

# Semántica para repositorios de objetos de aprendizaje

## Semantics for learning objects repository

Jaime Alberto Guzmán-Luna<sup>1</sup>, Ingrid Durley-Torres<sup>2</sup>, Mauricio López-Bonilla<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>PhD., Facultad de Ingenierías, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>M.Sc., Facultad de Ingenierías, Institución Universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia

<sup>3</sup>M.Sc., Departamento de Ciencias Básicas, Fundación Universitaria Luis Amigó, Medellín, Colombia

jaguzman@unal.edu.co

i.torres@iush.edu.co

mauricio.lopezbo@amigo.edu.co

**Resumen**—El aprendizaje virtual, ha enfrentado retos que ha venido superando gracias al auge de las tecnologías y al desarrollo paralelo de la educación. Un elemento que soporta tal afirmación, está representado en los propios objetos de aprendizaje (OA); los cuales permiten generar unidades básicas de aprendizaje, que pueden ser reutilizadas, interconectadas e inter-operadas, a partir de su recopilación en contenedores denominados Repositorios de OA (ROA). Gestionar procesos dentro de estos contenedores, no es una tarea trivial, ya que se carece de una definición unificada que precise cómo se compone y qué define un OA; al igual que no existe una representación compartida de conocimiento, que permita identificar de manera inequívoca, cada concepto entre los diferentes actores (administrador, docente y estudiante). Este artículo, propone incorporar semántica, basada en ontologías, para otorgar esa precisión necesaria en la gestión de los procesos de un ROA.

**Palabras clave**— Semántica, objetos de aprendizaje, repositorios de objetos de aprendizaje y gestión de procesos.

**Abstract**—The virtual learning has faced challenges that has been overcoming thanks to the rise of technology and the parallel development of education. An element that supports that affirmation, is represented in the learning objects (LO) which can generate basic units of learning, that can be reused, interconnected and interoperated, from its collection in containers called LO Repositories (LOR). Process management within these containers, is not a trivial task, since it lacks a unified definition on how to include and what defines an OA, as there is a shared knowledge representation, to identify unequivocally each concept between different actors (manager, teacher and student), this article proposes to incorporate semantics based on ontologies, to provide the necessary accuracy in the management of processes of ROA.

**Key Word** — Semantic, learning object, learning object repositories, process management.

## I. INTRODUCCIÓN

Una actividad natural en el campo de los Objetos de Aprendizaje (OA) está siendo representada por los procesos de recopilación en contenedores que los organicen y los mantengan disponibles para diferentes usos. Estos contenedores se conocen como Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROAs) [14]. Los ROAs, además de facilitar el almacenamiento, la búsqueda y la recuperación, promueven también la reutilización e interoperabilidad, de los propios OA, que en él se encuentren disponibles. Sin embargo, esta no es una tarea tan sencilla como se cree, debido a la multiplicidad y autonomía de los proveedores de los mismos, los cuales no tienen un modelo conceptual de significancia plenamente compartido para el uso y la especificación de los OA entre los distintos proveedores, ni mucho menos, con los usuarios finales de los mismos.

En ese sentido, crecientes esfuerzos, se han enfocado en el desarrollo de tecnologías que permitan la estandarización principalmente cubiertos por un conjunto de metadatos, los cuales pueden ser usados para describir las características principales de un OA [12], [13] o para establecer las normas de empaquetamiento dentro de una estructura de contenido educativo [23]. Pese a dicha estandarización la reutilización, de los OA, aún continúa siendo compleja. Más si a los problemas citados, se suma la diversidad de usuario asociados con el proceso (administradores, docentes y estudiantes). Llegar a una solución integral en la que todos los componentes involucrados (OA y personas) realicen sus tareas, interactúen y obtengan los resultados deseados, es una labor compleja que requiere de importantes esfuerzos para lograr la comunicación e interacción, de forma parcial o global, entre aplicaciones de software (OA) y personas [14].

Una solución emergente, que está siendo exitosamente aplicada, consiste en hacer uso de los modelos ontológicos

[3], con los cuales es posible definir una única especificación que logre la interpretación inequívoca comprensible para las diferentes partes (software y personas).

