



Implementación y validación de una arquitectura para un entorno virtual adaptativo

Implementation and validation of an architecture for an adaptive virtual environment

CARDONA Torres, Sergio Augusto [1](#); VALENCIA Castrillón, Martha Luz [2](#) y JARAMILLO Valbuena, Sonia [3](#)

Recibido: 23/10/2019 • Aprobado: 10/02/2020 • Publicado: 27/02/2020

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Arquitectura de referencia](#)
 - [3. Metodología de investigación](#)
 - [4. Resultados](#)
 - [5. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

En esta investigación se presenta la implementación y validación de una arquitectura para un entorno virtual adaptativo, la cual permite el diagnóstico de estilos de aprendizaje y del nivel de competencia de los estudiantes, variables a partir de las cuales es posible personalizar recursos y actividades de aprendizaje. La integración tecnológica se representa mediante una arquitectura de extensión para Moodle y la integración con los componentes de un sistema adaptativo, fundamentado en cuatro modelos: instrucción, dominio, estudiante y de adaptación.

Palabras clave: arquitectura de software, modelo de estudiante, modelo de adaptación, sistema adaptativo

ABSTRACT:

This research presents the implementation and validation of an architecture for an adaptive virtual environment, which allows the diagnosis of learning styles and the level of competence of students; variables from which it is possible to customize resources and learning activities. Technological integration is represented by an extension architecture for Moodle and the integration with the components of an adaptive system, based on four models: instruction, domain, student and adaptation.

Keywords: software architecture, student model, adaptation model, adaptive system.

1. Introducción

El diseño e implementación de sistemas adaptativos educativos, permite establecer escenarios personalizados acorde a las necesidades de aprendizaje y características de los estudiantes (Faddouli, Falaki, Idrissi, & Bennani, 2011). Generalmente la personalización en ambientes educativos considera aspectos de perfil personal (Cardona, 2017), elementos de perfil académico (Vélez, 2009), (Mendoza, 2015) o aspectos relacionados con el proceso educativo (Chrysafiadi & Virvou, 2012), (Jeremić, Jovanović, & Gašević, 2012). Así mismo, para la personalización se contemplan aspectos relacionados con: estilos de aprendizaje (Schiaffino, Garcia, & Amandi, 2008), (Dorça, Lima, Fernandes, & Lopes, 2013), (Lo, Chan, & Yeh, 2012), (Ozyurt, Ozyurt, Baki, & Guven, 2012), aspectos cognitivos de los estudiantes (Lo et al., 2012), aspectos emocionales (Popescu, Trigano, & Badica, 2007), (Muñoz, Kevitt, Lunney, Noguez, & Neri, 2011),

características psicológicas (Conejo, Millán, Pérez, & Trella, 2001), elementos metacognitivos de incidencia en el aprendizaje (Chrysafiadi & Virvou, 2013), aspectos motivacionales (Muñoz et al., 2011), elementos de evaluación adaptativa (Badaracco & Martínez, 2011), (Toledo, Mezura, & Cruz, 2013), diagnóstico del nivel de conocimiento (Aguilar & Kaijiri, 2007), (Chatzopoulou & Economides, 2010), (Grubiši, Stankov, & Žitko, 2013) e interacción del estudiante en plataformas virtuales (Antal & Koncz, 2011), (Jeremić et al., 2012).

Las características utilizadas para la adaptación muestran una tendencia hacia la personalización del proceso de aprendizaje en entornos en línea, y mediante la cual se busca hacer frente a la heterogeneidad de los estudiantes durante su proceso de formación. A nivel de desarrollo tecnológico, la personalización o adaptación se puede materializar a nivel de presentación (Ahmad, Basir, & Hassanein, 2004), contenidos (Paramythis & Loidl-reisinger, 2004), actividades y secuencia de aprendizaje (De Bra et al., 2003), (Brusilovsky, 2004), (Ahmad et al., 2004), (Popescu et al., 2007). La personalización de la presentación corresponde a los elementos de diseño visual y presentación gráfica de los componentes de interacción, mediante los cuales el sistema es accesible y usable. La adaptación del contenido corresponde a la información del estudiante de acuerdo a las necesidades de aprendizaje y a su nivel de conocimiento. La adaptación de las actividades de aprendizaje establece el conjunto de acciones a realizar por el estudiante de acuerdo a un diseño instruccional. También se identifica la creación adaptativa de grupos para el trabajo colaborativo (Popescu et al., 2007), (Burgos, Santos, & Fernández, 2007) y la evaluación adaptativa (Toledo et al., 2013) con base en la teoría de respuesta al ítem.

La revisión sistemática de trabajos relacionados en el área de los sistemas adaptativos educativos y la personalización, permitió determinar que la variable proceso de evaluación, no necesariamente ha sido considerada para individualizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Se identifican trabajos que soportan procesos de evaluación electrónica (Lazarinis, Green, & Pearson, 2010), a nivel del proceso del diagnóstico del nivel de conocimiento (Gouli, Kornilakis, Papanikolaou, & Grigoriadou, 2001), (Aguilar & Kaijiri, 2007), (Chatzopoulou & Economides, 2010), del logro de competencia de los estudiantes (Faddouli et al., 2011), la implementación de portafolios electrónicos (Vaca, Agudo, & Rico, 2013) y la aplicación nuevos tipos de evaluación en el aprendizaje como la autoevaluación o la coevaluación (Sung, Chang, Chiou, & Hou, 2005).

Una de las tecnologías que soportan procesos de formación en línea son los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS), los cuales son utilizados para la gestión de cursos virtuales. Es frecuente que los usuarios de un LMS pertenezcan a grupos diversos con características, intereses y niveles de conocimiento heterogéneos. En estos sistemas generalmente no se consideran los rasgos individuales de los estudiantes (Graf & Kinshuk, 2009), no proporcionan un adecuado nivel de personalización de servicios (Despotović-zrakić, Marković, Bogdanović, Barać, & Ilića, 2012) y no siempre se contemplan aspectos para la personalización tales como: diferencias en su nivel de conocimientos, estilos de aprendizaje, motivaciones y objetivos de aprendizaje (Brusilovsky, 2004).

En la actualidad se han desarrollado propuestas para proporcionar extensiones de adaptación en LMS (Graf, 2007), evaluar competencias en Moodle (Vaca et al., 2013), procesar exámenes en línea (Ćukušić, Garača, & Jadrić, 2014), realizar autoevaluación en Moodle (Vaca et al., 2013), entre otras. Sin embargo, todavía es muy poca la investigación que analiza la evaluación como elemento para la personalización. Así mismo, no se cuenta con componentes de software que permitan el diseño y ejecución de cursos virtuales basados en evaluación, con funcionalidades adaptativas en un sistema de gestión de aprendizaje. Desde la perspectiva de los Sistemas de Gestión de Aprendizaje, es frecuente que no se aborde la heterogeneidad de los estudiantes con relación a su nivel de conocimiento.

