

Caracterización Semántica de Objetos de Aprendizaje Adaptativos mediante una Ontología de Tareas

Semantic Characterization of Adaptive Learning Objects using a Task Ontology

Guevara, Carlos^{1*}; Aguilar, José^{2,3}

¹Centro de Investigaciones en Informática y Tecnologías de la Computación, Universidad Nac. Experimental de Guayana Ciudad Guayana, CA 8050, Venezuela.

²Centro de Estudios en Microelectrónica y Sistemas Distribuidos, Universidad de Los Andes Mérida, CA 5101, Venezuela.

³Escuela Politécnica Nacional, Universidad Técnica Particular de Loja Quito, Ecuador.

*carlos.guevaraf@gmail.com

Resumen

La incorporación del e-learning como paradigma alternativo a la educación tradicional exige el desarrollo de herramientas que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje y el uso de recursos aprendizaje cada vez más ajustados a las necesidades del usuario. Entre los recursos de aprendizaje están los Objetos de Aprendizaje Adaptativos (OAA), que consisten en Objetos de Aprendizaje (OA) con capacidad de adaptación. En este sentido, en este trabajo se tiene como objetivo caracterizar semánticamente los OAA, con la finalidad de conceptualizarlos y facilitar su implementación. Para el modelado, se utilizó la metodología ODA (Ontology-Driven Architecture). Como resultado, se diseñó una ontología de tareas que integra las ontologías de Reglas, de Metadatos y de OAA, para caracterizar semánticamente los OAA.

Palabras Claves: Objeto de Aprendizaje Adaptativo, Estándar LOM, Metadatos de Adaptación, Modelos Ontológicos, Ontología de Tareas, Ontology-Driven Architecture

Abstract

The incorporation of e-learning as an alternative paradigm to traditional education requires the development of tools that facilitate the teaching-learning process and the utilization of learning resources increasingly adjusted to the needs of the user. Among the learning resources are the Adaptive Learning Objects (ALO), which consist of Learning Objects (LO) with adaptability. In this sense, the goal of this work is semantically characterize ALOs, in order to conceptualize them and facilitate their implementation. For the modeling, the ODA methodology (Ontology-Driven Architecture) has been used. As a result, an ontology of tasks was designed that integrates the Rule, Metadata and OAA ontologies, in order to semantically characterize ALOs.

Keywords: Adaptive Learning Objects, Extended LOM Standard, Metadata of Adaptation, Ontological Model

1 Introducción

El uso extendido del *e-learning* como un paradigma de aprendizaje, ha despertado en la comunidad científica el interés de desarrollar herramientas que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje cada vez más ajustados a las necesidades del usuario. Los Objetos de Aprendizaje (OA), entendidos como cualquier recurso digital que puede ser

usado como soporte al aprendizaje (Wiley, 2000), y los Sistemas Gestores de Aprendizaje (LMS), son algunas de las propuestas para desarrollar el *e-learning*. Jin (2011) presenta un compendio de estudios emergentes sobre Sistemas de *e-learning* para el mejoramiento del proceso de aprendizaje, apoyo al aprendizaje social inteligente, entre otros.

Garrido y col. (2012) hacen una propuesta de

planificación inteligente para la personalización del uso de contenidos y rutas de aprendizaje, conexa y estructurada que satisfaga el perfil del estudiante, de forma transparente al usuario. Presentan un prototipo al que denominan myPTutor, que cubre las etapas desde la extracción de conocimiento de e-learning hasta la planificación, monitorización y reparación/adaptación la cual integran a un LMS.

Las ontologías y los OA son dos (02) tecnologías que tratan de generar conocimiento. Las ontologías han venido tomando un papel importante en el desarrollo de sistemas inteligentes y adaptativos (W3C, 2012). Tradicionalmente, se usan en *e-learning* para describir OA, facilitar su búsqueda semántica, además de servir a los usuario como referencia sobre los conceptos y terminologías utilizadas.

Entre los trabajo que relacionan ontologías con OA está el de Deline y col. (2009), que presentan un caso de estudio para el desarrollo de un sistema educativo inteligente manejado por ontologías. Ellos proponen una metodología ODD (Ontology-Driven Development) basada en 4 pasos principales: definición de actores principales, revisión de objetivos y áreas de interés, definición de una arquitectura, y la planificación de la ontología específica. Por su parte, Vidal y col. (2010) presentan un Modelo Ontológico para la Secuenciación de OAs, el cual ayuda al diseñador instruccional en las tareas de secuenciación de OA al recomendar, mediante el uso de reglas de inferencia, los OAs más adecuados de acuerdo al contexto instruccional en el que se construyen los recursos. Casali y col. (2013) desarrollan un asistente para la carga de OAs con un enfoque basado en ontología. Proponen una ontología para LOM fundamentado en las categorías del estándar, y un prototipo para la carga de metadatos de OA, relacionando la ontología diseñada con repositorios de datos y OAs. En el trabajo de Aguilar (2011) se desarrolla un sistema inteligente de búsqueda por contexto, compuesto por una ontología para modelar el marco conceptual de búsqueda en la Internet, un mecanismo de razonamiento basado en reglas para usar la ontología e inferir patrones de comportamiento sobre Internet, y metadatos para almacenar instancias de información de la Internet. En él se propone una arquitectura compuesta por tres (03) capas: presentación, formada por las interfaces a usuarios y al administrador del sistema; intermedia, aborda lo concerniente al servidor de la aplicación y al motor de inferencia; y base de datos, donde se almacenan los datos de los usuarios y la base de conocimientos.

Un esquema de personalización de servicios de recomendación en contextos ubicuos para aplicaciones de aprendizaje es desarrollado por Durán y col. (2017). Aspectos como OAs según puntos de interés, caminos de aprendizaje personalizados, puntos de interés más cercanos, asesoramiento de expertos y colaboración entre pares, son considerados por sus autores; la propuesta fue diseñada basada en modelos ontológicos, y plantea una arquitectura que abarca cuatro dimensiones: los modelos, las ontologías,

los componentes de software, y el mundo exterior.

Por su parte, Quiroz y col. (2018) presentan un modelo de interfaz gráfica con capacidad de adaptarse al perfil de los usuarios, el cual es formalizado a través de ontologías a fin de darle capacidad de recomendar OAs; la propuesta consiste en distribuir en 5 paneles la interfaz del usuario (menú, búsqueda, contenidos, notas, repositorios), en el uso de ontologías para representar el conocimiento, en el filtrado (colaborativo, contenido, conocimiento) para recomendar OAs, y un sistema multiagente encargado de realizar la adaptación de la interfaz de acuerdo al perfil del usuario.

Debido al interés de incorporar capacidades adaptativas a los OAs y a los ambientes virtual de aprendizaje, Guevara y col. (2016) proponen un Modelo de Objetos de Aprendizaje Adaptativos (MOAA) reconfigurable, basado en el estándar IEEE-LOM (IEEE, 2002). Por tal motivo, dando continuidad a esa propuesta, en este trabajo se presenta una caracterización semántica de los objetos de aprendizaje adaptativos (OAA), para lo cual se usa la metodología de Ingeniería Orientada por Modelos (*Model Driven Engineering -MDE*), y se construye una ontología de tareas para la integración de las diversas ontologías diseñadas.

El presente artículo se organiza de la siguiente manera, la siguiente sección presenta algunos aspectos teóricos, luego presentamos de forma detallada el Modelo Ontológico Semántico del Objeto de Aprendizaje Adaptativo (MOnTOSOAA), posteriormente se presentan los resultados de la investigación, y se compara con trabajos relacionados, para finalmente, presentar las conclusiones.