Repositorios como MERLOT [5] y CAREO [5], ya ofrecen un primer acercamiento dentro del trabajo de implementación de la semántica asociadas al ámbito de los ROA; Sin embargo aunque estos permiten que los agentes de software, ya no solo los humanos, busquen y consulten la información asociada a ellos, su única preocupación queda concentrada en ese único proceso. SLOR [19], [20], por su parte involucra otro aspecto importante como la definición de una conceptualización compartida sobre la propia especificación de lo que es un OA, soportando de esta manera la consecución de un ROA más flexible; sin embargo pasa por alto la intencionalidad del dominio. Se puede afirmar entonces, que los tres trabajos convergen de manera aportante a lo que se puede considerar un prototipo para el procesamiento autónomo de la información. Prototipo que inspira esta propuesta, la cual extiende las características anteriores bajo la adopción de tres modelos de ontologías, que logran representar: i) la descripción de la definición de un OA y su representación semántica (SLO), ii) la especificación semántica del estándar LOM (SLOM), y finalmente, iii) una ontología con la cual se van a representar todos los conceptos que simbolizan la intencionalidad de aprendizaje en un dominio de conocimiento particular.

Para dar una visión más detallada de este trabajo, el artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2, se definen los principales conceptos asociados al marco teórico de esta propuesta. La sección 3, describe la representación semántica de la propuesta, detallando cada una de las ontologías desarrolladas. La sección 4, presenta una breve descripción de la funcionalidad del repositorio semántico, junto con la especificación de un caso concreto de consulta. La sección 5, relaciona un caso experimental con la correspondiente métrica y los respectivos resultados de las pruebas. Finalmente en la sección 6 se recopila las conclusiones y trabajos futuros que surgen como resultado del desarrollo propuesto.

## II. OBJETOS DE APRENDIZAJE

Como un intento de aliviar los procesos de aprendizaje, surge la propuesta de atomizar el conocimiento, se sugiere entonces, que en vez de intercambiar temas, materias o cursos completos se llegue a unidad mínima que actúe como una “moneda de cambio” sin problemas [8]. Dicha “moneda atómica”, ha intentado definirse en múltiples ocasiones, sin llegarse formalmente a una única definición [14], [12], [9], [6]. Sin embargo, como un intento de unificación, se acogerá para esta propuesta la siguiente: Definición 1. “un OA se entenderá, como todo material estructurado de una forma significativa, que debe estar asociado a un objetivo de aprendizaje, el cual debe corresponder a un recurso de carácter digital que puede ser distribuido y consultado a través de la

web. Este OA debe contar además, con una ficha de registro o metadato consistente en un listado de atributos que además de describir el uso posible del OA, permite la catalogación y el intercambio del mismo”.

En este ámbito, se ha citado con notable recurrencia, el tema de la estandarización, debido a que al manejar diferentes tipos de recursos para distintas aplicaciones y con diferentes tecnologías, esta se vuelve un tópico clave para seguir operando e incluso creciendo las aplicaciones actuales. Entre estas iniciativas cabe destacar: (i) LOM (de sus siglas en inglés Learning Object Model [12]), este estándar define la sintaxis de un conjunto mínimo de metadatos necesario para completa y adecuadamente, identificar, administrar, localizar y evaluar un OA. Su propósito es facilitar a autores, estudiantes y a sistemas automáticos, la tarea de buscar, compartir e intercambiar OA. LOM es muy extenso (76 elementos y que pueden ser extensibles). Para tener una mejor organización y estructura, los metadatos se organizan en forma jerárquica. Su comprensión no es trivial y las condiciones para llenarlos de forma adecuada deben estudiarse previamente, a fin de tener consistencia y contar con registros apegados a lo que el estándar recomienda. Para poder asignar valores, deben tenerse algunos conocimientos técnicos del recurso y conocimientos del campo pedagógico, por lo que se requiere de intervención humana (tal vez especializada). Los elementos que componen el LOM, se organizan básicamente en siete categorías, que se definen como: i) Categoría general. Los metadatos en esta categoría representan información general sobre el material educativo que describe el mismo como un todo. ii) Categoría lifecycle (ciclo de vida). Esta categoría agrupa metadatos referidos a la historia y estado actual del proceso de producción y mantenimiento del material educativo por parte de los autores. iii) Categoría metadata (meta-metadatos). Esta categoría agrupa información relativa a los metadatos en sí (de ahí su nombre). iv) Categoría technical (técnica). Categoría que agrupa metadatos relativos a las características y requisitos técnicos del material en sí. v) Categoría educational (educativa). Categoría que agrupa metadatos relativos a los usos educativos del material. vi) Categoría rights (derechos). Categoría que agrupa metadatos relativos a los derechos de propiedad intelectual del material. vii) Categoría relation (relación). Categoría de metadatos utilizados para establecer relaciones entre el material y otros materiales. viii) Categoría annotation (anotación). Anotaciones y comentarios sobre el material educativo. ix) Categoría classification (clasificación). Metadatos para la clasificación del material en taxonomías.