En este trabajo se presenta la implementación y validación de una arquitectura tecnológica que permite implementar cursos adaptativos y su integración en un sistema de gestión del aprendizaje. La arquitectura se fundamenta en los siguientes modelos: dominio, adaptación, instrucción y estudiante.

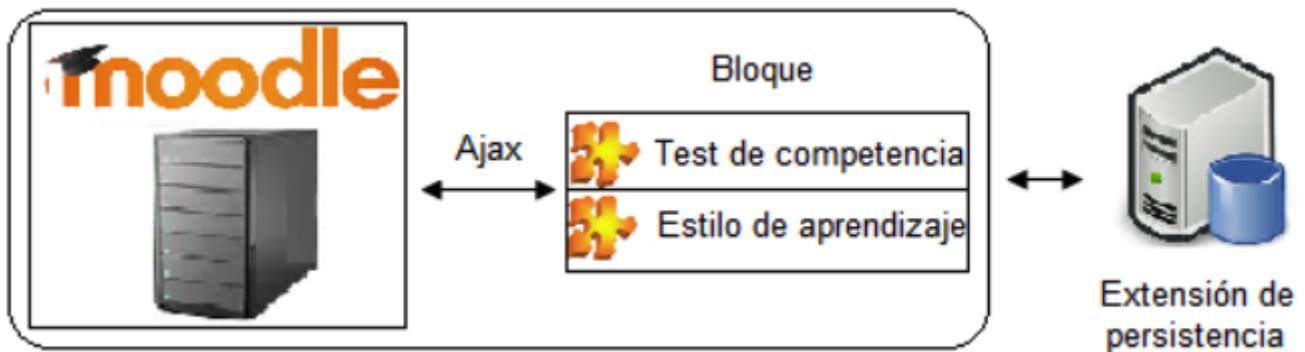
2. Arquitectura de referencia

En esta sección se presenta la arquitectura de referencia a partir de la cual es posible la implementación de un componente adaptativo para integrarse al LMS Moodle. Inicialmente se muestra el modelado de dominio en el cual se especifican las entidades estructurales del dominio del problema. El modelado de dominio orienta el proceso de definición de requerimientos de software. A continuación, se presenta la arquitectura del sistema, la cual proporciona el esquema

de referencia para orientar el desarrollo de componentes de software acorde con la extensión del sistema adaptativo, en los cuales también se contempla la representación del modelo del estudiante, el modelo del dominio y el modelo de instrucción. Finalmente, se presentan los principales componentes de software del sistema de aprendizaje virtual adaptativo.

Se definió una arquitectura de referencia mediante la cual se estableció la implementación y se desarrollaron una serie de componentes de software que se integran a un nuevo bloque en Moodle. Todos estos componentes se implementaron utilizando el conjunto de soluciones de software WAMP. La plataforma de referencia es el sistema operativo Windows. El servidor de web correspondió al Apache 5.6.3. El sistema de gestión de la base de datos corresponde al MySQL 5.6.21 y el lenguaje de desarrollo utilizado fue PHP 5.6.3. La versión de utilidad Moodle corresponde a la versión 2.8.3. En la figura 1, se presenta la extensión de la arquitectura de Moodle para el diseño y ejecución el diagnóstico de estilos de aprendizaje y diagnóstico de la evaluación (test de competencia).

Figura 1
Arquitectura de extensión para el modelo de estudiante

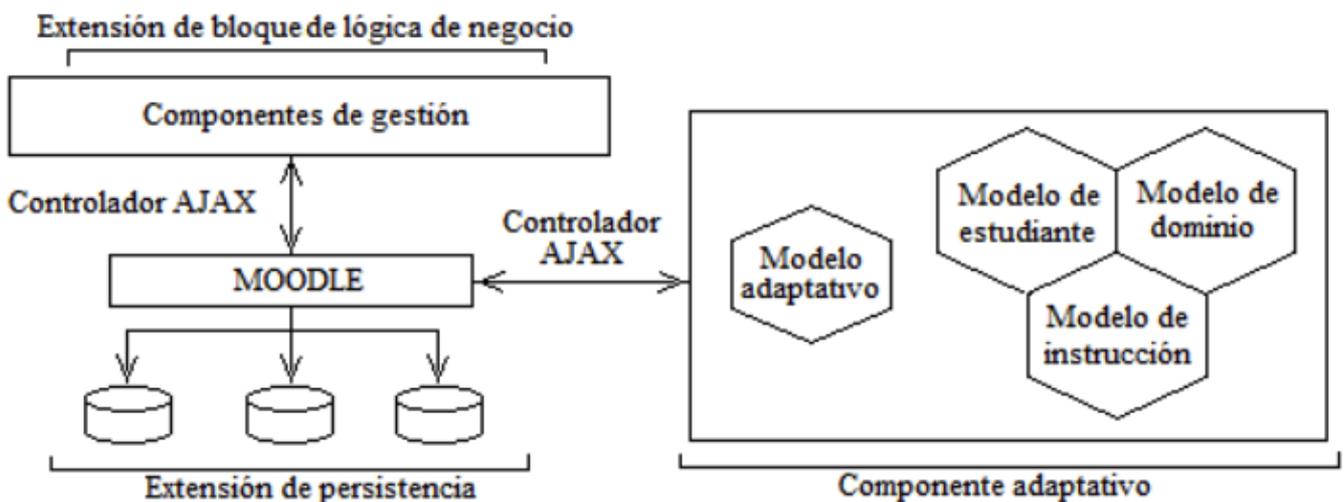


Fuente: tomado de (Cardona, 2017)

En la arquitectura presentada, cada uno de los bloques de extensión implica la modificación a nivel de la lógica de dominio y a nivel de modelo de datos para el LMS Moodle.

En la figura 2, se presenta la arquitectura de extensión del sistema de gestión de aprendizaje y el sistema adaptativo. Se presenta la adición de la lógica a nivel de los componentes de administración. También se presenta la extensión a la base de datos, la cual se soporta mediante el gestor MySQL. El bloque de lógica de negocio se comunica mediante un controlador AJAX a la base de datos de Moodle, teniendo en cuenta que el conjunto de servicios se lleva a cabo en el cliente y los usuarios se comunican con el servidor de forma transparente. Este controlador permite el desarrollo de aplicaciones y se sincroniza con un servidor. Para la extensión a nivel de los datos se usó un servidor PHP, el cual permite diseño web y se puede incorporar en HTML.

