

Criterios para evaluar metodologías de ensamblaje de objetos de aprendizaje

Gustavo J. Astudillo
GRIDIE. Dpto. de Matemática
FCEyN, UNLPam
La Pampa, Argentina
astudillo@exactas.unlpam.edu.ar

Cecilia V. Sanz
III LIDI
Facultad de Informática, UNLP
La Plata, Argentina
csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

Liliana P. Santacruz-Valencia
Esc. Téc. Sup. de Ing. Informática
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España
liliana.santacruz@urjc.es

Resumen—La selección y secuenciación del material educativo digital es un trabajo que requiere de un esfuerzo importante por parte de docentes, especialistas, e incluso de estudiantes. Actualmente, se busca acompañar estas tareas a partir de procesos de ensamblaje de materiales educativos digitales, y en particular de objetos de aprendizaje. Se han comenzado a desarrollar metodologías y herramientas que soportan e implementan este proceso. Este trabajo propone profundizar en el análisis de las metodologías de ensamblaje de objetos de aprendizaje, que constituyen un tema de investigación y debate en la comunidad científica y académica. Para ello se aporta un conjunto de criterios de análisis para este tipo de metodologías, y se los aplica a una selección de 33 metodologías recopiladas. Este análisis ha permitido obtener resultados de interés en relación al estado del arte de estas estrategias de ensamblaje. En particular, se visualiza una tendencia en el desarrollo de sistemas automáticos o semi-automáticos para apoyar a docentes y alumnos en la creación de itinerarios de aprendizaje, y una baja cantidad de herramientas disponibles que implementen las metodologías revisadas. Los resultados y conclusiones de este trabajo abren las puertas para profundizar la investigación en la temática.

Palabras clave—sistemas ensambladores; objetos de aprendizaje

III. INTRODUCCIÓN

La web ofrece un amplio abanico de recursos y Materiales Educativos Digitales¹ (MED) que pueden ser utilizados y reutilizados tanto por diseñadores instruccionales, como docentes o estudiantes. Pero al momento de hallar el que mejor se ajusta a las necesidades u objetivos de aprendizaje, los motores de búsqueda se basan únicamente en un conjunto de palabras claves y, aunque han incorporado aspectos semánticos en la búsqueda, aún proporcionan una variedad de enlaces a contenidos que, reflejan sólo en parte (en ocasiones en nada) los objetivos de aprendizaje y, menos aún, preferencias, ideas previas o estilos de aprendizaje (por nombrar algunos de los aspectos que ayudarían a caracterizar a un material educativo). La selección, queda casi exclusivamente a cargo del docente (en su función de curador de contenidos). Esta situación es más crítica aun cuando se trata de estudiantes que buscan gestionar su

propio aprendizaje y/o complementar los materiales de estudio dados por sus docentes.

Una alternativa para la búsqueda de este tipo de materiales lo constituyen los repositorios de MED, que en algunos casos son invisibles a los motores de búsqueda. Estos almacenes cuentan con herramientas de búsqueda que cubren aspectos pedagógico-didácticos. Los materiales allí alojados cuentan con información que lo describe, el ámbito en el que puede ser utilizado y el formato—entre otros datos—, además, de evaluación de pares y/o expertos y en varios casos el respaldo de instituciones u organizaciones ligadas a la educación. Sin embargo, la creación de este tipo de almacenes se incrementa año tras año—el proyecto OpenDOAR² puede dar cuenta de esta situación— y con ellos la cantidad de materiales disponibles. Además, si bien permiten focalizar la búsqueda, por lo general, no ofrecen ayuda sobre cómo secuenciar los MED localizados.

Por tanto, el problema de la selección del material más apropiado, paso necesario para la reutilización, así como la posterior secuenciación del mismo, continúa siendo una tarea que demanda mucho tiempo y esfuerzo, sobre la que los sistemas informáticos brindan escaso soporte, y por tanto, aún se encuentra en pleno debate e investigación.

Algunas de las alternativas planteadas desde la comunidad científica es la mejora de los sistemas de e-learning [2]–[4]. También la utilización de Sistemas Recomendadores (SR) y Sistemas Ensambladores (SE). Los primeros, con su origen en sistemas comerciales, permiten, llevados al contexto educativo, buscar recursos o materiales educativos en uno o varios repositorios, y recomendar aquellos que mejor se adaptan a la búsqueda y al perfil o necesidades educativas del usuario [5]. Así, los SR aportan solución al problema de recuperar materiales educativos ajustados al perfil educativo del destinatario. Los SE proponen, con cierto nivel de automatización, una secuencia o itinerario de aprendizaje con base en una búsqueda que especifica el usuario y MED alojados en repositorios.