2 Marco Teórico

II.1. Objetos de Aprendizaje y Metadatos

Hay diferentes propuestas para definir un OA, unas lo consideran en un sentido amplio, al incluir en él a cualquier recurso, tanto digital como no digital, que pueda ser utilizado para el aprendizaje, educación o entretenimiento (IEEE, 2002), otras lo delimitan sólo a recursos digitales (Wiley 2000, Gutierrez 2008, Menéndez y col. 2011). En nuestro caso, se considera al OA como un recurso digital multimedia reusable, que puede ser utilizado en la instrucción y aprendizaje, y emplea metadatos para su descripción. De allí se derivan dos elementos a considerar en un OA, el recurso digital con características multimedia con fines educativos, y el uso de metadatos para describirlos.

La definición de estándares para los metadatos busca proporcionar un lenguaje común que norme el desarrollo y comunicación de los OAs; describen y suministran propiedades e información sobre éstos, permitiendo, entre otras cosas, facilitar y optimizar su manipulación, descubrimiento y reutilización. Diversas organizaciones se han encargado de formular estándares para los metadatos de

los OAs, entre ellas está la Iniciativa de Metadatos Dublín Core (*Dublin Core Metadata Initiative - DCMI*), la cual desarrolló un estándar para la descripción de recursos entre dominios, conocido como el Conjunto de Elementos de Metadatos Dublín Core (*Dublin Core Metadata Element Set*) que se recoge en la norma ISO 15836 del año 2009, y la norma NISO Z39.85-2012. El conjunto de metadatos propuesto por la DCMI (DCMI, 2012) se presenta en la Tabla 1, y consta de 15 componentes agrupados en tres categorías.

Tabla 1. Conjunto de Elementos de Metadatos de DCMI

	Categoría	Elementos
1	Contenido	Título, Tema Descripción, Fuente Tipo de recurso, Relación Cobertura
2	Propiedad Intelectual	Autor o Creador, Editor Colaboradores, Derechos
3	Instanciación	Fecha, Formato Identificador del recurso Idioma

Otra iniciativa para describir metadatos de un OA es el modelo propuesto por la IEEE, a través del *Learning Technology Standards Committee (LTSC)*, denominado Estándar LOM (*Standard for Learning Object Metadata – Standard LOM*). Consta de 80 descriptores agrupados en nueve categorías (IEEE, 2002). En la Tabla 2, se muestra un resumen de las categorías definidas en el Estándar LOM.

Tabla 2. Categorías del Estándar IEEE-LOM

Nº	Categoría	Descripción
1	General	Esta categoría agrupa la información general que describe este objeto educativo en su conjunto.
2	Ciclo de Vida	Esta categoría describe la historia y estado actual de este objeto educativo así como aquellas entidades que han afectado su evolución.
3	Meta-Metadatos	Esta categoría describe el propio registro de metadatos (en lugar del objeto educativo descrito por el registro de metadatos).
4	Técnica	Esta categoría describe los requisitos y características técnicas de este objeto educativo.
5	Uso Educativo	Esta categoría describe las características educativas o pedagógicas fundamentales de este objeto educativo.
6	Derechos	Esta categoría describe los derechos de propiedad intelectual y las condiciones de uso aplicables a este objeto educativo.
7	Relación	Esta categoría describe las relaciones existentes, si las hubiese, entre este objeto educativo y otros.

8	Anotación	Esta categoría proporciona comentarios sobre la utilización pedagógica de este objeto educativo, e información sobre quién creó el comentario y cuando fue creado.
9	Clasificación	Esta categoría describe dónde se sitúa este objeto educativo dentro de un sistema de clasificación concreto.

II.2. Objeto de Aprendizaje Adaptativo

Un Objeto de Aprendizaje Adaptativo (OAA) es “un recurso digital multimedia reusable, que puede ser utilizado en la instrucción y aprendizaje, el cual contiene metadatos para su descripción, y es capaz de adaptarse al contexto” (Guevara y col., 2016, 2017). La adaptación de un OA es un proceso complejo, recursivo y dinámico, en donde pueden sucederse varios tipos de adaptación en forma simultánea.

El Modelo de Objeto de Aprendizaje Adaptativo (MOAA) presentado por Guevara y col. (2016),

el cual constituye la base de este artículo, se muestra en la Figura 1.

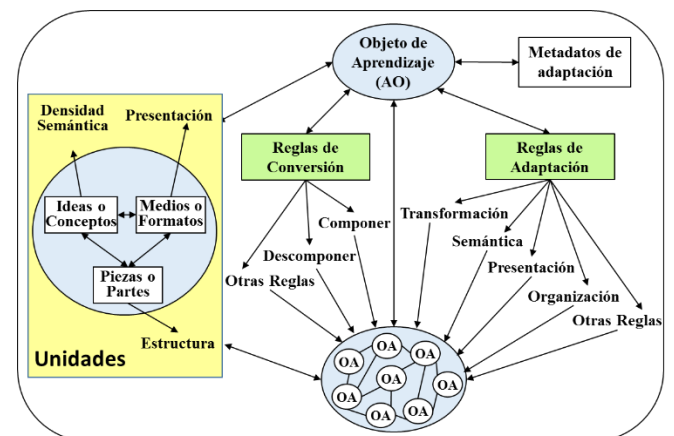


Figura 1. Modelo Objeto de Aprendizaje Adaptativo [11]

El MOAA, está compuesto por 4 elementos:

- OA: es el componente a adaptar, de acuerdo a la información obtenida del contexto.
- Unidades: son pequeños bloques o fragmentos, tales como conceptos, medios o piezas, en que se descompone el OA. Los conceptos son las ideas que se manejan en un OA; los medios son los distintos formatos en que se presentan las ideas, y las piezas son las partes en que se estructura el OA.
- Reglas: se definen dos categorías de reglas, las de Adaptación y las de Conversión, que especifican, respectivamente, los ajustes estructurales o contextuales que se le realizan al OA.
- Metadatos de Adaptación: describe los datos y procesos requeridos para facilitar el proceso de adaptación del OA.

Las reglas de adaptación y de conversión del OAA interactúan de forma dinámica para lograr la adaptación

semántica, de presentación del contenido, organización, o la customización del OA, o bien la combinación de varios o todos los anteriores, transformándose en un OA adaptado a determinados requerimientos del contexto.

La capacidad de adaptación es una característica que adolecen los OA en los actuales sistemas de aprendizaje en entornos virtuales, de allí que su modelado y construcción será de gran importancia, tanto para mejorar la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como para apoyar los paradigmas emergentes en el área educativa.

II.3. *Arquitectura Orientada por Modelos (MDA) y Arquitectura Orientada por Ontologías (ODA)*

La Ingeniería Orientada por Modelos (Model Driven Engineering -MDE) es una metodología de desarrollo de software basado en la especificación de modelos de dominios (representaciones abstractas del conocimiento y actividades que rigen en un dominio particular), y no en la implementación computacional. Tiene por objeto incrementar la productividad, maximizando la compatibilidad entre los sistemas mediante la reutilización de modelos estandarizados; simplificar el proceso de diseño, empleando modelos de patrones de diseño; y promover la comunicación entre los individuos y equipos que trabajan en el sistema, estandarizando terminologías y las mejores prácticas empleadas en el dominio de aplicación. Abarca desde la fase de definición de requerimientos del negocio hasta la implementación tecnológica (Schmidt, 2006).