Figura 2
Arquitectura de extensión para MOODLE y sistema adaptativo



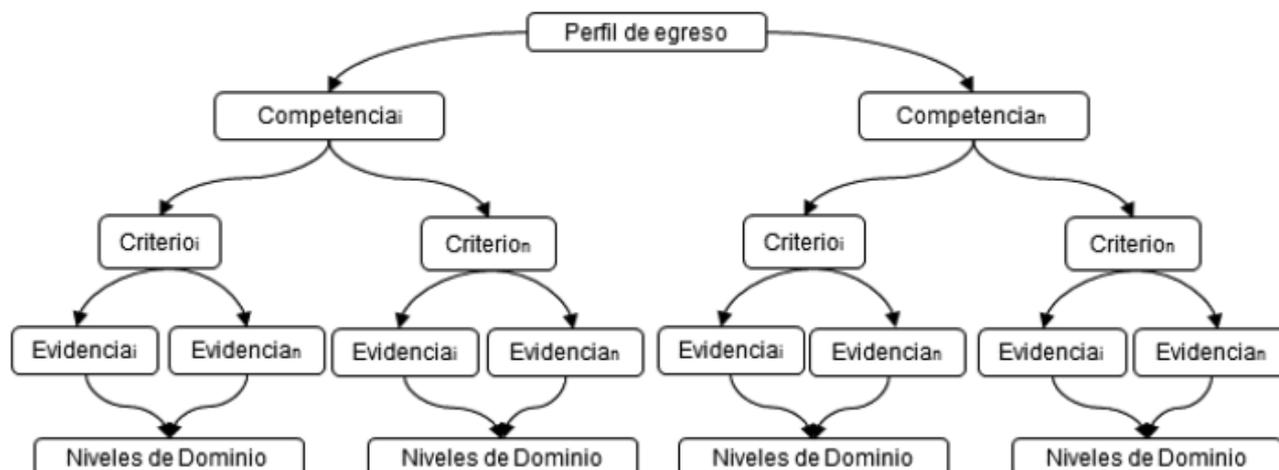
Fuente: tomado de (Cardona, 2017)

La arquitectura del componente adaptativo, se fundamentó en la arquitectura de referencia de (De Bra et al., 2003), en la cual se plantean cuatro modelos: modelo de estudiante, modelo de dominio, modelo de instrucción y modelo de adaptación. Los cuales se presentan a continuación:

2.1. Modelo de dominio

La representación del modelo de dominio se fundamenta en el perfil de egreso de un dominio de conocimiento específico (curso, asignatura), el cual está guiado por un conjunto de competencias o por un conjunto de objetivos de aprendizaje. Este conjunto determina un perfil de experto, el cual se expresa mediante una red jerárquica de nodos en los cuales se consideran los siguientes elementos: perfil de egreso, competencias, criterios y evidencias, con sus respectivas relaciones. En la figura 3, se hace una representación del modelo de dominio.

Figura 3
Representación del modelo de dominio



Fuente: Elaboración propia

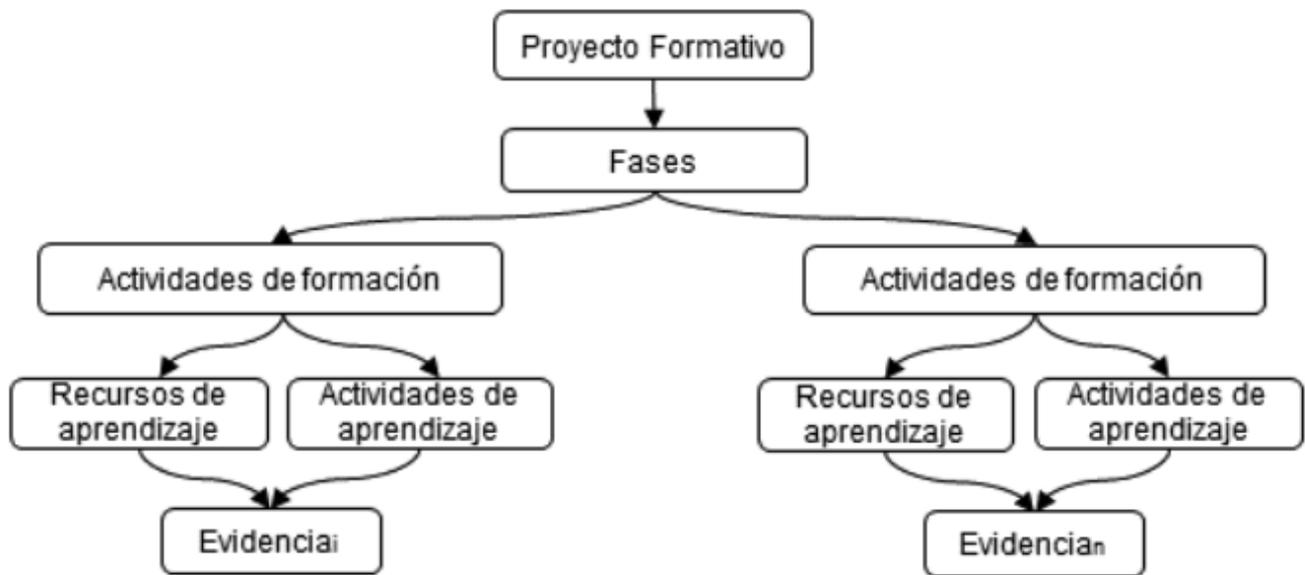
Para (Badaracco, 2013) este modelo es la representación explícita por parte del experto del conocimiento existente sobre el dominio. La investigación reportada en (Badaracco, 2013), ha sido tomada como punto de referencia para la representación del modelo de dominio del presente trabajo, considerando que contiene los elementos estructurales a partir de los cuales se puede realizar una implementación.

2.2. Modelo de instrucción

El modelo de instrucción corresponde al modelo pedagógico, el cual contiene las secuencias didácticas de apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante. El diseño instruccional del curso se basó en la metodología de proyectos formativos (Tobón, 2013), mediante la cual se establecieron los lineamientos del proceso de evaluación de los estudiantes, a partir del cual se adaptan o personalizan los recursos y actividades de aprendizaje.

Un proyecto formativo es un conjunto articulado de actividades que se van desplegando en el tiempo para resolver un problema contextualizado y contribuir a formar competencias en los estudiantes, con base en criterios y evidencias. La organización de las actividades de aprendizaje o formación en un proyecto formativo se realiza mediante las fases de: direccionamiento, planeación, ejecución y socialización (Tobón, 2010). Con base en las actividades de formación se establecen los recursos de aprendizaje que serán asignados a los estudiantes, a partir de los cuales deberán generar evidencias de aprendizaje y con ello mostrar el logro de competencia. En la figura 4, se hace una representación jerárquica del modelo de instrucción o pedagógico.