A partir de la investigación realizada, por los autores de este trabajo, es posible afirmar que las Metodologías de Ensamblaje (ME), que soportan los SE, hacen uso principalmente de Objetos de Aprendizaje (OA). Esto se debe a que los OA son, desde su concepción, ensamblables (metáforas del LEGO o de la

¹ En este trabajo se denomina así a cualquier material digital elaborado con la intención de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje [1].

² OpenDOAR, es proyecto de la Universidad de Nottingham (Reino Unido) que se encarga de recopilar información sobre repositorios de acceso abierto.

Disponibles en: <http://www.openoar.org> (se sugiere ver *Growth of the OpenDOAR Database*).

molécula). Pero además, cumplen con tres aspectos esenciales para los SE: (i) son diseñados para ser reutilizados, (ii) cuentan con información que los describe (metadatos) y (iii) están alojados en repositorios.

Es importante aclarar que no existe una definición única y acordada de OA. La discusión a este respecto está fuera del ámbito de la temática del presente artículo. Sin embargo en la investigación se ha considerado una definición concreta para poder analizar las propuestas de las metodologías.

Una de las tareas fundamentales en los procesos de enseñar y de aprender es lograr una adecuada secuenciación del contenido, y es precisamente, en este concepto en el que se sustenta la noción de ensamblaje. Para lograr dicha secuenciación, o itinerario de aprendizaje, es necesaria la selección de MED apropiados, pero para ello el conocimiento debe estar organizado de forma que sea posible su localización. También, es deseable que un itinerario de aprendizaje se ajuste al perfil del estudiante. Lograr, además, que la secuencia sea generada de forma automática (o semi-automática) redundaría en un mejoramiento de los sistemas *e-learning*, lo que impactaría positivamente en los procesos educativos mediados por TIC y en una reutilización genuina de OA. Estas son, de acuerdo a la revisión realizada, motivaciones que sustentan la investigación en la temática de ensamblaje de OA.

Para este trabajo de investigación se llevó adelante un proceso de selección de metodologías de ensamblaje. El mismo inició con 69 publicaciones, de las cuales se eligieron, a través de una serie de criterios de inclusión y exclusión, 48 para su lectura completa. A partir de allí, se decidió abordar el trabajo con 42 de ellas, que resultaron las más significativas. Éstas se agruparon de acuerdo a las metodologías de ensamblaje y, así, fue posible analizar 33 alternativas de ensamblaje de OA.

De aquí en adelante este trabajo se organiza como sigue. En la sección II se presenta el estado de la cuestión, donde se abordan de forma sucinta algunos aspectos de la teoría que soporta el proceso de ensamblaje. Seguidamente, en la sección III, se enuncian y describen los criterios de evaluación propuestos a partir de la investigación para analizar las ME. En la sección IV, se exponen resultados de la aplicación de los criterios de evaluación y se propone la discusión de distintas aplicaciones de dichos criterios. Finalmente, en la sección V se enuncian las conclusiones y se describe el trabajo a futuro.

IV. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En esta sección se presenta un análisis sobre las metodologías de ensamblaje de objetos de aprendizaje a partir de la revisión de las 33 estrategias estudiadas, que se van citando oportunamente.

Las metodologías de ensamblaje tienen como objetivo principal la creación de un itinerario de aprendizaje en base a MED alojados en repositorios. Estos itinerarios se generan con distintos niveles de automatización y pueden tener en cuenta (o no) el perfil de usuario.

El proceso de ensamblaje consta de tres etapas, tal como se enuncia en las metodologías [6], [7]: (i) buscar las conexiones del material relevante para una secuencia de aprendizaje, (ii)

secuenciar el material y (iii) conectarlo dentro de una estructura coherente y organizada.