La Arquitectura Orientada por Modelos (*Models Driven Architecture-MDA*) es un campo del paradigma MDE propuesto por Object Management Group (2014), que busca la interoperatividad e integración de sistemas en entornos heterogéneo, basado en la representación de modelos formales independientes de las especificaciones de su implementación (Alhir, 2003). Para la conceptualización, especificación y diseño del sistema, MDA considera 3 capas:

- Modelo independiente computacional (*Computation Independent Model-CIM*), representa el dominio del negocio, se centra en caracterizar el sistema a desarrollar y los requisitos que debe satisfacer, describe el contexto en que usará el sistema.
- Modelo independiente de la plataforma (*Platform Independent Model-PIM*), muestra la lógica o comportamiento del sistema. Se centra en el funcionamiento del sistema, sin considerar los detalles específicos para su implementación.
- Modelo específico a la plataforma (*Representation of Platform Specific Model-PSM*), representa la forma como el sistema será implementado, considerando los detalles específicos de una plataforma y lenguajes en particular.

Una de las aplicaciones específicas del MDA es el modelaje ontológico. En función de esto, la W3C ha propuesto Arquitecturas Dirigidas por Ontologías

(*Ontology-Driven Architecture-ODA*), que combina el MDA con modelos ontológicos (Tetlow y col., 2006).

Dentro del campo de la informática y las ciencias de la computación, las ontologías proporcionan una forma de representar conocimiento de un cierto dominio de una manera estructurada, y sobre todo, para ser entendida por computadores, y también por humanos (Vidal y col., 2010). Una ontología define los términos a utilizar para describir y representar un área de conocimiento. Una ontología es la especificación de una conceptualización, a su vez la conceptualización es una abstracción, una vista simplificada del mundo que queremos representar con algún propósito. Está compuesta por conceptos, relaciones, axiomas, instancias y funciones (Gruber 1993, Chandrasekaran y col., 1997, Chandrasekaran y col., 1999, W3C 2003).

ODA relaciona técnicas de representación formal utilizadas en la web semántica con paradigmas de la ingeniería de software, empleando las ontologías para modelar todo el proceso de especificación, diseño e implementación del sistema de software. De esta manera, ODA usa las ontologías como modelos conceptuales para el desarrollo de los componentes del software, describiendo sus propiedades, relaciones y comportamientos, y como modelos de los componentes en tiempo de ejecución, al conservar la lógica codificada en las reglas básicas del sistema (Happel y col., 2006).

Al ser ODA una extensión del MDA, conserva la arquitectura de capas propuesta por ésta, a la que le incorpora componentes ontológicos, con la finalidad de aprovechar las ventajas que ofrecen las tecnologías de la web semántica para proveer representación de vocabularios de dominios ambiguos, chequear consistencia y validación de modelos, entre otros.

II.4. *Ontología de Tareas*

En ocasiones, un dominio de conocimiento representado en una ontología puede requerir ser aplicado a diferentes situaciones. Por ejemplo, el conocimiento sobre los ríos puede ser utilizado por un ingeniero para su aprovechamiento energético, mientras que una empresa naviera lo usará para determinar su navegabilidad y tipo de embarcación a utilizar. Así, se tiene el inconveniente que las ontologías representan el conocimiento de un dominio, pero no son dependientes de las tareas que se quieren realizar con ese conocimiento, por lo tanto, se requieren otras estrategias para resolver el problema anterior.

De acuerdo a Chandrasekaran y col. (1997), para resolver un problema se necesitan dos (02) tipos de conocimiento, el del dominio del problema (representado por las ontologías), y como resolver el problema. Para integrar estos conocimientos, se necesitan estrategias que permitan mapear el proceso de solución del problema con las ontologías requeridas.

Una forma de abordar el problema de integración de las ontologías con el proceso de resolución de problemas es utilizando ontologías de tareas, entendiéndose como tarea,

la meta que se desea alcanzar. El conocimiento de tareas es asociado a la descripción de una tarea, descomponiéndola en subtareas, con un control de flujo entre ellas (Freitas, 2008).

Mediante la ontología de tareas se representan dos (02) tipos de conocimiento, la *descomposición y flujo de las tareas*, que da una vista de su comportamiento; y los *roles* que juegan las entidades o conceptos del dominio cuando se ejecuta la tarea, que da una vista sobre su estructura. La descomposición de tareas en secuencia de actividades (subtareas), los cambios de estado de los objetos definidos, los actores que ejecutan los cambios, y el control de flujo, describen el comportamiento de la tarea. Por su parte, los roles de los actores se enlazan con el dominio del conocimiento de la ontología para definir su estructura.

Rodríguez y col. (2013) presentan la construcción de una ontología de tareas. En su trabajo definen un marco ontológico en donde se expresan las tareas involucradas en el proceso, la ontología de tareas, la especificación de cada una de las ontologías, así como la integración de ellas.

3 Modelo Ontológico Semántico del Objeto de Aprendizaje Adaptativo (MOntoSOAA)

En la construcción del Modelo Ontológico Semántico del Objeto de Aprendizaje Adaptativo (MOntoSOAA) se combinaron varias metodologías. Se tomó como base Methontology (Fernández y col, 1997), para determinar los conceptos y requisitos de la ontología, y para el modelado se usó ODA. Finalmente, se trabajó con una ontología de tareas para la integración de las ontologías diseñadas. En la implementación de las ontologías, se utilizó el programa Protegé. El MOntoSOAA que se presenta en este artículo, tiene de base el Modelo de Objeto de Aprendizaje presentado por Guevara y col. (2016).

III.1 Arquitectura ODA del OAA

De la definición de OAA presentada anteriormente, se desprenden 2 elementos importantes, el primero, se concibe al OAA como un recurso digital multimedia reusable con una serie de descriptores o metadatos para facilitar su adaptación; el segundo es su capacidad de adaptación, la cual demanda la posibilidad de poder comunicarse, descubrir y utilizar de forma automática, distintos recursos que residen en otros dispositivos o máquinas. La definición semántica del OAA, ayudará a entender su concepción a los fines de facilitar su posterior construcción.

Debido a que la interacción básica del OAA, para la adaptación del OA, se da entre máquinas y no entre humanos, para su modelado se trabajó con la metodología ODA, en donde las ontologías definidas en las capas CIM y PIM conceptualizan semánticamente al OAA, y a la vez, brindan un marco que facilita la comunicación entre máquinas.

ODA se basa en la arquitectura MDA, por tal motivo, en

la Figura 2 se presenta primeramente la arquitectura MDA para el OAA, y después se desarrolla ODA. En la capa CIM se representa el dominio del OAA, constituido principalmente por el OA, las Unidades o fragmentos en que se divide el contenido del OA, y los metadatos del OA. En la capa PIM se presenta el comportamiento del OAA. Mientras que en la capa PSM se mencionan los elementos que servirán de base para su implementación, lo cual quedará para un futuro trabajo.