Figura 4
Representación del modelo de instrucción



Fuente: Elaboración propia

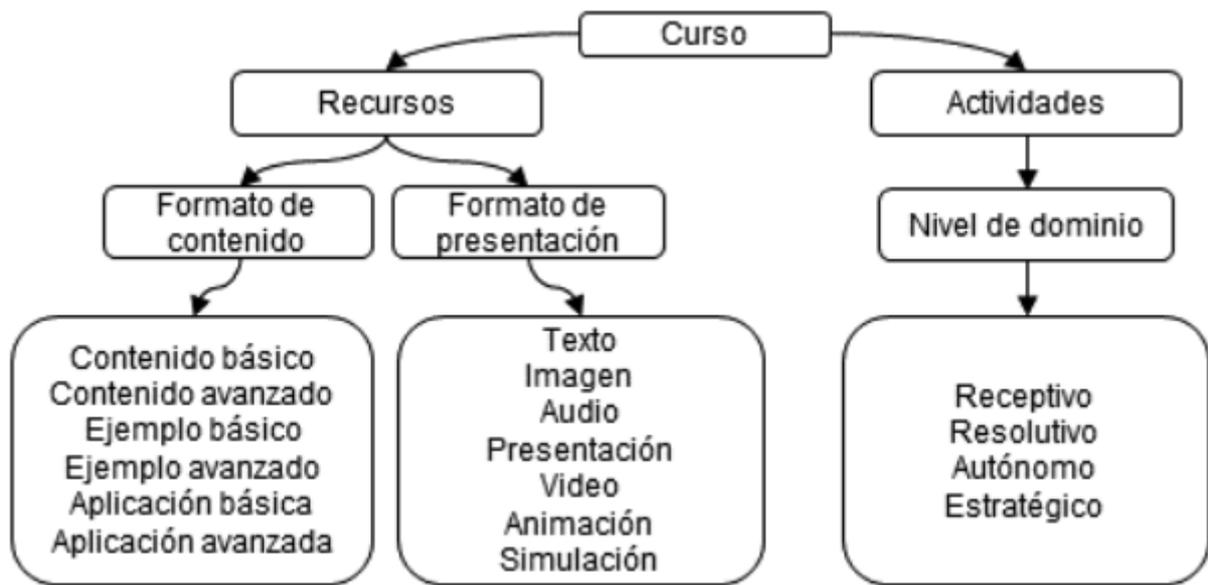
La evaluación en los proyectos formativos se basa en niveles de dominio. Los niveles de dominio orientan al profesor y estudiantes en torno a la valoración de las competencias, desde lo más sencillo a lo más complejo, con lo cual se pretende unificar los criterios de evaluación.

2.3. Modelo de adaptación

El modelo de adaptación está compuesto por reglas que definen cómo se combinan el modelo del dominio y el modelo del estudiante para proveer la personalización al entorno de aprendizaje. El modelo de adaptación considera el perfil del estudiante, el cual se actualiza de forma dinámica teniendo en cuenta las características definidas en el modelo de estudiante. La adaptación es la responsable de proporcionar los recursos y las actividades de aprendizaje. El recurso de aprendizaje es un medio que contribuye a la formación del estudiante y que contiene un conjunto de elementos que el estudiante debe usar para la elaboración de una evidencia. El recurso de aprendizaje tiene representación a nivel de formato de contenido y formato de presentación, los cuales generalmente están asociados a videos, audios, imágenes o texto. La actividad de aprendizaje corresponde a la acción concreta a realizar en determinada fase del proyecto formativo y de acuerdo a los niveles de dominio: receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico.

En la figura 5, se presenta el esquema del curso con la clasificación de los recursos y las actividades de aprendizaje. El formato de contenido se establece con 6 elementos de acuerdo con el nivel de competencia del estudiante. Los formatos de presentación establecen la forma en la cual se puede suministrar la información a los estudiantes.

Figura 5
Clasificación de recursos y actividades de aprendizaje



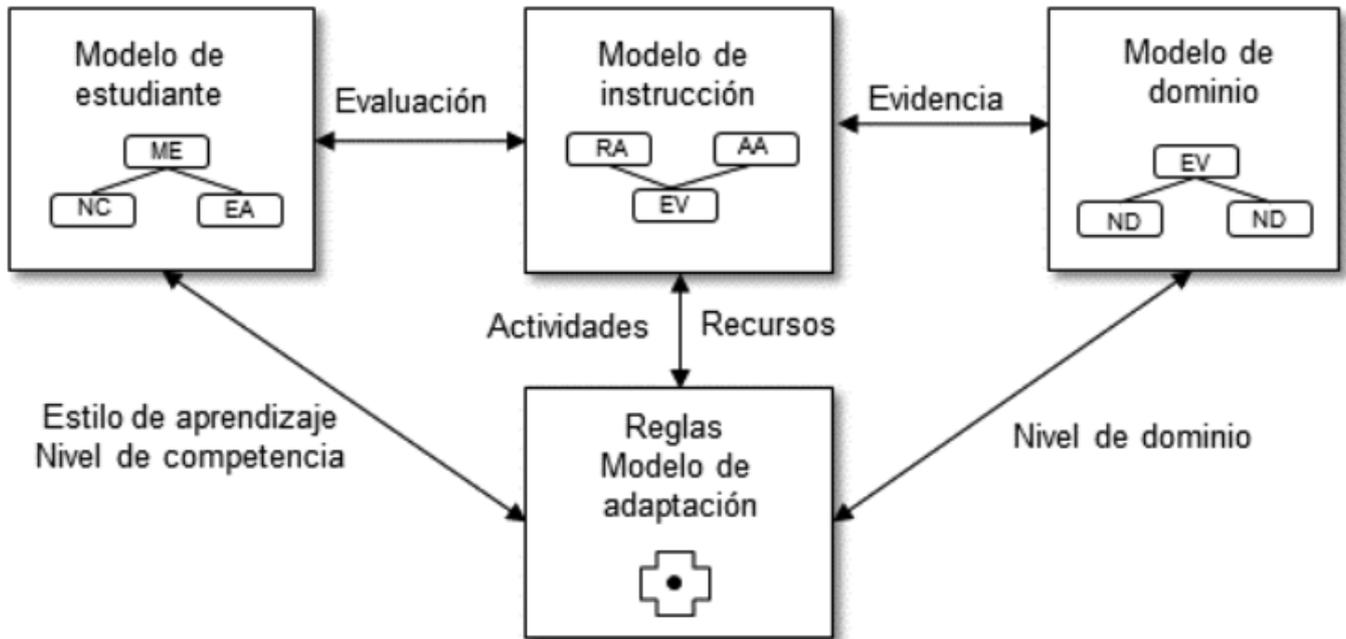
Se especificó un sistema de reglas para realizar la adaptación de recursos y actividades, considerando las características: estilo de aprendizaje y nivel de competencia del estudiante. El nivel de competencia define el contenido del recurso y el grado de reto de la actividad. El estilo de aprendizaje detalla el formato de presentación del recurso que será presentado al estudiante. El sistema adaptativo, con base en un conjunto de reglas define la relación entre el modelo de Felder-Silverman (Felder & Silverman, 1988) y el nivel de competencia. Con base en ello se establecen las actividades y los recursos. Se cruzan los niveles de competencia y los estilos de aprendizaje, y a partir de ello, se define las reglas. El análisis entre el nivel de competencia y el modelo de Felder-Silverman, es lo que define los tipos de contenido que se asocian de acuerdo con estilo de aprendizaje. En la tabla 1, se presenta las reglas de decisión para realizar la adaptación.

