Workshop on Advanced Virtual Environments and Education*, Florianópolis, 2019. Disponible en: [URL](#)
- [11] A. Bartolomé, L. Castañeda y J. Adell, "Personalisation in educational technology: the absence of underlying pedagogies", *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 15, no. 14, Apr. 2018. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0095-0>
- [12] C. Karagiannidis, A. Koumpis y C. Stephanidis, "Deciding 'What', 'When', 'Why', and 'How' to Adapt in Intelligent Multimedia Presentation Systems", en *12th European Conference on Artificial Intelligence, Workshop "Towards a standard reference model for Intelligent Multimedia Presentation Systems"*, Budapest, 1996. Disponible en: [URL](#)
- [13] N. Duque-Méndez y D. Ovalle, "Artificial Intelligence Planning Techniques For Adaptive Virtual Course Construction", *Rev. DYNA*, vol. 78, no. 170, pp. 70-78, Dec. 2011. Disponible en: [URL](#)
- [14] P. Brusilovsky, "From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web," en *Berichte des German Chapter of the ACM*, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2003. pp.21-24. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80058-9_3
- [15] H. M. González- Gutiérrez, *Modelo dinámico del estudiante en cursos virtuales adaptativos utilizando técnicas de inteligencia artificial* (Tesis de Maestría), Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia, Medellín 2009. [URL](#)
- [16] T. Vasileva-Stojanovska, T. Malinovski, M. Vasileva, D. Jovevski y V. Trajkovik, "Impact of satisfaction, personality and learning style on educational outcomes in a blended learning environment", *Learn. Individ. Differ.*, vol. 38, 127-135, Feb. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.01.018>
- [17] J. Pavlich-Mariscal et al., "Dynamic Adaptive Activity Planning en Education: Implementation and Case Study", en *Computer Supported Education*, Cham: Springer, Cham, 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29585-5_7
- [18] D. H. Lee y P. Brusilovsky, "Improving personalized recommendations using community membership information", *Inf. Process. Manag.*, vol. 53, no. 5, pp. 1201-1214, Sep. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2017.05.005>
- [19] R. Hosseini y P. Brusilovsky, "A study of concept-based similarity approaches for recommending program examples", *New Rev. Hypermedia Multimed.*, vol. 23, no. 3, pp. 161-188, Aug. , 2017. <https://doi.org/10.1080/13614568.2017.1356>

- [20] S. El Janati, A. Maach y D. El Ghanami, "SMART Education Framework for Adaptation Content Presentation", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 127, pp. 436-443, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.141>
- [21] M. García García, "Cómo personalizar la educación. Una solución de futuro", *Rev. Complut. Educ.*, vol. 19, n.º 1, pp. 227-229, Mar. 2008. Disponible en: [URL](#)
- [22] A. Dresch, D. Lacerda y J. Antunes-Junior, *Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia. Bookman*, 2015. <https://doi.org/10.13140/2.1.2264.2885>
- [23] N. D. Duque-Méndez, *Modelo Adaptativo Multi-Agente para la planificación y ejecución de cursos virtuales personalizados* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009. Disponible en: [URL](#)
- [24] C. Alonso, D. Gallego, P. Honey., *Los Estilos de Aprendizaje. Procedimientos de Diagnóstico y Mejora*, 7a ed. Bilbao: Ediciones Mensajero. 2006. Disponible en: [URL](#)
- [25] N. Fleming y D. Baume, "Learning Styles Again: VARKing up the right tree!", *Educ. Dev.*, vol. 7, no. 4, pp. 4-7, Nov. 2006. Disponible en: [URL](#)
- [26] I. Karagiannis y M. Satratzemi, "An adaptive mechanism for Moodle based on automatic detection of learning styles", *Educ. Inf. Technol.*, vol 23, no, 3, pp. 1331-1357, Nov. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9663-5>
- [27] H. M. Truong, "Integrating learning styles and adaptive e-learning system: Current developments, problems and opportunities", *Comput. Human Behav.*, vol. 55, part B, pp. 1185-1193, Feb. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.014>
- [28] A. Carrillo-Ramos *et al.*, "IAM: Modelo Integrado de Adaptación", *Rev. Av. en Sist. e Informática*, vol. 6, no. 3, Dec. 2009. Disponible en: [URL](#)
- [29] R. S. J. d Baker, A. T. Corbett y A. Z. Wagner, "Human Classification of Low-Fidelity Replays of Student Actions", en *Proceedings of the Educational Data Mining Workshop at the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Jhongli, 2006, 29-36. Disponible en: [URL](#)
- [30] M. Y. Uribe Rios *et al.*, *ASHYI: EDU 1.0 Planificador dinamico, inteligente y adaptivo de actividades para entornos academicos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2013. Disponible en: [URL](#)
- [31] Ministerio de Educación Nacional, *Recursos Educativos Digitales Abiertos Colombia*. Bogotá: Graficando Servicios Integrados, 2012. Disponible en: [URL](#)
- [32] H. A. Tabares-Ospina, D. A. Monsalve-Llano, y D. Diez-Gomez, "Modelo de sistema experto para la selección de personal docente universitario," *TecnoLógicas*, no. 30, pp. 51-70, Jun. 2013. <https://doi.org/10.22430/22565337.87>
- [33] N. D. Duque-Méndez, V. Tabares-Morales, y R. M. Vicari, "Learning Object Metadata Mapping With Learning Styles as a Strategy for Improving Usability of Educational Resource Repositories," *IEEE Rev. Iberoam. Technol. del Aprendiz.*, vol. 11, no. 2, pp. 101-106, May. 2016. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2554038>