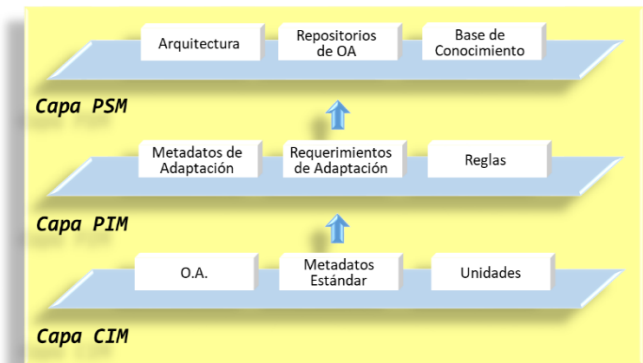


Figura 2. Arquitectura MDA del MOAA

III.1.1 Capa CIM

La Capa CIM representa la capa de mayor abstracción dentro de la arquitectura ODA, en ella se define conceptualmente el dominio del OAA. Está formada por el OA, las Unidades y los estándares de Metadatos de OA usados en este trabajo. Los componentes de la ontología diseñada para esta capa se describen a continuación:

Conceptos:

- Objeto de Aprendizaje (OA): recurso digital multimedia reusable, que puede ser utilizado en la instrucción y aprendizaje, y emplea metadatos para su descripción.
- Unidades: son pequeños bloques o fragmentos en que se descompone el contenido de un OA. Pueden ser conceptos (ideas o léxicos); medios o formatos incluidos en el OA; o piezas o elementos en que se organiza el contenido del OA.
- Metadatos Estándar: son los datos que describen al OA. Para facilitar la interacción con los OA, se clasifican de acuerdo a los dos (02) estándar más utilizados para describirlos, el estándar IEEE-LOM y el Dublin Core.

Relaciones:

- Tiene: define una relación de jerarquía entre los componentes de la ontología. Relaciona el OA con los Metadatos Estándar y la Unidades, así como los conceptos con su idea y léxico.
- TieneAtributo: define los atributos de un elemento.
- FormaParteDe: Define cuando un elemento es parte de otro.
- isbasedon: empleada cuando un OA instruye basándose en lo instruido por otro.

- *isbasisfor*: empleada cuando un OA es la base para lo que instruye otro (relación inversa de *isbasedon*).
- *ispartof*: empleada cuando el OA es parte de otro OA de mayor cobertura.
- *haspart*: indica cuando el OA tiene parte de otro OA.
- *isreferedby*: es utilizada para indicar que el OA es mencionado por otros OA.
- *Isrequiredby*: es utilizada cuando un OA requiere de otro para cumplir sus propósitos de enseñanza
- *hasformat*: indica cuando un OA tiene un determinado tipo de formato
- *isformatof*: indica cuando un formato es parte de un OA

Axiomas:

- $\forall x$ (*tiene*(x, y) and *tiene* (x, z) and ($y \in$ *Unidades*) and ($z \in$ *Metadatos*) \Rightarrow ($x \in$ *OA*)
- Para todo x , si x tiene Metadatos y x tiene Unidades, entonces x es un OA

Adicionalmente, para construir la estructura semántica, se utilizan como atributos las categorías definidas en los estándares LOM y Dublín Core.

En la Figura 3 se muestra la implementación en Protegé del modelo ontológico de la Capa CIM, utilizado para definir el dominio del OAA.

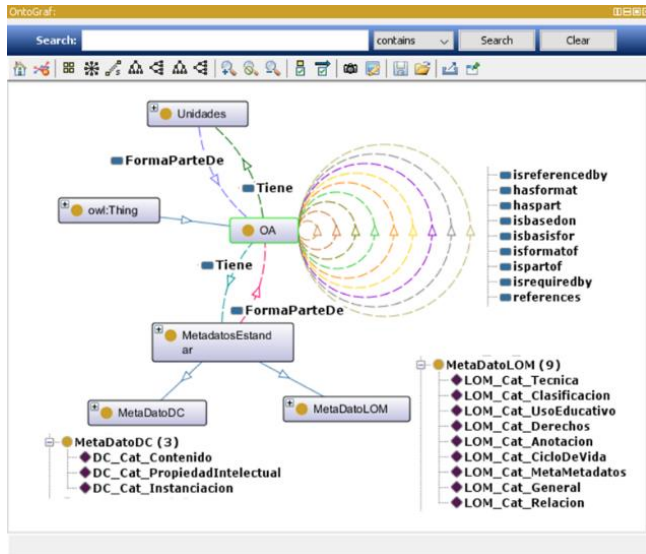


Figura 3. Modelo Ontológico del OA. Capa CIM

En las Figura 4 se presenta la taxonomía de la ontología implementada, mientras que en la Figura 5 se muestra un ejemplo de las reglas.

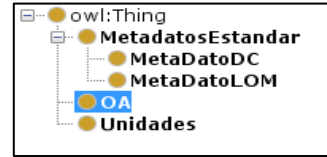


Figura 4. Capa CIM. Taxonomía



Figura 5. Capa CIM. Axiomas

En el axioma que se presenta en la Figura 5 se evalúa si un elemento dado es un OA. Por ejemplo, dado un recurso de aprendizaje “ x ”, si “ x ” tiene un elemento “ y ”; y “ x ” tiene un elemento “ z ”, donde “ y ” es alguno de los conjuntos de metadatos estándar (LOM o DC) y “ z ” es alguna de las unidades definidas para un OA, entonces “ x ” es un OA, en otras palabras, “ x ” tiene contenido y tiene metadatos.

La ontología diseñada para la Capa CIM presenta una definición semántica de un OA, mediante la definición de los conceptos, relaciones, axiomas y atributos que la conceptualizan.

III.1.2 Capa PIM

La capa PIM maneja el segundo nivel de abstracción de la arquitectura ODA, en esta se describe el comportamiento del OAA de forma independiente de la plataforma de implementación. Para esta capa se diseñaron tres (03) ontologías, una para conceptualizar al OAA como tal, otra para generar las reglas que se emplean para adaptar al OAA y la tercera para la gestión de los metadatos de adaptación. La integración de las ontologías se realiza mediante una ontología de tareas.

III.1.2.1 Ontología del OAA

En esta ontología se conceptualiza semánticamente al OAA. Está integrada por un OA, el cual se adapta a un contexto mediante un conjunto de reglas diseñadas para tal propósito. A continuación, se describen sus componentes.

Conceptos:

- Objeto de Aprendizaje (OA): recurso digital multimedia reusable, que puede ser utilizado en la instrucción y aprendizaje, y emplea metadatos para su descripción.
- Objeto de Aprendizaje Adaptativo (OAA): es un OA con capacidad para adaptarse al contexto, el cual contiene un conjunto de metadatos para facilitar el proceso de adaptación.
- Contexto: ambiente en donde interviene el OAA. Considera preferencias y limitaciones del usuario, así como preferencias y limitaciones tecnológicas.
- Reglas de Adaptación: conjunto de reglas definidas para adaptar al OA.

Relaciones:

- isbasedon: empleada cuando un OAA enseña basándose en lo enseñado en otro.
- ispartof: empleada cuando el OA es parte de otro OA de mayor cobertura.
- haspart: indica cuando el OA tiene parte de otro OA.
- isreferedby: es utilizada para indicar que el OA es mencionado por otros OAs.
- Isrequiredby: es utilizada cuando un OA requiere de otro para cumplir sus propósitos de enseñanza
- Tiene: define una relación de jerarquía entre los componentes de la ontología. Relaciona el OAA con las Reglas de Adaptación.
- Usa: indica que un elemento usa otro elemento. Relaciona reglas de Adaptación con el Contexto.
- EsUsadoPor: señala cuando un elemento es usado por otro. Define la relación entre el Contexto y las Reglas de Adaptación.
- EsUn: indica una relación de composición de elementos. Relaciona al OAA con el OA.

Axiomas:

- $\forall x \in OAA \Rightarrow x \in OA$
Todo x que sea un OAA también es un OA
- $\forall x \in OAA,$
 $x \in OA \wedge \exists y \subseteq Reglas\ de\ Adaptación \wedge y \in OA$
Todo OAA es un OA que contiene un conjunto de reglas de adaptación.

En la Figura 6 se presenta la ontología diseñada para el OAA. En ella se destacan 2 aspectos, primeramente, el OAA es un OA que tiene un conjunto de propiedades que le dan la capacidad de adaptarse al contexto; en segundo lugar, la importancia de disponer de una serie de metadatos para facilitar el proceso de adaptación. En la Figura 7 se presenta un ejemplo de algunos axiomas diseñados en Protegé.