Tabla 1
Reglas de decisión
para la adaptación

Nivel	Estilo		Recursos	Actividades
Receptivo	Intuitivo	Visual - Verbal	Concepto básico	Receptivo
	Sensitivo		Ejemplo básico	
Resolutivo	Intuitivo	Visual - Verbal	Concepto básico	Resolutivo
	Sensitivo		Ejemplo avanzado	
Autónomo	Intuitivo	Visual - Verbal	Concepto avanzado	Autónomo
	Sensitivo		Aplicación básica	
Estratégico	Intuitivo	Visual - Verbal	Aplicación avanzada	Estratégico
	Sensitivo			

La integración del modelo de adaptación, con los demás modelos del sistema adaptativo se presenta en la figura 6. El módulo de adaptación contiene las reglas para realizar la adaptación de los recursos (RA) y las actividades de aprendizaje (AA). Estas reglas son alimentadas por el modelo de estudiante (ME) el cual inicializa y actualiza las variables estilos de aprendizaje (EA) y nivel de competencia del estudiante (NC). El modelo de dominio, proporciona el nivel de logro de competencia (ND) que el estudiante obtiene en el proceso de instrucción, el cual finaliza con la aplicación de una evaluación (EV).

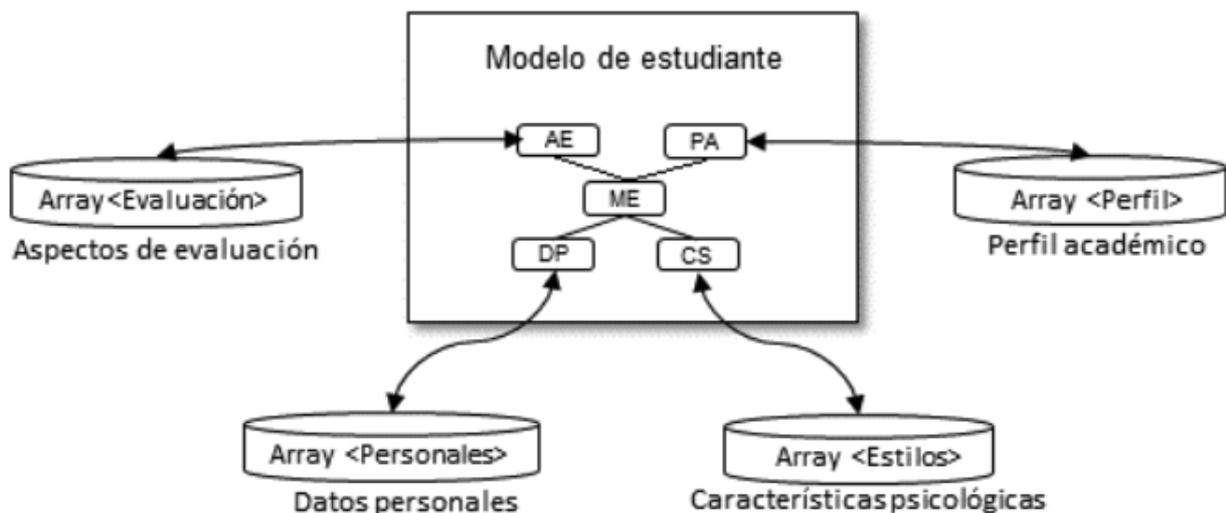
Figura 6
Integración del modelo de adaptación



2.4. Modelo de estudiante

El modelo del estudiante en un sistema adaptativo, almacena el estado del alumno en relación a su conocimiento del dominio, itinerarios o recorrido de aprendizaje realizado (Woolf, 2010). El modelo del estudiante se representa en la figura 7.

Figura 7
Representación del modelo de estudiante



El modelo de estudiante a nivel de persistencia de datos se representa mediante una colección de objetos que son almacenados de acuerdo con la naturaleza de los datos.

3. Metodología de investigación

3.1. Tipo de estudio

Se utilizó una metodología de investigación de corte preexperimental, con alcance descriptivo e inferencial. El método de investigación es el basado en encuesta, a través del cual se recopiló información de los estudiantes que participaron en la investigación.

3.2. Muestra

La muestra se constituyó de 109 estudiantes, 62.4% hombres y el 37.6% mujeres. Con relación al estrato socioeconómico, el 14.7% pertenecen al estrato muy bajo, el 25.7% al estrato bajo, el 36.7% al estrato medio, el 10.1% al estrato alto y el 12.8% al estrato muy alto. La edad promedio de los estudiantes es 19.1 años. En cuanto a los estilos de aprendizaje el 46.8% pertenecen al Visual-Sensitivo, un 40.4% al Visual-Intuitivo, el 12.8% al Verbal-sensitivo.

3.3. Instrumento

Para el estudio de las variables de investigación se utilizó un instrumento para la recolección de la información. El cuestionario se usó para conocer la opinión de los estudiantes con relación a la implementación de una estrategia de evaluación basada en la personalización de recursos y actividades de aprendizaje. Se utilizan ítems de preguntas de carácter cuantitativo. Se solicitó información personal y demográfica (edad, género, estrato socioeconómico, estado civil, situación laboral, número de personas a cargo, promedio), con la cual se caracteriza la población

El diseño del cuestionario se basó en indicadores, cada uno de los cuales se compone de una agrupación de ítems. Los indicadores del instrumento fueron:

- Utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje, ofrecidas en Moodle.

En esta sección se presentan las propiedades del cuestionario usado para recolectar la opinión de los estudiantes de la muestra, en relación con la implementación de una estrategia pedagógica basada en personalización.

Para la validez de constructo, se realizó un análisis factorial, mediante: (1) verificación de los supuestos estadísticos (2) análisis de los factores extraídos de la rotación de componentes y (3) realizar las características de los factores. Los supuestos estadísticos para el análisis factorial fueron considerados con base en lo establecido en la tesis doctoral de (Olmos, 2008), en la cual se cita a (García Jiménez, Gil Flores, & Rodríguez Gómez, 2000). La verificación mostró:

- El índice de las correlaciones entre las variables independientes es alto.
- La prueba de esfericidad Bartlett mostró un p-valor = 0.000, por tanto, se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre ítems del instrumento.
- El índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), mostró un valor KM de 0.692, a partir de lo cual se puede aplicar el análisis factorial.
- La diagonal principal de la matriz de correlaciones, tiene coeficientes cercanos a 1.0, a excepción de las variables (p14=0.351 y p26=0.385) y los coeficientes fuera de esa diagonal son bajos.

Con base en los resultados anteriores, los supuestos estadísticos se cumplen para la extracción de los factores mediante el análisis factorial.