La secuencia se puede crear de forma manual, semi-automática o automática. En el primer caso, son los expertos/docentes quienes proponen la forma en que los contenidos serán conectados y qué OA se incluirán en el itinerario. En general, se basan en el diseño instruccional para proponer un conjunto de buenas prácticas para el ensamblaje de OA. Las de enfoque semi-automático, proponen la participación de expertos/docentes que: o bien, (i) diseñan una secuencia o red de OA y el SE completa de forma automática usando el perfil del estudiante [8], o bien, (ii) proponen la secuenciación de los OA y el sistema valida y los ensambla [9]. Cuando se hace de forma automatizada, el usuario propone un tema y/o los objetivos de aprendizaje, y el sistema ofrece uno o varios itinerarios de aprendizaje. Los mismos pueden generarse completamente –requiere, por lo general, de la validación del docente– o pueden crearse paso a paso a medida que el estudiante finaliza el abordaje de cada OA [7], [8], [10], [11]. Para armar el itinerario de aprendizaje, de forma automática, se recurre en general a patrones, que pueden estar basados en el diseño instruccional (enfoque *top-down*), o basados en la experiencia de los usuarios (enfoque *bottom-up*) [12].

Las ME representan o abstraen varios aspectos de la realidad. De manera general, cada metodología puede contar con –parte o todas– de las siguientes abstracciones: (i) un modelo de contenido, (ii) un modelo de estudiante, (iii) un modelo profesor o enseñanza y/o rol educativo [10], [12].

El modelo de contenido “describe los componentes utilizados en una experiencia de aprendizaje, [...] la relación entre dichos componentes, cómo se describen para facilitar su búsqueda [...] y las reglas que hacen posible [su] ensamblaje [y] reutilización.” [9, p. 73]. Si bien las ME definen un modelo de contenido, el mismo no es único, ni está consensuado. Cada metodología define en el modelo de contenido los distintos niveles de agregación del material.

El modelo de estudiante permite la creación de itinerarios de aprendizaje personalizados [7]. Este modelo, representa al estudiante en el sistema y permite registrar y mantener actualizadas las interacciones de éste con el material [10]. El modelo debe poder representar características del estudiante como: su nivel de conocimiento, las tareas realizadas y sus objetivos [12]. Otros autores [7], [13]–[19] agregan a la lista de características el estilo de aprendizaje del estudiante.

El modelo de profesor refleja las preferencias de éste, por ejemplo su estilo de enseñanza [12], en tanto, el modelo de enseñanza contiene el conocimiento pedagógico (las estrategias) sobre cómo ensamblar el material en una secuencia para cada estudiante [10], [12].

Otras representaciones que utilizan, algunos autores, se enfocan en la función pedagógica o rol educativo que tendrán los OA en el itinerario de aprendizaje [6]. Es decir, si se trata de definiciones, ejemplos, ejercicios, etc. [10], [12].

Si bien existen distintas formas de representar estos modelos o abstracciones, hay un acuerdo, entre los autores abordados en

la investigación realizada, en la utilización de ontologías y metadatos.

Una ontología es “una vista abstracta y simplificada del mundo que queremos representar para un propósito específico” [20, p. 106]. Estas permiten representar: (i) conceptos, (ii) relaciones entre ellos y (iii) sus atributos. También organizan el conocimiento de forma jerárquica y estructurada, lo que favorece el razonamiento automático [7], [21].

Los metadatos permiten “contar con una detallada disposición textual, que describe atributos, propiedades y características distribuidos en diferentes campos que identifican claramente al objeto, con el fin de que pueda encontrarse [y] ensamblarse” [22, p. 4]. La mayoría de los SE necesitan la información contenida en los metadatos para llevar a adelante el proceso de búsqueda y ensamblaje de OA. Sin embargo, la información necesaria para el ensamblaje va más allá de un conjunto de datos técnicos sobre el OA, las etiquetas deben tener semántica [8], [20], [23]. Algunos autores [6], [13], [15], [20] proponen la extensión del conjunto de metadatos de forma de mejorar la descripción y aportar semántica a los OA.

V. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Fue posible identificar distintos focos de análisis a partir del estudio del estado del arte y atendiendo a las principales características que identifican a las metodologías de ensamblaje de OA. Así se generaron 17 criterios que permiten tanto, clasificar las diferentes metodologías de ensamblaje, como seleccionar un SE en función de cómo se desea utilizar y del material con el que se cuenta.