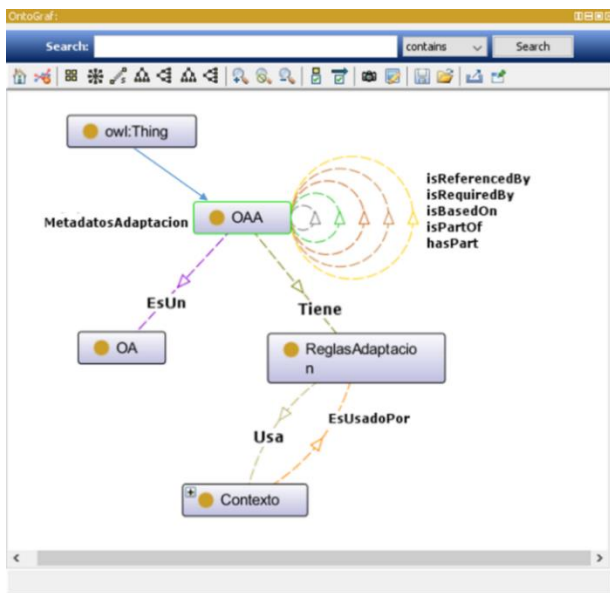


Figura 6. Ontología OAA

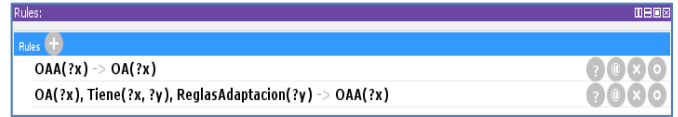


Figura 7. Capa PIM. Axiomas Ontología OAA

III.1.2.2 Ontología de Reglas

El OAA interviene en un ambiente que cambia dinámicamente de acuerdo a las necesidades, tanto del usuario como tecnológicos. En consecuencia, para su adaptación se requiere la aplicación de un conjunto de métodos, que permitan la incorporación de variaciones detectadas en el entorno donde se desarrolla el proceso de aprendizaje. Los métodos utilizados para tal fin, fueron definidos en el OAA mediante reglas, que pueden variar en el tiempo. Es por ello que se diseñó una Ontología de Reglas genérica, que recoge tanto las reglas de adaptación, como las reglas de conversión propuestas en el MOAA presentado en la Figura 1, con el fin de facilitar la incorporación y/o modificación de reglas al OAA. Los componentes de la ontología de reglas se presentan a continuación

Conceptos:

- Entidad: son las distintas unidades que componen un OA, a las que se les aplica las acciones para adaptarlas a los requerimientos del contexto. Las unidades pueden ser conceptos, medios o piezas.
- Acción: son las acciones que se aplican para adaptar a una entidad. Las acciones se pueden organizar jerárquicamente, y asociarse entre sí mediante 2 relaciones: ComplementaA, si una acción complementa a otra acción; EscomplementadaPor, si una acción requiere de otra acción para poder ejecutar el objetivo para el cual fue diseñada.
- Vínculo: describe como se asocian los elementos del OAA y el producto que se obtiene al aplicar una acción a una entidad. La descripción de los vínculos se realiza mediante 2 relaciones: SeAplicaA la cual vincula una acción que se aplica a una Entidad; y Genera, que indica cuál es el Producto que se genera al aplicar una acción a una entidad.

Relaciones:

- Tiene: permite relacionar las acciones con los vínculos que se dan entre los elementos del OAA
- Afecta: determina las acciones que se pueden aplicar a una entidad,
- AfectadaPor: indica que una entidad es afectada por una acción.
- AsociadasPor: las entidades están asociadas por vínculos, que indican cual es el producto que se obtiene cuando se le aplica una acción.

- DefinidoEntre: un vínculo es definido entre unidades, indica la entidad que se genera al aplicar una acción a una unidad.
- TieneParte: indica cuando una entidad tiene parte de otra entidad.
- EsParteDe: utilizada cuando una entidad es parte de otra entidad de mayor cobertura
- ReferenciaA: indica cuando una entidad referencia a otra entidad
- EsReferenciadoPor: señala cuando una entidad es referenciada por otra entidad.
- TieneAcción: indica las acciones definidas sobre una entidad.

Axiomas:

A continuación se indican algunos axiomas genéricos definidos para la ontología de reglas:

- Si $x, y \in Entidades \wedge z \in Accion \wedge z seAplicaA x \Rightarrow z Genera y$
Si una acción se le aplica a una entidad, entonces se genera una nueva entidad
- Si $x, y \in Entidades \wedge w, z \in Accion \wedge z seAplicaA x \wedge w ComplementaA z \Rightarrow z Genera y$
Una acción que complementa a otra acción de mayor alcance y se le aplica a una entidad, entonces se genera una nueva entidad.

En la Figura 8 se presenta el modelo ontológico de reglas y en la Figura 9 algunos axiomas diseñados en Protegé.

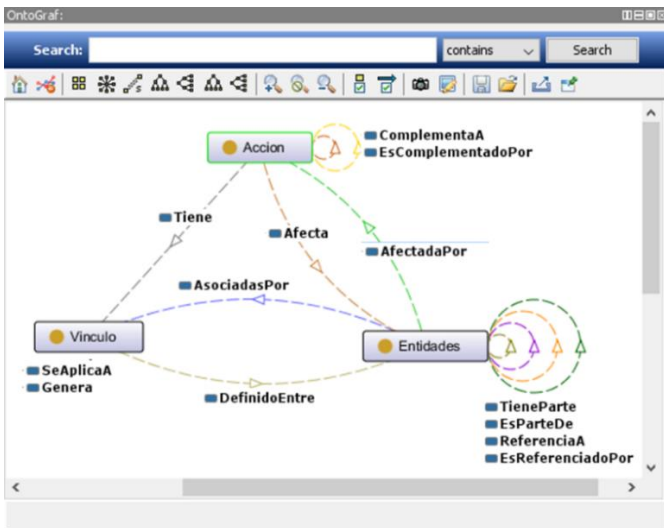


Figura 8. Capa PIM. Modelo Ontológico de Reglas

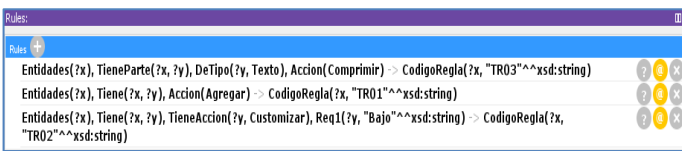


Figura 9. Capa PIM. Axiomas de la Ontología de Reglas

III.1.2.3 Ontología de Metadatos de Adaptación

El OAA contiene un conjunto de metadatos para su descripción. Estos están formados por las 9 categorías que define el Standard LOM (IEEE, 2002), a las que se le incorpora la Categoría 10 (metadatos de adaptación) propuesta por Guevara y col. (2016) para facilitar la gestión de los OAA. Adicionalmente, en este trabajo se utiliza el modelo ontológico OLOMcat10 (Guevara y col., 2017), el cual se presenta a continuación.