La extracción de comunalidades mostró que los ítems del instrumento se explican con una variabilidad superior al 70.5%. El método de extracción de los componentes se realizó mediante el análisis de componentes principales. El método de extracción generó 10 factores. Para el estudio confirmatorio, se hizo un análisis de los primeros cinco factores que explican el 63.2% de la variabilidad total. Los factores agrupados son: (1) metodología de proyectos formativos, (2) proceso de evaluación, (3) diseño del curso en Moodle, (4) adaptación de recursos y actividades de aprendizaje y (5) proceso de aprendizaje. La matriz de componentes rotados de la tabla 2, permite ver que los ítems agrupados estuvieron acordes con el constructo de la investigación.

Tabla 2
Matriz de componentes rotados
estudio confirmatorio

Var	Componente				
	1	2	3	4	5
p1	.921				
p3	.878				
p2	.644				
p8	.624				

p5	.562				
p31	.441				
p13		.886			
p16		.827			
p14		.765			
p15		.725			
p28			.808		
p25			.797		
p27			.789		
p26			.786		
p29			.701		
p23				.841	
p21				.820	
p22				.816	
p24				.750	
p20				.494	
p34					.751
p32					.709
p9					.639
p37					.564
p35					.551
p30					.487

El factor 1 está constituido por las variables (p1, p3, p2, p8, p5, p31), asociadas a la metodología de proyectos formativos.

El factor 2 asocia los ítems (p36, p16, p14, p15), relacionados con la metodología de evaluación.

El factor 3 asocia los ítems (p28, p25, p27, p26, p29), los cuales están relacionados con el diseño de la plataforma Moodle.

El factor 4 asocia los ítems (p23, p21, p22, p24, p20), relacionados con la utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje, ofrecidas en Moodle.

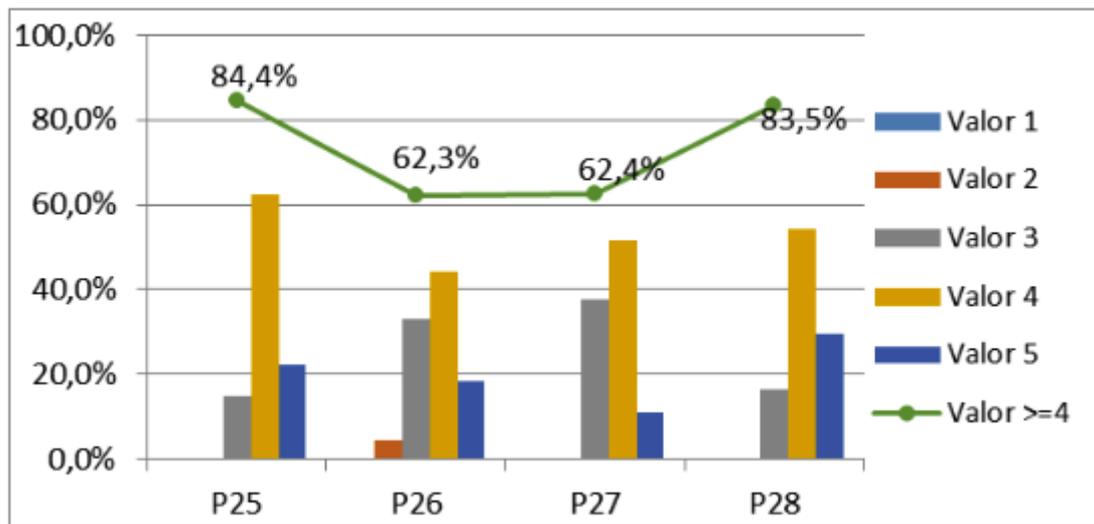
El factor 5 asocia los ítems (p32, p34, p35, p30), relacionados con la opinión del estudiante en el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico.

4. Resultados

4.1. Análisis descriptivo

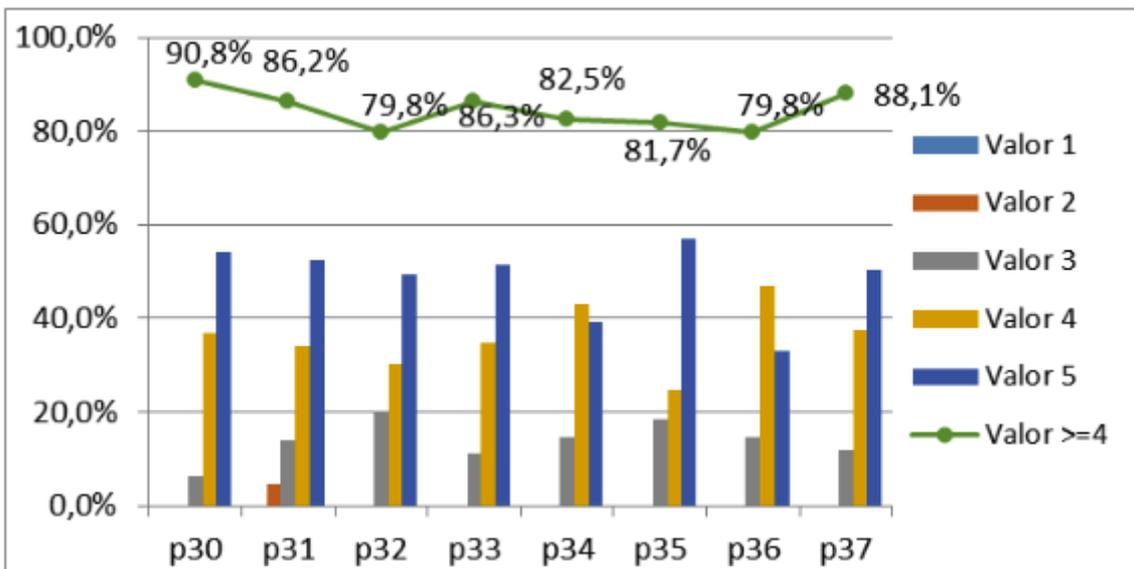
Los resultados sobre la opinión de los estudiantes con relación al diseño del curso en la Plataforma Moodle, se presentan en la figura 8. Con relación al diseño gráfico del curso en Moodle, un 84.4% consideraron la navegación en el curso es adecuada (p25). El 62.3% valoraron favorablemente la estética del curso (p26). El 62.45 se sintió a gusto con el diseño del curso en la plataforma (p27). Finalmente se identificó que un 63.6% de los estudiantes valoraron favorablemente el diseño de los recursos y las actividades de aprendizaje (p29). Con base en los resultados obtenidos con los estudiantes, se puede afirmar que existe una percepción favorable con relación al diseño de los cursos y a las actividades que se plantearon a los estudiantes.