Se decidió agrupar los criterios en tres categorías:

A. Estrategia. Enfocados en lineamientos básicos de ME.

B. Contexto. Vinculados al contexto e aplicación.

C. Software. Asociados al SE que implementa la ME.

A continuación, se presentan y describen los criterios de evaluación:

A. Estrategia

Ensamblador/recomendador. Establece si la propuesta aborda, o no, la recomendación además del ensamblaje de OA.

Motivación. Identifica la motivación que impulsa el proceso de investigación (selección de materiales apropiados, falta de metadatos semánticos, reutilización de OA, personalización de los itinerarios, mejora de los sistemas *e-learning*, entre otros).

Principio de ensamblaje. Se identifica la forma en que cada metodología realiza el ensamblaje.

Nivel de automatización. Establece el nivel de automatización que propone cada metodología.

Concepto de OA. Se identifican la definición y características de OA utilizadas por la ME (intencionalidad

pedagógica, metadatos, reutilizable, auto-contenido, entre otros).

Técnicas. Se identifican si las técnicas subyacentes al proceso de ensamblaje provienen de la Matemática, Informática/Computación y/o de las Ciencias de la Educación.

B. Contexto

Destinatarios ¿En quiénes se enfocan las ME: en los estudiantes, los docentes o ambos?

Proactividad del usuario. Este criterio, relacionado con el anterior, aporta más información sobre el rol que la ME propone para el usuario.

Enfoque pedagógico/didáctico. Identifica los aspectos pedagógicos se enfocan en el perfil de usuario y/o características educacionales de los MED.

Evaluación de la metodología. Se identifica cómo han sido evaluadas las ME.

C. Software

Etapas de desarrollo. Se identifica en qué etapa del desarrollo se encuentra el SE (aplicación o prototipo).

Web/Escritorio. Se determina la plataforma que requiere el SE para su funcionamiento.

Accesibilidad. Se evalúa si la aplicación está accesible. No se abordan en este criterio aspectos de la aplicación de licencias para el uso de software.

Credenciales. Se identifica si es necesario ser un usuario registrado para la utilización del SE.

Fuente de los materiales. Se identifica desde dónde son extraídos los OA (fuente local o externa).

Metadatos. Se identifica si utiliza un estándar de metadatos (IEEE LOM/DCMI).

Empaquetamiento. Se identifica si utiliza un estándar de empaquetamiento de OA (SCORM/IMS-CP).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por cuestiones de espacio no es posible mostrar en detalle los valores obtenidos en la aplicación de cada criterio. En su lugar, se muestra la utilización de algunos criterios para la clasificación de ME y SE, y el uso de los restantes para una caracterización más general de las metodologías estudiadas.

Cabe aclarar que las gráficas que se muestran a continuación pretenden resumir los datos obtenidos del análisis de las ME representando con el tamaño de la esfera la cantidad de ME que verifican el criterio.

Tomando sólo la información obtenida para la categoría *I. Estrategia*, y como foco de análisis el criterio *1.a. ensamblador-recomendador* es posible dividir a las ME en dos grupos de 17 y 16 respectivamente (ver Tabla 1).

Los ensambladores (Fig. 1a) se crearon mayormente para lograr la personalización del contenido y el mejoramiento de las herramientas de *e-learning*. Se sustentan, en general, en propuestas automáticas o semi-automáticas que utilizan técnicas basadas en metadatos y patrones para crear itinerarios de aprendizaje con OA. Estos últimos son entendidos, por la mayoría de los autores revisados, como un material educativo

reutilizable etiquetado con metadatos (en menor medida interoperables y ensamblables). Varios autores usan el concepto sin definirlo.

Los recomendadores (Fig. 1b), se centran, principalmente, en apoyar la selección de OA, una mejor organización del conocimiento y la personalización del MED. Proponen ME

automáticas que recomienden itinerarios de aprendizaje con base en ontologías y/o metadatos de usuarios/OA, además de combinar esto con el uso de patrones. Estos trabajos consideran a los OA como un MED granular, accesible y reutilizable, etiquetado con metadatos. Varios autores usan el concepto sin definirlo.