Un segundo estándar es el (ii) IMS (de Global Learning Consortium) [13], es un Consorcio, cuya misión es desarrollar y promover especificaciones abiertas para facilitar las actividades del aprendizaje on-line. Su objetivo fue el diseño de un formato para poner en práctica las recomendaciones de la IEEE y la AICC. Con este fin, se definió un tipo de archivo XML para la descripción de los contenidos de los cursos. De tal modo que cualquier LMS pueda cargar el curso, leyendo su archivo de configuración IMSMANIFEST.XML. El tercer

estándar, es el modelo SCORM (de sus siglas en inglés, Sharable Content Object Reference Model) [21], [22], [23], [24], [1] es un conjunto de estándares y especificaciones para compartir, reutilizar, importar y exportar OA Este modelo describe cómo las unidades de contenidos se relacionan unas con otras a diferentes niveles de granularidad, cómo se comunican los contenidos con el sistema gestor de aprendizaje (LMS), define cómo empaquetar los contenidos para importarse y exportarse entre plataformas, y describe las reglas que un LMS debe seguir a fin de presentarlo en un aprendizaje específico. SCORM es expandible e incluye a trabajos de IEEE, AICC y de IMS para algunas de sus funciones. Maneja las unidades de contenido con el nombre de SCO (Sharable Content Object) que son simplemente OA que cumplen con la especificación SCORM.

### III. WEB SEMÁNTICA

“La idea de la web semántica es tener datos en la Web bien definidos y enlazados de manera que puedan ser usados de forma más efectiva para un descubrimiento, una automatización, una integración y una reutilización entre diferentes aplicaciones. Para ello la web debe evolucionar, ofreciendo una plataforma accesible que permita que los datos se compartan y se procesen por herramientas automatizadas o personas” [8]. El desarrollo de la web semántica se apoya principalmente en dos tecnologías: el XML para el etiquetado de la estructura de un recurso que pueda ser interpretado por una máquina y el RDF (Resource Description Framework) [17], para la especificación de metadatos e información sobre el recurso. El término comúnmente asociado a la semántica es “ontología”. Con él se busca encontrar equivalencias en términos comunes que se identifican de forma diferente. Formalmente, una ontología se define como una especificación explícita de una conceptualización compartida [11]. En la práctica se definen vocabularios comunes para compartir información dentro de un determinado dominio, se puede decir que es proceso sofisticado y estructurado para la normalización exhaustiva de la información. A diferencia de otros vocabularios (tesauros y diccionarios), en las ontologías se agregan axiomas que permiten realizar inferencias sobre los conceptos. Las ontologías catalogan y definen los tipos de cosas que existen en un cierto dominio, así como sus relaciones y propiedades. Por ejemplo, una ontología del mundo empresarial usará conceptos como Venta, Compra, Transferencia, Pago entre otros, y relaciones como “Una Transferencia corresponde a una Venta o a una Compra”, “Un Pago corresponde a una o varias Transferencias”, etc. En particular la semántica, busca producir un mundo donde las ontologías [3], permitan una mayor automatización de las tareas a través de estructurar los recursos disponibles en la Web, con el fin de que los agentes de software analicen y ejecuten procesos de búsqueda, recuperación, invocación, interoperabilidad, ejecución automáticamente [2]. Para que se logren estas tareas, tales ontologías, deben ser lo