Figura 8
Opinión del diseño del curso
en la plataforma Moodle



En la figura 9, se muestran los resultados de la opinión de los estudiantes frente al proceso de aprendizaje. Se identificó que un 90.9% considera que la metodología de proyectos formativos, incentiva a mejorar el rendimiento académico (p30) y un 77.3% se siente a gusto con la metodología (p31). Un 72.7% afirmó que la metodología de proyectos formativos aumenta la motivación para trabajar de forma colaborativa (p34). El 79.8% consideró que la metodología de evaluación incentiva a mejorar el rendimiento académico. El 86.3% se sintió satisfecho con la metodología de evaluación (p33). Un 81.7% consideró que la autoevaluación incentiva a mejorar el rendimiento académico (p35). El 79.8% de los estudiantes consideraron que la objetividad de los compañeros para retroalimentar la calidad de sus evidencias. Finalmente, el 77.3% de los estudiantes se sintió satisfecho con los recursos de aprendizajes del proyecto formativo (p37). Los resultados muestran una opinión muy favorable por parte de los estudiantes con relación al proceso de evaluación propuesto en la plataforma Moodle.

Figura 9
Opinión frente a la categoría
proceso de aprendizaje



4.2. Análisis inferencial

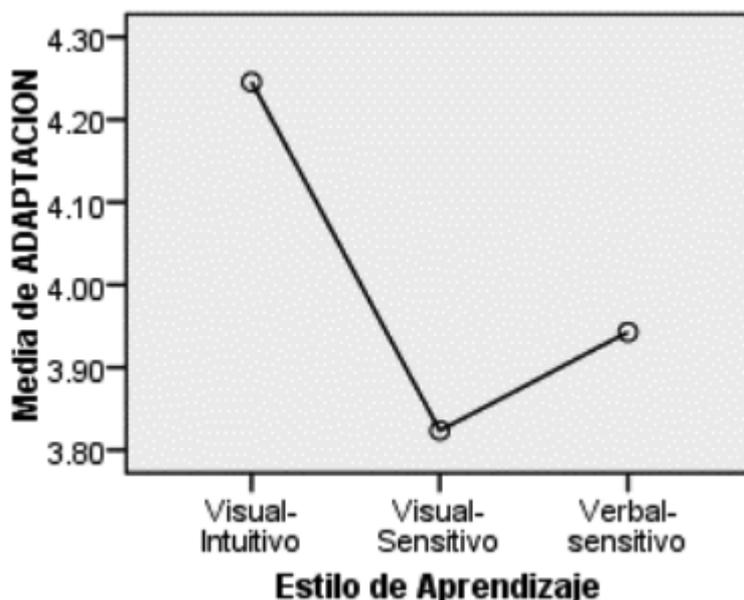
Se presentan el análisis de los componentes generados mediante el análisis factorial. El estudio se basó en los principales cinco componentes, sin embargo, para este artículo únicamente se consideraron los factores: diseño del curso en la plataforma Moodle, adaptación de los recursos y las actividades de aprendizaje. En la tabla 3, se presenta el nivel de significancia entre los factores plataforma y adaptación.

Tabla 3
Significancia entre factor (plataforma y adaptación) con variables independientes

Variable	Factor	
	PLATAFORMA	ADAPTACION
	p-valor	p-valor
Género	.040*	.975
Estrato Socioeconómico	.031*	.661
Tipo de colegio	.100	.416
Edad (2 rangos)	.187	.131
Trabaja	.551	.075
Rendimiento académico (2 rangos)	.691	.306
Estilo de aprendizaje	.537	.003*

Las variables: tipo de colegio, edad (2 rangos), trabaja y rendimiento académico (2 rangos), tienen nivel de significancia p-valor > 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que estas no difieren sobre los factores plataforma y adaptación. Se identificó que los estudiantes de estrato muy bajo son los que mejor valoran la funcionalidad de la plataforma y los de estrato más alto son los que peor la evalúan. La variable estilos de aprendizaje tiene relación con el factor adaptación. Los estudiantes con estilo de aprendizaje visual-intuitivo son los que mejor valoran los ítems relacionados con la adaptación. En la figura 10, se presenta la relación entre el factor adaptación y estilo de aprendizaje.

Figura 10
Relación del factor adaptación
y el estilo de aprendizaje



5. Conclusiones

El modelo de dominio del sistema responde a los lineamientos metodológicos para el desarrollo y evaluación de competencias, que propone el enfoque socioformativo. La validación de los modelos se realizó mediante los marcos de trabajo EMF y GMF, los cuales están soportados por herramientas tecnológicas generadoras de código que garantizan la correctitud semántica y sintáctica. La validación mediante el análisis factorial permite afirmar que el modelo responde a la abstracción del dominio, la cual se refleja en diferentes cursos virtuales, en los que las fases, actividades, proyectos formativos y evaluación de competencias están definidos.

La arquitectura de extensión para Moodle y el sistema adaptativo, soporta los módulos de lógica de negocio y de persistencia, los cuales integrados, permiten la estructuración de cursos por competencias en línea. Uno de los aspectos más relevantes de la arquitectura es que permite la implementación de una metodología de formación y evaluación, genérica y para cualquier dominio de conocimiento. El bloque de Moodle para soportar la metodología de proyectos formativos, se presenta como un aporte a la comunidad académica, pues no se contaba con funcionalidades que permitieran el diseño y ejecución de cursos virtuales en Moodle, bajo los principios de un enfoque explícito por competencias

La arquitectura de extensión para Moodle y el sistema adaptativo, permite el diseño e implementación de un curso en línea con características de personalización. Para ello se propuso una arquitectura con cuatro modelos: modelo de estudiante, modelo de dominio, modelo de instrucción y modelo de adaptación. Cada uno de los cuales se presenta de acuerdo con los lineamientos metodológicos y pedagógicos, para la formación y evaluación de competencias.

Para el estudio y confirmatorio, se realizó un análisis inferencial en el cual se presentó la posible relación del rendimiento académico con las variables independientes: estrato socioeconómico, tipo de colegio de egreso, género y estilo de aprendizaje. Los resultados de las pruebas de hipótesis mostraron que en el estudio no existe diferencia estadística significativa del rendimiento académico de acuerdo con las variables descritas anteriormente. Como un aspecto a resaltar, el resultado de las medias aritméticas da indicio de que los estudiantes de estrato alto tienen un mayor rendimiento académico que los estudiantes de los estratos más bajos, para el total de estudiantes de la muestra.

Referencias bibliográficas

Aguilar, G., & Kaijiri, K. (2007). Design Overview of an Adaptive Computer-based Assessment System. *Interactive Educational Multimedia*, 14, 116–130.

Ahmad, A., Basir, O., & Hassanein, K. (2004). Adaptive user interfaces for intelligent e-learning : issues and trends. In *Proceedings of The fourth international conference on electronic business* (pp. 925–934). Beijing.