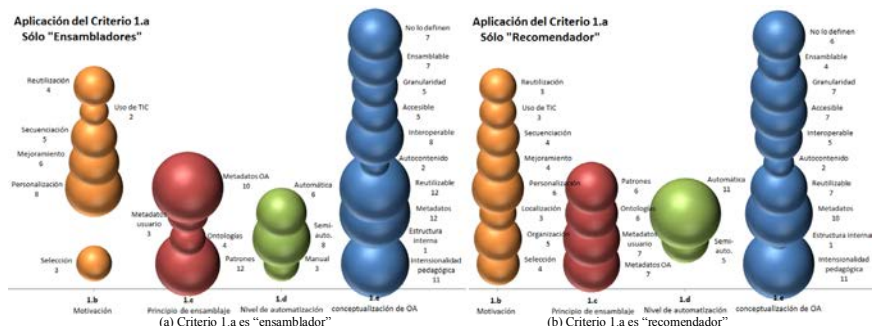


Fig. 1. Las gráficas muestran la aplicación de los criterios de la Categoría Estrategia en función del Criterio 1.a



Fig. 2. Las gráficas muestran la aplicación de los criterios de la Categoría Contexto en función del Criterio 2.a

Haciendo lo propio con la categoría 2. *Contexto*, y tomando como primer variable de análisis el criterio 2.a *Destinatarios*, se crean tres grupos (ver Tabla II): las ME enfocadas en los estudiantes (10 de 33), en los docentes (7 de 33) y en ambos (16 de 33).

Las primeras (Fig. 2a) se enfocan estudiantes pasivos y en éstos centran el enfoque desde lo pedagógico. Estas metodologías se han evaluado, principalmente, a través de pruebas de laboratorio, aunque también en algunos pocos casos hay registros de trabajos con estudiantes reales.

Cuando las ME se enfocan en los docentes (Fig. 2b) proponen usuarios activos donde los SE cumplen una función de soporte. Para esto, los SE disponen de información sobre los aspectos pedagógico del material o de éste y del usuario. Se han

evaluado, principalmente, a través de pruebas de laboratorio, aunque hay evidencia de estudios con docentes en contextos reales.

Las ME enfocadas en ambos tipos de usuarios (Fig. 2c), proponen mayoritariamente un docente activo y un estudiante pasivo. Acceden al perfil pedagógico del usuario y, en algunos casos, lo combinan con información del material. Se han hecho, principalmente, pruebas de laboratorio, aunque hay registro de estudios con usuarios reales.

Las ME, como se pudo observar en los párrafos anteriores, pueden evaluarse desde distintos focos de análisis utilizando los criterios aquí descritos. Podrían utilizarse uno o varios criterios de una categoría, tomar una categoría completa y hasta tomar

algunos criterios de las tres categorías para hacer evaluaciones puntuales.

TABLA I. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE LA CATEGORÍA ESTRATEGIA EN FUNCIÓN DEL CRITERIO 1.A

Categoría Estrategia	Valores	Criterio 1.a	
		Ensamblador	Recomendador
Criterio 1.b Motivación	Selección	3	4
	Organización	0	5
	Localización	0	3
	Personalización	8	6
	Mejoramiento	6	4
	Secuenciación	5	4
	Uso de TIC	2	3
Criterio 1.c Principio de ensamblaje	Reutilización	4	3
	Metadatos OA	10	7
	Metadatos usuario	3	7
	Ontologías	4	6
Criterio 1.d Nivel de automatización	Patrones	12	6
	Manual	3	0
	Semi-automática	8	5
Criterio 1.e Conceptualización de OA	Automática	6	11
	Intensionalidad pedagógica	11	11
	Estructura interna	1	1
	Metadatos	12	10
	Reutilizable	12	7
	Autocontenido	2	2
	Interoperable	8	5
	Accesible	5	7
No lo definen	Granularidad	5	7
	Ensamblable	7	4
		7	6

TABLA II. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE LA CATEGORÍA CONTEXTO EN FUNCIÓN DEL CRITERIO 2.A

Categoría Contexto	Valores	Criterio 2.a Destinatarios		
		Docente	Estudiante	Ambos
Criterio 2.b Proactividad del usuario	Docente activo	7	0	10
	Docente pasivo	0	0	4
	Estudiante activo	0	1	3
	Estudiante pasivo	0	5	11
Criterio 2.c Enfoque pedagógico	Material	3	0	1
	Usuario	1	4	6
	Ambos	2	2	6
Criterio 2.d Evaluación ME	EC docentes	2	0	1
	EC estudiantes	0	2	3
	Lab	3	3	7

Sería posible, además, analizarse con más detalle, por ejemplo, la definición de OA con la que trabaja la metodología

y características que toman de este tipo de material para evaluar qué ME/SE se ajusta mejor a los materiales con los que cuenta una institución. A esto último, también, podría sumarse un análisis del uso de estándares y la fuente de los materiales.