Conceptos:

- Categoría 10: Categoría propuesta que extiende el estándar LOM [30], para facilitar el proceso de adaptación de los OAA
- Regla Base: Regla inicial que dispara el proceso de adaptación del OAA
- Catálogo de Reglas: es un catálogo que describe y direcciona un conjunto de reglas derivadas que complementan la regla base.
- Catálogo de Servicios: lista o catalogo que describen un conjunto de servicios requeridos por el proceso de adaptación del OAA

Relaciones:

- Tiene: define una relación de jerarquía entre los componentes de la ontología. Relaciona la Categoría10 con las demás clases que pertenecientes a la categoría.
- Usa: indica que un elemento Usa otro elemento.,
- EsUsadoPor: señala cuando un elemento es usado por otro.
- EsUn: indica cuando un elemento caracteriza a otro, relaciona los atributos de las clases con sus tipos de datos.
- ComplementaOtroServicio: relación utilizada para indicar que un servicio puede ser complementado por otro servicio.
- ComplementaOtraRegla: relación utilizada para indicar que una regla puede ser complementada por otra regla.
- Requiere: esta relación es utilizada para indicar que un elemento (reglas) requiere de otro elemento (servicios) para cumplir sus propósitos.
- EsParteDe: indica cuando el elemento es parte de otro OA.

Axiomas:

A continuación se definen algunos axiomas de la ontología OLOMcat10

- $\forall x \in Cat10 \exists y \in ReglasBase \wedge \exists z \in CatServicios \wedge \exists k \in CatReglas \exists y, z, k \in Cat10$

Para todo x que pertenece la Categoría 10, existe una Regla Base, existen servicios del catálogo de servicios y reglas del catálogo de reglas diseñados para adaptar a x. En otras palabras, tiene una regla base, y tiene otras reglas y servicios para la adaptación de x.

- $\forall x \in \text{CatServicio} \exists y \subseteq \text{CatServicio} \ni y \text{ ComplementaServicio}(x)$
 Para todo x que pertenece a la Categoría 10 del Estándar LOM, existen servicios que complementan otros servicios.

El Modelo Ontológico de la Extensión de los metadatos del Estándar LOM (OLOMcat10), se muestra en la Figura 10.

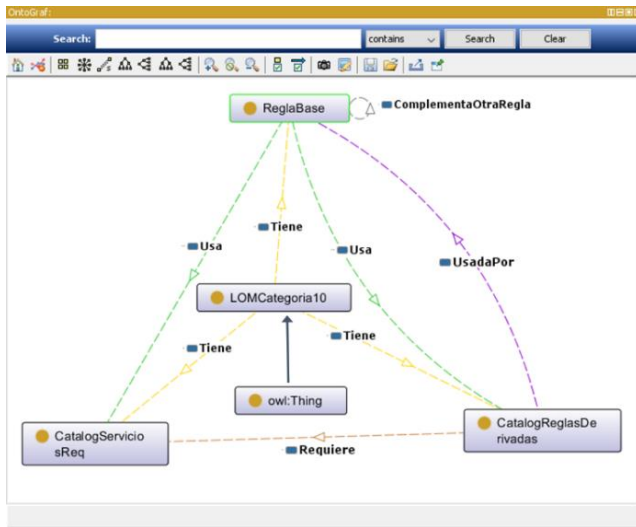


Figura 10. Modelo Ontológico de la Extensión del Estándar LOM - OLOMcat10. Fuente (Guevara y col., 2017)

III.2. Arquitectura del Modelo Ontológico Semántico para el OAA

El Modelo Ontológico Semántico para el OAA (MontoSOAA) está definido por la ontología del OAA como tal, la ontología de Reglas, y la ontología de metadatos, descritas previamente, las cuales se integran mediante una ontología de tareas. La arquitectura propuesta se presenta en la Figura 11, que como se dijo antes, está basada en ODA. En la capa inferior se encuentran los recursos: los OA (representados también por una ontología), los repositorios de objeto de aprendizaje (ROA) y la base de conocimiento (BC), mientras que en la capa superior se encuentran las ontologías diseñadas para facilitar el proceso de adaptación del OAA.

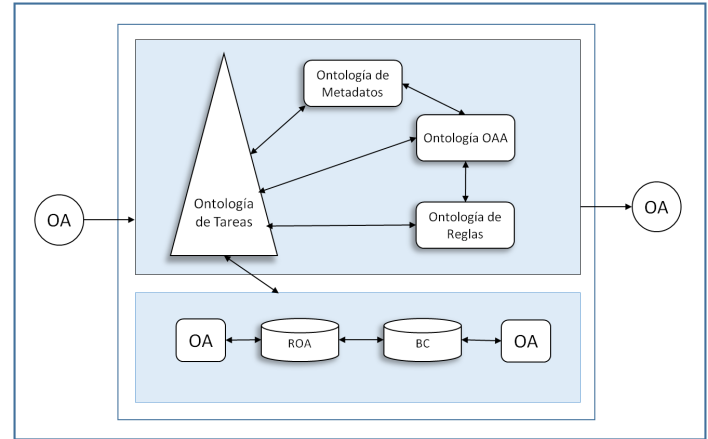


Figura 11. Arquitectura del MOnToSOAA

El procedimiento de adaptación se inicia cuando, por motivos de cambios en el contexto, surge la necesidad de adaptar un OA que está siendo utilizado en un proceso de aprendizaje en un entorno virtual. El MOnToSOAA debe incorporar los requerimientos de adaptación, y transformar al OA en un nuevo OA adaptado a las variaciones obtenidas del contexto. Para ello, se basa en el conjunto de reglas definidas para tal fin, y en los recursos de aprendizaje y conocimiento disponibles en el entorno virtual.

III.3. Ontología de Tareas del MOnToSOAA

En la Figura 12 se presenta el diagrama de secuencia de tareas del MOnToSOAA, con sus entradas y salidas. En él se definen 3 tareas básicas: Adquisición del Contexto, Análisis del Contexto y Adaptación del OAA.

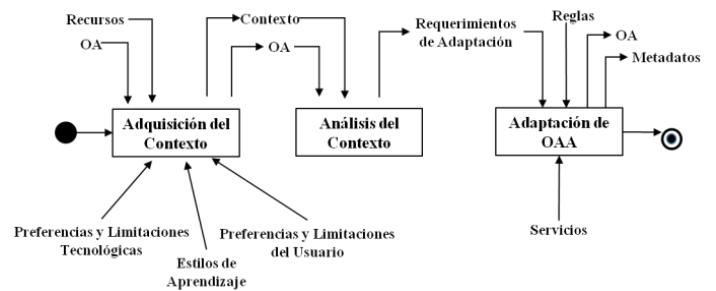


Figura 12. Diagrama de Secuencia de Tareas del MOnToSOAA

En la Figura 13 se muestra el diagrama taxonómico de la ontología de tareas, y a continuación se describen sus componentes.

Conceptos:

Representan las tareas que se realizan para adaptar un OAA:

- Adquisición del Contexto: esta tarea se encarga de recibir el OA y los cambios generados en el contexto, y a partir de ellos determina los requerimientos de adaptación a incorporar en el OAA

- **Análisis del Contexto:** esta tarea analiza la data recibida del contexto, para determinar los requerimientos de adaptación del OAA.
- **Adaptación del OAA:** tarea encargada de incorporar los requerimientos de adaptación al OAA, con el fin de adecuarlo a los cambios del contexto.
- **EsParteDe:** determina los componentes de la ontología de tareas.
- **EjecutarTarea:** relación que invoca la ejecución de una subtarea definida en el procesamiento de adaptación del OAA.
- **EjecutarConsulta:** relación que invoca la ejecución de una ontología, con el fin de extraer algún nivel de conocimiento.