suficientemente expresivas, así como deben describir las propiedades de los dominios relacionados. Históricamente, la Web semántica se introdujo con el RDF [17] (Resource Description Framework) el cual permite la representación de las clases, propiedades, subclases, más jerarquías de clases. El RDF ha evolucionado a un lenguaje más expresivo llamado OWL [16]. Con la primera versión de OWL (1.0), son posibles las siguientes propiedades: (i) Definición de clases mediante restricciones sobre propiedades, valores o cardinalidad. (ii) Definición de clases mediante operaciones booleanas sobre otras clases: intersección, unión y complemento. (iii) Relaciones entre clases (p.ej. inclusión, disyunción, equivalencia). (iii) Propiedades de las relaciones (p.ej. inversa, simétrica, transitiva). (iv) Cardinalidad (p.ej. “únicamente una”). (v) Igualdad y desigualdad de clases. (vi) Clases enumeradas. (vii) Restricciones de cardinalidad (viii) Propiedades asimétrica, reflexiva y disyuntiva, entre otras. A diferencia de otros vocabularios (tesauros y diccionarios), en las ontologías se agregan axiomas que permiten realizar inferencias sobre los conceptos. Las ontologías catalogan y definen los tipos de cosas que existen en un cierto dominio, así como sus relaciones y propiedades.

La Web Semántica ampliará las capacidades de reutilización y de interoperabilidad de los OA y dará algún nivel de inteligencia a los procesos que un repositorio puede ofrecer [9], [10], [14], [15]. En “Research Directions on Semantic Web and Education” [4], hacen la propuesta de lo que se espera para el futuro de los OA e indican: “Nuestra visión sobre los OA en la Web Semántica es que los OA deberán jugar un rol más significativo en el procesos de búsqueda, y deberán ser capaces de interactuar inteligentemente con un LCMS (Learning Content Management System) para proporcionar un aprendizaje en la web. Si un OA es capaz de determinar su compatibilidad con una situación educativa, entonces los agentes de búsqueda en la web semántica podrán desempeñar búsquedas más sofisticadas para los OA, teniendo como resultado grupos de OA cercanos a cumplir los objetivos de aprendizaje”

### IV. REPOSITORIO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE

Un repositorio de objetos de aprendizaje es un sistema de software creado principalmente para almacenar recursos educativos y sus metadatos (ó solamente estos últimos) y que proporciona algún tipo de interfaz de búsqueda de los mismos, ya sea para interactuar con los humanos o con otros sistemas de software (agentes o servicios web) [7]. Los repositorios proporcionan acceso a los OA generalmente en formato digital, aunque la mayoría no almacena los recursos educativos en sí, sino solamente sus metadatos. Una de las principales razones para la creación de estos repositorios es la necesidad de disponer de una colección de recursos de aprendizaje que junto con los metadatos de cada OA, facilite

las búsquedas (en dominios de conocimiento muy variados) a las personas interesadas en desarrollar un proceso de aprendizaje continuo [19]. Es común en este sentido encontrarse con la dificultad para encontrar el material educativo adecuado ante la inmensidad de recursos disponibles en la red.

Básicamente se distinguen dos clasificaciones para los ROA: repositorios que contienen el objeto de aprendizaje junto con los correspondientes metadatos (Learning Object Repository – LOR) y repositorios de metadatos (Learning Object Metadata Repository – LOMR), los cuales no enlazan un recurso específico, sino únicamente a la información sobre el recurso (metadato) y un enlace a su ubicación en internet.

Los ROA comúnmente funcionan de forma independiente, como aplicaciones con una interfaz web, un mecanismo de búsqueda y listados con algún tipo de clasificación. Otros ROA trabajan sólo como módulos adicionales a otros elementos que bien puede ser LMS, que utilizan los contenidos de forma de forma exclusiva y sin que el usuario tenga acceso directo al repositorio. Sin embargo, el dial de los ROA es que tengan ambas capacidades, tanto ofrecer una interfaz web, para que los usuarios humanos puedan gestionar la colección de OA, así como la capacidad de comunicarse directamente con las plataformas de aprendizaje y hacer posible la interoperabilidad entre sistemas de diferente naturaleza