Tomando como foco de análisis el principio de ensamblaje, sería factible analizar qué tan costoso resultaría ofrecer las condiciones para que el SE pueda funcionar correctamente. Por ejemplo, si hace uso de ontologías, es probable que deban crearse/adaptarse para que represente apropiadamente el dominio en el que se usará el SE. O bien, cuando es necesaria la información del usuario (estudiante/docente), poder determinar (analizando en detalle la ME) de qué forma ésta debe ser obtenida y cómo se mantiene.

Por tanto, el conjunto de criterios de evaluación aquí presentado tiene el potencial, no solo de poder caracterizar una ME o el SE que la implementa, sino también la de apoyo a la toma de decisiones. Permitiendo decidir qué SE se adapta (y está disponible) para el uso en una institución.

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se presentaron 17 criterios para la evaluación de ME de OA. Los mismos proporcionaron la base para la toma de decisiones respecto de las metodologías evaluadas y para un análisis del estado del arte de la temática.

Asimismo, se mostró la aplicación de parte del conjunto de criterios en la evaluación de 33 metodologías de ensamblaje de OA. Esto permitió la caracterización de las ME distinguiendo, en principio, dos tipos de ME: aquellas que llevan adelante el proceso basadas únicamente en el ensamblaje y las que utilizan algoritmos de recomendación para personalizar los itinerarios. Además, fue posible identificar la utilización de patrones y metadatos (y combinación de éstos) como principal estrategia de ensamblaje, en general con un alto nivel de automatización.

En cuanto al contexto de aplicación de las ME, se encontró evidencia de una falta de evaluación con usuarios y materiales reales. También se pudo observar que, aunque una parte importante de las metodologías orientadas a docentes presentan un alto nivel de automatización, aún requieren de usuarios proactivos que diseñen patrones y etiqueten los OA. En las ME enfocadas en los estudiantes, éstos hacen uso de los itinerarios que, en muchos casos, se ajustan a sus preferencias y/o rendimiento académico.

La aplicación de los criterios ha permitido, además, identificar algunas dificultades para la adopción de ME y SE. Por una parte, los investigadores caracterizan de forma muy dispar a los OA, lo que dificulta contar con material que se ajuste a los requerimientos del SE. También, la falta de metadatos o la ausencia de semántica en los mismo, hace difícil la reutilización de OA y el uso de algunos de los SE. Asimismo, la dependencia de ontologías podría restringir la adopción de SE por el costo que conlleva el diseño de las mismas.

Con base en la evaluación realizada, se está desarrollando un análisis de la definición de OA y del modelo de contenido utilizado por cada ME. El objetivo es evaluar el impacto que esto tiene en la reutilización efectiva de OA. Se considera, a partir del estudio presentado, que aún la investigación y desarrollo de estas metodologías está en una fase inicial y que es necesario

continuar profundizando en estas temáticas para el real aprovechamiento de los OA.