Relaciones:



Figura 13. Ontología de tareas del OAA

Axiomas:

A continuación se presentan algunos axiomas definidos en la ontología de tareas

- $Analisis\ de\ Requerimientos\ de\ Adaptación \subseteq Recibir\ OA \wedge Obtener\ metadatos \wedge Obtener\ cambios\ de\ contexto$

Indica que para analizar los requerimientos de adaptación se requiere el OA, sus metadatos, y recibir los cambios de contexto.

- $Analisis\ de\ Requerimientos\ de\ Adaptación \Rightarrow determna\ tipo\ de\ adaptación$

Señala que el análisis de requerimientos de adaptación, determina el tipo de adaptación que se debe aplicar al OAA.

4 Resultados y Discusión

La caracterización semántica de un OAA fue el objetivo principal planteado en este trabajo. La misma se abordó mediante una ontología de tareas y una arquitectura de diseño basado en el paradigma ODA, las cuales permiten integrar las ontologías de dominio, conformadas por una ontología para OAs, así como por una taxonomía de los estándares de Metadatos de OAs usados en este trabajo, con otras tres ontologías que permiten conceptualizar a un OAA, describir las reglas de adaptación de un OAA y gestionar los metadatos de adaptación.

En la Tabla 3 se presenta una comparación de los trabajos referenciados en este trabajo con nuestra propuesta. Para la comparación se usaron los siguientes criterios: si proponen una conceptualización de un OAA, si definen mecanismos de adaptación para los OA, si usan metadatos para caracterización de los OAA (y a su vez, si son basados en estándares), si está basado en ontologías (y en particular, en el paradigma ODA para el diseño de la arquitectura computacional), y finalmente, si hacen un análisis del contexto para proceder a la adaptación del OAA.

Trabajos referenciados:

- 1: E-learning y Planificación Inteligente: Mejorando la Personalización de Contenidos (Garrido y col., 2012)
- 2: A Case Study of Ontology-Driven Development of Intelligent Educational Systems (Deline y col., 2009)
- 3: Modelo Ontológico para la Secuenciación de Objetos de Aprendizaje (Vidal y col., 2010)
- 4: An Assistant for Loading Learning Object Metadata: An Ontology Based (Casali y col., 2013)
- 5: Sistema semántico para la búsqueda inteligente de información por contexto para la Web (Aguilar, 2011)
- 6: Personalización de servicios para aplicaciones de aprendizaje ubicuo (Durán y col., 2017)
- 7: Modelo de Interfaz Adaptativa basada en Perfiles de Usuario y Ontologías para Recomendación de Objetos de Aprendizaje (Quiroz y col., 2018)
- 8: Nuestra propuesta:

Tabla 3. Comparación con otros trabajos

Trabajos Ref.	Conceptualización del OAA	Adaptación	Definición de Metadatos	Modelado ontológico	Análisis del Contexto
1	Se basa solo en el OA estándar propuesto por IEEE-LOM	Se enfoca en la planificación de las rutas y selección de contenidos que se presentan al estudiante	Emplea de metadatos del IEEE-LOM para la extracción de conocimiento	No lo considera	Considera solo el perfil del usuario obteniendo información de manera asistida aplicando test y cuestionarios; y otra es tomada directamente del LMS
2	No lo propone	Se enfoca en la planificación del proceso educativo	No lo propone, tampoco incluye recursos educativos a utilizar	Diseña diversas ontologías (programas, cursos, tópicos, estudiante, preferencias) para el desarrollo de un sistema educativo inteligente	No lo especifica
3	No lo propone, solo considera la del OA	No la propone, se enfoca en el modelado del OA para clasificar y recomendar recursos de aprendizaje conforme al contexto instruccional requerido	Emplea los metadatos definidos en el estándar IEEE-LOM	Propone, modelado de los metadatos del estándar IEEE-LOM mediante una ontología	No lo proponen
4	No lo propone, solo considera al OA	No la plantea, su propuesta se basa en un mapeo entre los elementos del estándar LOM y los componentes de una ontología para construir un asistente que facilite la carga de metadatos de OA.	Usa metadatos del estándar IEEE-LOM.	Presenta modelado de los metadatos del estándar IEEE-LOM mediante una ontología	No lo proponen

5	No lo propone	Propone personalizar la búsqueda de los usuarios por internet de acuerdo a su perfil y patrones de uso de la web	Se proponen para almacenar instancias de información de uso de Internet	Utilizado para modelar el marco conceptual de búsqueda en Internet	Se propone para determinar patrones de uso y caracterizar los perfiles de los usuarios de la web
6	No la propone, se enfoca en proporcionar servicios personalizados en entornos ubicuos	Propone adaptación didáctica, de interfaz y colaborativa	No lo especifica	Proponen una arquitectura basada en modelos ontológicos	Se plantea mediante un modelo de contexto de aprendizaje formado por tres modelos (estudiante, dominio, estrategia de aprendizaje)
7	No lo propone, se enfoca en adaptación de la interfaz y en la recomendación de OA	Se plantea la adaptación de la interfaz del usuario de acuerdo su perfil mediante 5 paneles (menú, búsqueda, contenidos, notas, repositorios)	No lo especifica	Define ontologías para representar el conocimiento	Plantea filtrado colaborativo, de contenido y de conocimiento para recomendar OA
Nuestra propuesta	Se realiza mediante una caracterización semántica	Propone adaptación presentación, contenido, estructural, tecnológica.	Incorpora una extensión al estándar IEEE-LOM para la gestión de datos para la adaptación del OAA, y lo mezcla con el estándar DCMI	Define un conjunto de ontologías integradas por una ontología de tareas	Considera preferencias y limitaciones tanto del usuario como tecnológicas, así como estilos de aprendizajes de manera desasistida

En general, los trabajos anteriores no proponen una conceptualización ontológica de un OAA; como adaptación proponen realizarla a través de una búsqueda de OAs adecuados, o de sus interfaces o procesos educativos donde se usan (no como nuestro caso, que es el OA que se adapta desde diferentes aristas: tecnológica, contenido, etc.), considerando el perfil de los usuarios o contexto de aprendizaje; algunos están orientados a construir ontologías de OAs apegados solo al estándar IEEE-LOM, y en general se enfocan en determinar contenidos instruccionales que pueden ser ofrecidos a los estudiantes de acuerdo a sus necesidades, más que en producir OAA (como nuestra propuesta). Entre las ventajas de nuestra propuesta, se tiene:

1. Centra el interés en la producción de OAA.
2. Caracteriza semánticamente el OAA, con la finalidad de facilitar su implementación posterior
3. Incorpora al estándar LOM una categoría para facilitar el proceso de adaptación de los OAA, lo que permite adecuar al estándar a las exigencias actuales de los paradigmas emergentes en el campo de la educación virtual.
4. Presenta una ontología de tareas para integrar las diversas ontologías propuestas para el proceso de adaptación de los OAA.
5. Define de forma estructurada cada uno de los componentes de un OAA.

6. Considera preferencias y limitaciones, tanto del usuario como tecnológicas, así como estilos de aprendizajes, lo cual le da un amplio contexto para abordar el proceso de adaptación de los OAA.
7. Gestiona de forma autónoma la adquisición y análisis del contexto.

5 Conclusiones

El resultado principal de este trabajo es caracterizar ontológicamente el proceso de adaptación de un OAA. Para ello, parte de la categoría 10 (metadatos de adaptación) propuesta como una extensión del estándar LOM, con la finalidad de facilitar la búsqueda, evaluación, recuperación y aplicación de los métodos de adaptación de un OAA.

La conceptualización semántica de la categoría propuesta se realiza mediante una ontología de tareas, que integra diversas ontologías requeridas en el proceso de adaptación de los OAA: una ontología para OAs, una taxonomía de los estándares de Metadatos de OAs usados en este trabajo, una ontología de conceptualización de OAA, otra para describir las reglas de adaptación de un OAA, y finalmente, otra para gestionar los metadatos de adaptación.