## V. REPRESENTACIÓN SEMÁNTICA

Como se citó en la sección anterior, los OA que se modelan en esta propuesta se ajustan a la definición descrita en la sección 2.1. Para modelar este tipo de OA, se hace necesario abordar cada elemento citado en esta definición indicando como va a ser caracterizado semánticamente. El común de ellos y aparentemente más simple se refiere al recurso web, el cual según la W3C [25] corresponde a cualquier cosa que tiene identidad (llámese video, audio, texto entre otros), identificada por un URI, que reside en Internet y que es accesible a través de cualquier versión implementada del protocolo http o su equivalente. El segundo elemento, define los metadatos y en este aspecto existe uno ya referenciado, el estándar IMS-MD, el cual se focaliza en la descripción de un OA. El tercero, se relaciona con la intención formativa que en este caso, hace referencia a qué conocimientos se van adquirir con tal OA. Los tres elementos han sido representados semánticamente por la ontología descrita en la Fig. 2. Sin embargo, trasladar semánticamente estas especificaciones, implica en un solo lenguaje construir una descripción no sólo fácil de leer y comprender, sino también fácil de escribir por el usuario, que a la vez, permita el intercambio y procesamiento de la tal información a través de Internet, sin la intervención humana. En este sentido la realidad muestra al OWL, como uno de los más referenciados, razón por la cual es el lenguaje de referencia utilizado para la especificación semántica de los OA, en esta propuesta.

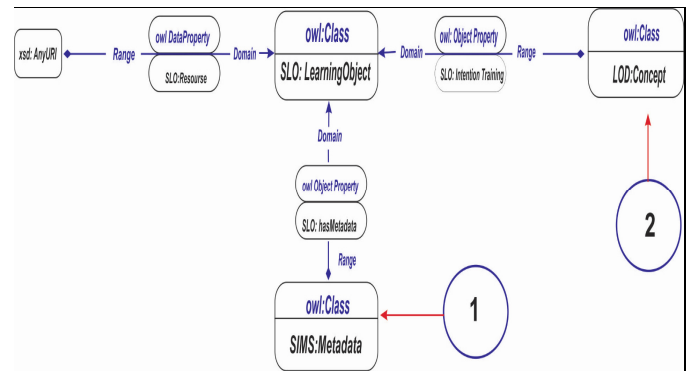


Figura. 1. Representación Semántica de un OA.

La Figura 1 indica que un `SemanticLearningObject SLO`, corresponde a un concepto cuya representación abstracta se compone del ya citado recurso descrito semánticamente por el concepto `Resource` de la ontología `SLOM` (de la abreviación `Semantic LOM`), el cual hace referencia a un tipo de dato simple del espacio de nombre del `XML Schema (xsd)`, denominado `anyURI` el cual se usa para especificar una dirección `URI` en un atributo. Mientras que para la ontología de intención formativa, esta será representada por un concepto `OWL`, denominado `Concept`, definido como una instancia de una nueva ontología designada como `LOD (Learning Ontology Domain)` y la cual será descrita más adelante. Finalmente, se define la ontología de metadatos la cual corresponde al concepto `Metadata`, propiamente dicho de la ontología `LOM` y cuya representación está orientada a modelar semánticamente algunos de los campos del estándar. Con esta formalización se obliga a que cada OA que se genere dentro de un repositorio, corresponda a la instanciación (datos concretos) de cada uno de los campos acá descritos, uno por cada elemento; excepto para el `LOD:Concept` el cual en su instanciación puede referenciar a uno o más intenciones formativas.

Siguiendo este enfoque primero se intentará definir lo que se ha llamado la ontología `SLOM:Metadata`, la cual será utilizada para la especificación declarativa del segundo elemento asociado con la representación formal de un OA. Finalmente, se define la ontología de metadatos la cual corresponde al concepto `Metadata`, propiamente dicho de la ontología `SIMS` y cuya representación está orientada a modelar semánticamente algunos de los campos del estándar `IMS`. Con esta formalización se obliga a que cada OA que se genere dentro de un repositorio, corresponda a la instanciación (datos concretos) de cada uno de los campos acá descritos, uno por cada elemento, excepto para `LOD`, el cual puede referenciar a uno o más intenciones formativas. Ahora bien cada uno de esos elementos representados como metadatos (`SLOM: Metadata`) e `Intención Formativa (LOD:Concept)` o 1 y 2 respectivamente, son por sí mismos otras ontologías.

Finalmente se ha desarrollado otra ontología con la cual se van a representar todos los conceptos que simbolizan la intencionalidad de aprendizaje en un dominio de conocimiento particular; es decir en ella se describen los

conceptos esenciales, relaciones y teorías de un dominio de interés específico. El objetivo es permitir a un repositorio gestionar OAs con un único modelo de información (ontología). En este sentido esta ontología permite la clasificación, almacenamiento, búsqueda y recuperación de OA. Para el caso específico esta ontología en su modelo abstracto corresponde a la definición del estándar SKOS-Core y en su “Artes”.