REFERENCIAS

- [1] P. Marqués, "Los medios didácticos", Agosto-2011. [En línea]. Disponible en: <http://peremarques.pangea.org/medios.htm>. [Accedido: 21-jun-2015].
- [2] E. M. Morales Morgado, R. A. C. Ortuño, L. L. Yang, y T. Ferreras-Fernández, «Adaptation of Descriptive Metadata for Managing Educational Resources in the GREDOS Repository», *Int. J. Knowl. Manag.*, vol. 10, n.º 4, pp. 50–72, oct. 2014.
- [3] C. Muñoz, F. J. García-Peñalvo, E. M. Morales, M. Á. Conde, y A. M. Seoane, «Improving Learning Object Quality: Moodle HEODAR Implementation», *Int. J. Distance Educ. Technol.*, vol. 10, n.º 4, pp. 1–16, oct. 2012.
- [4] H. Rego, T. Moreira, y F. J. García-Peñalvo, «AHKME eLearning Information System. A 3.0 approach», *International Journal of Knowledge Society Research*, vol. 2, n.º 2, pp. 71–79, 2011.
- [5] N. Manouselis, H. Drachler, K. Verbert, y E. Duval, *Recommender systems for learning*. New York: Springer, 2012.
- [6] R. Farrell, S. Liburd, y J. Thomas, "Dynamic Assembly of Learning Objects", 2004, pp. 162–169.
- [7] K. Thyagarajan y R. Nayak, "Adaptive content creation for personalized e-learning using web services", *J. Appl. Sci. Res.*, vol. 3, n.º 9, pp. 828–836, 2007.
- [8] A. Bouzeghoub, M. Buffat, A. Lopes Gançarski, C. Lecocq, A. Benjama, M. Selmi, y K. Mailet, "Search and Composition of Learning Objects in a Visual Environment", en *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines*, vol. 5794, U. Cress, V. Dimitrova, y M. Specht, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 763-768.
- [9] L. P. Santacruz-Valencia, C. Delgado Kloos, e I. Cuevas Aedo, "Automatización de los procesos para la generación ensamblaje y reutilización de Objetos de Aprendizaje", Tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2005.
- [10] C. Ullrich y E. Melis, "Pedagogically founded courseware generation based on HTN-planning", en *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, n.º 5, pp. 9319–9332, 2009.
- [11] W. Wetzlinger, A. Auinger, y C. Stary, "Ad-hoc Composition of Distributed Learning Objects using Active XML", en *Int. J. Emerg. Technol. Learn. IJET*, vol. 3, n.º 3, pp. 33-39, 2008.
- [12] K. Verbert, X. Ochoa, M. Derntl, M. Wolpers, A. Pardo, y E. Duval, "Semi-automatic assembly of learning resources", en *Comput. Educ.*, vol. 59, n.º 4, pp. 1257–1272, 2012.
- [13] N. V. Anh y H. S. Dam, «ACGs: Adaptive Course Generation System - An Efficient Approach to Build E-Learning Course», en *Computer and Information Technology, 2006. CIT '06. The Sixth IEEE International Conference on*, 2006, pp. 259-259.
- [14] T. Chellamilan y R. M. Suresh, «Automatic classification of learning objects through dimensionality reduction and feature subset selection in an e-learning system», en *Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference on*, 2012, pp. 1-6.
- [15] A. Garrido, E. Onaindia, y O. Sapena, «Automated Planning for Personalised Course Composition», en *Advanced Learning Technologies, Riga, Latvia, 2009*, pp. 178-182.
- [16] Y.-M. Huang, T.-C. Huang, K.-T. Wang, y W.-Y. Hwang, «A Markov-Based Recommendation Model for Exploring the Transfer of Learning on the Web.», en *Educ. Technol. Soc.*, vol. 12, n.º 2, pp. 144–162, 2009.
- [17] J. Jovanović, D. Gašević, y V. Deveđić, «TANGRAM for personalized learning using the semantic web technologies», en *J. Emerg. Technol. Web Intell.*, vol. 1, n.º 1, pp. 6–21, 2009.
- [18] M. Kellar, H. Stern, C. Watters, y M. Shepherd, «Information architecture to support dynamic composition of interactive lessons and reuse of learning objects», en *System Sciences, 2004. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2004.
- [19] J. Schreurs, B. Vanhove, y A. Al-Zoubi, «Assembling content into dynamic learning objects versus authoring of e-learning courses.», en *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 3, n.º 3, pp. 15-20, 2008.
- [20] L. P. Santacruz-Valencia, A. Navarro, C. Delgado Kloos, y I. Aedo, "ELO-Tool: Taking Action in the Challenge of Assembling Learning Objects", en *J. Educ. Technol. Soc.*, vol. 11, n.º 1, pp. 102-117, 2008.
- [21] M. G. López, V. Miguel, y N. E. Montaña, "Sistema Generador de Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje Constructivistas basados en Objetos de Aprendizaje (AMBAR): la Interdisciplinariedad en los ambientes de aprendizaje en línea", *Rev. Educ. Distancia*, n.º 19, pp. 1-14, 2008.
- [22] L. García Aretio, "MOOC: objetos de aprendizaje", en *Context. Univ. Medios*, vol. 19, n.º 13, pp. 1-6, 2013.
- [23] A. L. Gançarski, A. Bouzeghoub, B. Defude, y C. Lecocq, «Iterative search of composite learning objects», en *IADIS International Conference WWW/Internet, Vila Real, Portugal*, pp. 8-12, 2007.