- Antal, M., & Koncz, S. (2011). Student modeling for a web-based self-assessment system. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6492–6497. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.096>
- Badaracco, M. (2013). *Sistema Tutor Inteligente basado en Competencias (STI-C). Propuesta de Arquitectura y Diagnóstico*. Universidad de Málaga.
- Badaracco, M., & Martínez, L. (2011). An Intelligent Tutoring System Architecture for Competency-Based Learning. In König et al (Ed.), *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (Springer-V, pp. 124–133). Kaiserslautern: Springer Berlin / Heidelberg.
- Brusilovsky, P. (2004). KnowledgeTree : A distributed architecture for adaptive e-learning. In *Proceedings of the 13th international world wide web conference* (pp. 104–113). New York, New York, USA.
- Burgos, D., Santos, J., & Fernández, D. (2007). Proyecto Suma - Modelo de aprendizaje adaptativo.
- Cardona, S. (2017). *Metodología para la evaluación de competencias soportada en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Chatzopoulou, D. I., & Economides, A. A. (2010). Adaptive assessment of student ' s knowledge in programming courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 258–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00363.x>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2012). Evaluating the integration of fuzzy logic into the student model of a web-based learning environment. *Expert Systems with Applications*, 39(18), 13127–13134. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.089>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40(11), 4715–4729. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>
- Conejo, R., Millán, E., Pérez, J., & Trella, M. (2001). Modelado del alumno : un enfoque bayesiano. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 12, 50–58.
- Ćukušić, M., Garača, Ž., & Jadrić, M. (2014). Online self-assessment and students' success in higher education institutions. *Computers & Education*, 72, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.018>
- De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., De Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., ... Stash, N. (2003). AHA! The adaptive hypermedia architecture. In *HYPertext 03 Proceedings of the fourteenth ACM conference on hypertext and hypermedia* (pp. 81–84). New York, New York, USA: ACM.
- Despotović-zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Ilića, J. (2012). Providing adaptivity in Moodle LMS courses ddaptive e-learning systems. *Educational Technology & Society*, 15(1), 326–338.
- Dorça, F. a., Lima, L. V., Fernandes, M. a., & Lopes, C. R. (2013). Comparing strategies for modeling students learning styles through reinforcement learning in adaptive and intelligent educational systems: An experimental analysis. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2092–2101. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.014>
- Faddouli, N., Falaki, B., Idrissi, M., & Bennani, S. (2011). Design an Adaptive Competency-Based Learning Web Service According to IMS-LD Standard. In *Innovative Computing Technology: First International Conference* (pp. 37–47). Theran: Springer.
- Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and teaching styles. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- García Jiménez, E., Gil Flores, J., & Rodríguez Gómez, G. (2000). *Análisis Factorial*. Madrid: La muralla.
- Gouli, E., Kornilakis, H., Papanikolaou, K., & Grigoriadou, M. (2001). Adaptive Assessment Improving Interaction in an Educational Hypermedia System. In *Proceedings of the PanHellenic Conference with International Participation in Human-Computer Interaction* (pp. 1–7). Patra.
- Graf, S. (2007). *Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles by*. Vienna University of Technology.
- Graf, S., & Kinshuk. (2009). Advanced Adaptivity in Learning Management Systems by Considering Learning Styles. *2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, 235–238. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.271>

- Grubiši, A., Stankov, S., & Žitko, B. (2013). Stereotype Student Model for an Adaptive e-Learning System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 76, 20–27.
- Jeremić, Z., Jovanović, J., & Gašević, D. (2012). Student modeling and assessment in intelligent tutoring of software patterns. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 210–222. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.010>
- Lazarinis, F., Green, S., & Pearson, E. (2010). Creating personalized assessments based on learner knowledge and objectives in a hypermedia Web testing application. *Computers & Education*, 55(4), 1732–1743. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.019>
- Lo, J.-J., Chan, Y.-C., & Yeh, S.-W. (2012). Designing an adaptive web-based learning system based on students' cognitive styles identified online. *Computers & Education*, 58(1), 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.018>
- Mendoza, M. (2015). *Marco de referencia para la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje*. Universidad del Cauca.
- Muñoz, K., Kevitt, P. M., Lunney, T., Noguez, J., & Neri, L. (2011). An emotional student model for game-play adaptation. *Entertainment Computing*, 2(2), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.006>
- Olmos, S. (2008). *Evaluación Formativa y Sumativa de estudiantes universitarios: Aplicación de las Tecnologías a la Evaluación Educativa*. Universidad de Salamanca.
- Ozyurt, H., Ozyurt, O., Baki, A., & Guven, B. (2012). An Application of Individualized Assessment in Educational Hypermedia: Design of Computerized Adaptive Testing System and its Integration Into UZWEBMAT. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3191–3196. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.035>
- Paramythis, A., & Loidl-reisinger, S. (2004). Adaptive learning environments and e-learning standards. *Electronic Journal on E-Learning*, 2(1), 181–194.
- Popescu, E., Trigano, P., & Badica, C. (2007). Evaluation of a learning management system for adaptivity purposes. *2007 International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI'07)*, 9–9. <https://doi.org/10.1109/ICCGI.2007.24>
- Schiaffino, S., Garcia, P., & Amandi, A. (2008). eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students. *Computers & Education*, 51(4), 1744–1754. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.05.008>
- Sung, Y., Chang, K.-E., Chiou, S.-K., & Hou, H.-T. (2005). The design and application of a web-based self- and peer-assessment system. *Computers & Education*, 45, 187–202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.07.002>
- Tobón, S. (2010). *Formación integral y competencias* (Tercera Ed). Bogotá: ECOE Ediciones.
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias* (Tercera Ed). Bogotá: ECOE Ediciones.
- Toledo, G., Mezura, C., & Cruz, N. (2013). Modelo de evaluación adaptativa y personalizada mediante razonamiento probabilista. In *Octava Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje* (pp. 1–12). Valdivia.
- Vaca, J. M., Agudo, J. E., & Rico, M. (2013). Evaluando competencias en ingeniería: un eportfolio basado en Moodle. In *XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2013)* (pp. 67–74). Madrid.
- Vélez, J. (2009). *Entorno de aprendizaje virtual adaptativo soportado por un modelo de usuario integral*. Universidad de Girona.
- Woolf, B. (2010). Student Modeling. In R. Nkambou, J. Bourdeau, & R. Mizoguchi (Eds.), *Studies in Computational Intelligence* (Vol. 308, pp. 267–280). Chennai: Springer Berlin / Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14363-2_19

1. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Doctor en Ingeniería. Correo electrónico de contacto: sergio_cardona@uniquindio.edu.co

2. Universidad del Quindío. Facultad de Educación. Doctora en Ciencias de la educación. Correo electrónico de contacto: marthavalencia@uniquindio.edu.co

3. Universidad del Quindío. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Doctora en Ingeniería. Correo electrónico de contacto sjaramillo@uniquindio.edu.co

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

revistaESPACIOS.com



This work is under a Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International License