Entre las características principales de la arquitectura ODA propuesta es que está basada en la extensión del estándar LOM, y realiza una concepción ubicua de las reglas y de los servicios requeridos para adaptar los OAAs, lo que le confiere una gran flexibilidad, interoperatividad, además de permitir compartir información de adaptación entre distintos sistemas gestores y repositorios de OAAs.

Dentro del marco de esta investigación existen diversos trabajos futuros a desarrollar, entre los que se encuentran la construcción de un middleware reflexivo autónomo como los propuestos por Vizcarrondo y col., (2012) y Sánchez y col.,(2015), que brinde servicios de analítica de aprendizaje basados en OAAs (Aguilar y col., 2018), integrando la ontología de tareas con sistemas recomendadores inteligentes (Aguilar y col., 2017) para recomendar OAAs, entre otros.

Referencias

- Aguilar J, 2011, Sistema semántico para la búsqueda inteligente de información por contexto para la Web. *Revista Ciencia e Ingeniería.*, 32(3), 141-152.
- Aguilar J, Cordero J, Barba L, Sanchez M, Valdiviezo P, Chamba, 2018, Learning Analytics Tasks as Services in Smart Classroom. *Universal Access in the Information Society Journal*, Vol. 17(No. 4), pp. 693–709.
- Aguilar J, Valdiviezo P, Riofrio G, 2017, A General Framework for Intelligent Recommender Systems. *Applied Computing and Informatics*, Vol 13(No 2), pp. 147-160.
- Alhir S, 2003, Understanding the Model Driven Architecture (MDA). *Methods & Tools*, Vol 11, 17-24.
- Casali A, Deco C, Romano A, Tomé G, 2013, An Assistant for Loading Learning Object Metadata: An Ontology Based. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, Volume 9, pp. 11.
- Chandrasekaran B, Josephson J, Benjamins R, 1997, *Ontology of Tasks and Methods*.
- Chandrasekaran B, Josephson J, Benjamins R, 1999, What are ontologies, and why do we need them? *IEEE Intelligent systems*, 14(1), 20-26.
- DCMI ,2012, Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1. [En línea]: www.dublincore.org/documents/dces/
- Deline G, Lin F, Wen D, Gašević D, 2009, A Case Study of Ontology-Driven Development of Intelligent Educational Systems. *Int. J. of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 4(1), 66-81, January-March 2009.
- Durán E., Unzaga S, Alvarez M, 2017, Personalización de servicios para aplicaciones de aprendizaje ubicuo. *RevistaVirtu@lmente*, 5(2), 7-25. [En línea]: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/vir/article/view/1945/1750>
- Fernández M, Gómez-Pérez A, Juristo N,1997, METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *AAAI Technical Report SS-97-06*, 33-40. [En línea]: http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf
- Freitas AD, 2008, Models for Representing Task Ontologies. *Proceedings of the 3rd Workshop on Ontologies and their Applications.*, Bahia. [En línea]: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.142.7307>
- Garrido A, Morales L, 2012,. E-learning y Planificación Inteligente: Mejorando la Personalización de Contenidos. *IEEE-Rita*, 7(4), 213-219.
- Gruber T, 1993, A translation approach to portable ontology specifications. *En Knowledge Acquisition*. Vol. 5. No. 2., pp. 199-220.
- Guevara C, Aguilar J, 2016, Modelo de Objeto de Aprendizaje Adaptativo para Entornos Virtuales. *Proceedings of the 2016 XLII Latin American Computing Conference (CLEI)*, pp. 419-428.
- Guevara C, Aguilar J, 2017, Modelo Ontológico del Estándar LOM Extendido para la Gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos. *En Avances en Ciencia e Ingeniería*, pp. 316-325. Merida: Publicaciones Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes.
- Guevara C, Aguilar J, Gonzalez-eras A, 2017, The Model of Adaptive Learning Objects for virtual environments instanced by the competencias. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, Vol 2(No 3), 345-355.
- Gutierrez I, 2008, Usando Objetos de Aprendizaje en Enseñanza Secundaria Obligatoria. *EDUTEC- Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, Nro 27(Noviembre 2008), pp. 1-17. [En línea]: http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec27/articulos_n27_PDF/Edutec-E_IGutierrez_n27.pdf
- Happel H, Seedorf S, 2006, Applications of ontologies in software engineering. *Proc. International Workshop On Semantic Web Enabled Software Engineerin*, pp 1-14.
- IEEE, 2002, Standard for Learning Object Metadata. Final Draft Standard. [En línea]: http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12/files/LOM_1484_1_2_1_v1_Final_Draft.pdf
- Jin Q, 2011, *Intelligent Learning Systems and Advancements in Computer-Aided Instruction: Emerging Studies*. Japan: IGI Global. p. 378
- Menéndez V, Castellanos M, Zapata A, Prieto M, 2011, Generación de Objetos de Aprendizaje empleando un enfoque asistido. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, Nro 38(Julio-Diciembre 2010), pp. 141-153.
- Object Management Group., 2014, *Model Driven Architecture (MDA). MDA Guide rev. 2.0*. [En línea]: <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?ormsc/14-06-01>
- Quiroz T, Salazar O, Ovalle D, 2018, Modelo de Interfaz Adaptativa basada en Perfiles de Usuario y Ontologías para Recomendación de Objetos de Aprendizaje. *Información Tecnológica*, 29(6), 295-306.
- Rodríguez T, Aguilar J, Rios A, 2013, *Ontología de Tareas del Marco Ontológico Dinámico Semántico para la Web Semántica*. *Memorias de la Primera Conferencia Nacional*

- de Computación, Informática y Sistemas (CoNCISa 2013), Naiguatá, Venezuela, p. 8-15.
- Sánchez M, Aguilar J, Cordero J, Valdiviezo P, 2015, Basic features of a Reflective Middleware for Intelligent Learning Environment in the Cloud (IECL). IEEE-Computer Aided System Engineering (APCASE), pp. 1-6.
- Schmidt D, 2006, Model-Driven Engineering. IEEE Computer, February, 39(2), 25-31.
- Tetlow P, Pan J, Oberle D, Wallace E, Uschold M, Kendall E, 2006, Ontology driven architectures. W3C Working Draft.
- Vidal C, Ferreira M, 2010, Modelo Ontológico para la Secuenciación de Objetos de Aprendizaje. IEEE-RITA. Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol. 5(Nro 2), pp. 63-67, May. 2010.
- Vizcarrondo J, Aguilar J, Exposito, E., Subias, A, 2012, ARMISCOM: Autonomic Reflective Middleware for management Service COMposition. Proceedings of the 4th Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS). Choroní, Venezuela.
- W3C 2003, What is an ontology? [En línea]: www.w3.org/2003/08/owlfaq
- W3C 2012, Ontology for Media Resources 1.0. [En línea] <https://www.w3.org/TR/mediaont-10/>
- Wiley D, 2000, Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. (D. Wiley, Ed.) [En línea]: <http://reusability.org/read/>

Recibido: 15 de septiembre de 2018

Aceptado: 20 de marzo de 2019

Guevara, Carlos: Profesor en la Universidad Nacional Experimental de Guayana. Ingeniero en Computación. Especialista en Finanzas. Magister en Gerencia. Doctorando en Ciencias de la Ingeniería, UNEXPO.

Aguilar, José: Profesor en la Universidad de los Andes. Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación. Doctor en Ciencias de la Computación. Correo electrónico: aguilar@ula.ve