En el SKOS-Core [18], la idea base del uso de un Schema RDF, reside en su capacidad para permitir la definición de conceptos (skos:Concept) y esquemas de conceptos (skos:ConceptSchema). Un concepto se define como una unidad de pensamiento que puede ser definida o descrita. A su vez un esquema de conceptos no es otra cosa que una colección de conceptos. Cada concepto solo puede tener una etiqueta preferente, -lo que los documentalistas denominan descriptor o término predominante- y un número limitado de etiquetas alternativas, denominado término no-descriptor o no-preferente. La codificación de las etiquetas correspondientes a los términos preferentes y no preferentes pertenecientes a un concepto, se realiza mediante las propiedades skos:prefLabel y skos:altLabel respectivamente. Esta segunda etiqueta, representa la relación de sinonimia o equivalencia entre dos conceptos, que aunque sintácticamente diferentes, apuntan a un mismo modelo mental (semántico). Adicionalmente, se contempla el skos:Hidden, el cual permite generar el mismo concepto skos:prefLabel, pero esta vez con errores ortográficos o hasta de digitación. Adicionalmente, el SKOS-Core permite representar las relaciones básicas entre los conceptos, manejadas por la mayoría de los tesauros mediante la familia skos:SemanticRelation, bajo la cual se encuentran las relaciones jerárquicas definidas por las propiedades skos:narrower y skos:broader, para términos específicos y generales respectivamente, y skos:related para términos relacionados, inclusive contempla la especificación de skos:languageconcept, para especificar el mismo concepto en otros idiomas. La Figura 2, presenta una porción de la ontología de dominio instanciada.

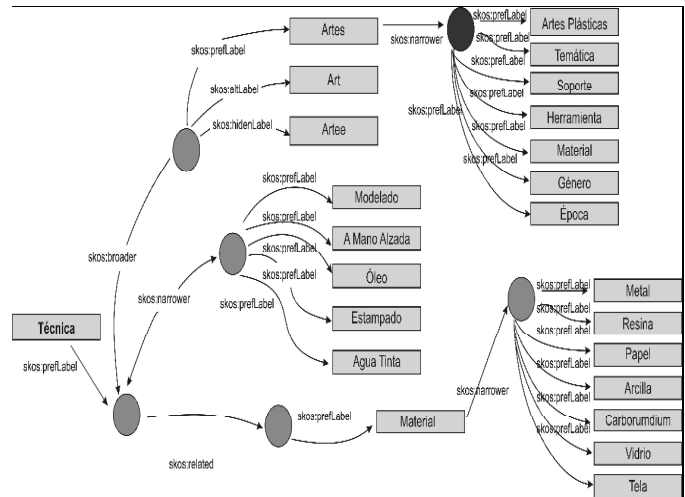


Figura. 2. Representación semántica de LOD (Learning Ontology Domain)

## VI. REPOSITORIO SEMÁNTICO

Con el fin de asegurar que los OA tiene una representación semántica precisa, el modelo propuesto considera la inclusión de cada OA en un repositorio especialmente creado con tal fin; por esta razón, este ROA, almacena todas las instancias de cada SLO:LearningObject descrito en Fig. 2; Un aspecto que resulta importante de resaltar es que el repositorio es un repositorio de metadatos (SLOM), que no almacena el recurso digital como tal, debido a los altos costos de almacenamiento y gestión, a cambio si recibe el anyURI, de donde está disponible. El funcionamiento del repositorio depende del rol con el cual se identifique el usuario, los cuales corresponden al modelo tradicional de un ROA (administrador, docente y estudiante). El usuario con más funcionalidades es el usuario administrador; por esta razón se detallará primero. El Administrador cuenta con varios casos de uso: i) Corresponde a la administración como “superusuario” de todos los usuarios; ii) Consiste en recibir la solicitud de almacenar un OA; para este caso, el ROA, habilita los campos de los metadatos asociados con SLOM, a fin de que el usuario los almacene bajo el concepto de LOD que mejor represente su intencionalidad formativa. En ese proceso, es posible asociar uno o más conceptos con los cuales se puede asociar la intención formativa de este OA. Estos conceptos, solo pueden ser seleccionados desde la LOD misma que se encuentre en uso en ese momento. Como ayuda al usuario, se ha anexoado un sistema de significados que de manera resumida describe cada concepto, esta opción se habilita cuando el usuario se ubica con el mouse sobre cada concepto. iii) Buscar, recuperar y mostrar la información resumida de los metadatos que identifican los OA, asociados al concepto formulado como requerimiento de consulta, y iv) finalmente, visualizar en una ventana emergente el OA propiamente. Es importante citar que los casos ii), iii) y iv) son igualmente implementados para el usuario docente; mientras que el usuario estudiante solo tendrá habilitada las opciones iii) y iv) únicamente.

Como se observa la interfaz gráfica en su parte superior izquierda aparecen las opciones de administración y la respectiva interfaz de cada caso de uso, la cual como se citó, es la misma para los tres usuarios. En este caso, se requiere buscar por un concepto específico de la ontología LOD, la cual como ejemplo formaliza el conocimiento entorno dominio de los principales conceptos de Artes (sin embargo, esta puede ser reemplazada por otra, en otro dominio; siempre que cumpla la especificación OWL, SKOS-Core descrita en la sección 2. Continuando con el ejemplo, la consulta indica que se desea buscar y recuperar todos los OA cuya intencionalidad formativa se asocia con el concepto “Arts”, el cual en este caso, ha sido digitado en el campo de texto, no fue seleccionado directamente de la ontología, aunque la opción igual está habilitada. Este campo, además permite digitar el concepto con la consideración de algunos de los errores de digitación de la palabra y retornará resultados siempre y cuando ese error este almacenado en la especificación de la LOD en el campo skos:Hidden. De igual forma se puede consultar por algunos conceptos sinónimos (Artes) obteniendo el mismo resultado. Finalmente, como se observa el sistema retorna todos lo OA, marcados semánticamente con ese concepto cuando fueron almacenados, junto con ellos muestra los metadatos SLOM registrados para cada OA.

La Figura 3, muestra tres consultas de búsqueda, formuladas sobre los OA, asociados con la intención formativa de ARTES. En este caso, las tres consultas fueron realizadas por tres usuarios distintos y bajo diferentes términos descritos en la ontología del SKOS-Core; tales términos aunque sintácticamente diferentes, están pensados bajo el mismo concepto semántico. Como se observa la respuesta retornada por el sistema, es la misma. Esta habilidad es lograda gracias a la incorporación de las tecnologías semánticas, que permiten unificar un único vocabulario, entre los tres actores, para gestionar los procesos de un ROA. Es importante resaltar que independiente de que se consulte a través del término preferente (skos:prefLabel), alternativo (skos:altLabel) o con errores (skos:hiddenLabel), el sistema es capaz de procesar la consulta, realizar la inferencia y retornar los resultados, basándose en el modelo semántico. Es importante aclarar, que para que el repositorio retorne tales resultados, previamente los metadatos SLOM, debieron de haber sido almacenados bajo la intencionalidad formativa de “Artes”. Esta tarea de almacenamiento, ha sido habilitada únicamente para el actor docente y para el super-usuario administrador; quienes finalmente son los que identifican el componente de lo que quieren enseñar o cuentan con la alta responsabilidad de gestionar el repositorio, respectivamente.

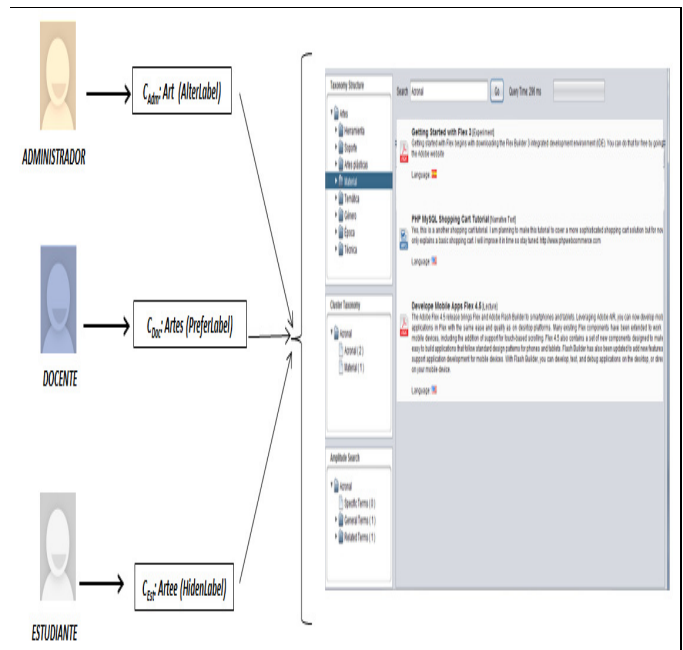


Figura. 3. Funcionamiento del Sistema

## VII. EVALUACIÓN

Una ontología, contiene definiciones que se proveen del vocabulario para referirse a un dominio y éstas dependen del lenguaje que se usa para describirlas. Cuando se decide cómo representar algo en una ontología se toman decisiones de diseño, que cumplan con elementos claves como:

**Complejidad:** una ontología debe de poder comunicar de manera efectiva el significado de sus términos. las definiciones deben ser objetivas y comentadas en lenguaje natural. **Concisión:** los conceptos registrados en la ontología, deben resultar suficientes y pertinentes para representar un dominio. **Coherencia:** se debe permitir hacer inferencias que sean consistentes con las definiciones. **Extensible:** una ontología debe anticipar usos y permitir extensiones y especializaciones mono-tónicas.

Con el fin de saber si las ontologías construidas representan correctamente los dominios específicos, se diseñaron unas métricas que persiguen valorar los principios, que se considera debe cumplir una ontología para que pueda ser aprovechada y reutilizada. Por limitaciones de espacio a continuación se detallan solo uno de ellos.

**Métrica:** Concisión a nivel de conceptos

**Definición:** Una ontología es concisa si no contiene definiciones innecesarias o inútiles.

**Metodología:** Para evaluar esta métrica, se encuestó a 3 usuarios expertos en el tema de Artes, a quienes se les preguntó por un conjunto de conceptos y de ellos que identificara cuántos de los conceptos les parecían innecesarios o inútiles. Los resultados son registrados en la Tabla I. Los resultados registrados en la tabla anterior fueron agrupados por usuario, sumando el total de conceptos inútiles o mal

formados (errados) que definió cada usuario; el resultado se describe en la tabla II, donde P registra el porcentaje de la relación conceptos inútiles o mal definidos sobre N que representa el número total de conceptos de la ontología (209).

TABLA I. CONCEPTOS ERRADOS

Usuario	1	2	3
P <sub>1</sub>	2	2	1
P <sub>2</sub>	0	0	0
P <sub>3</sub>	0	0	0
P <sub>4</sub>	0	0	0
P <sub>5</sub>	0	0	0
P <sub>6</sub>	2	0	0
P <sub>7</sub>	0	0	0
P <sub>8</sub>	0	0	0

Tabla 1. Usuarios sin agrupar..

TABLA II. CONCEPTOS ERRADOS

Usuario	P	P/N
1	4	0.01913
2	2	0.00956
3	1	0.00478

Tabla 2. Usuarios agrupados

Según estos resultados procede a realizar la gráfica de los mismos usando el sistema de la métrica anterior. Con ello se obtiene la Figura. 4, mostrada a continuación.

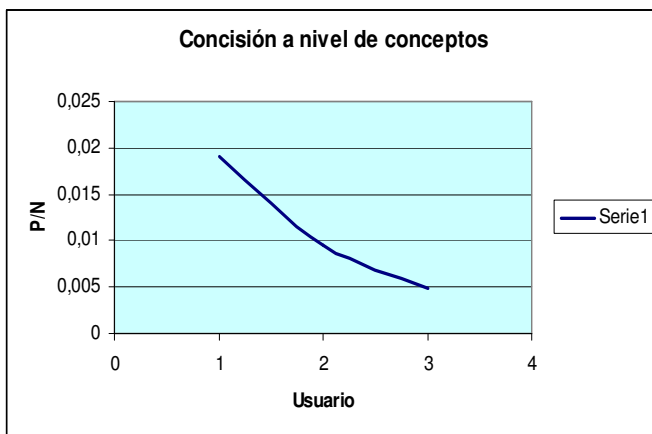


Figura. 4. Concisión a nivel de conceptos

El área bajo la curva corresponde a  $0.033 u^2$ , usando la fórmula.  $u = P/N$  por usuario, nos permite concluir que la ontología está concisa en un 96.65%.

## VIII. CONCLUSIONES

En este artículo, se desarrolló un repositorio semántico el cual permite realizar almacenamiento búsquedas y recuperación de OA, sobre representaciones de conocimiento ontológicas, orientadas a la definición del significado de un OA y a la especificación de un dominio concreto; el repositorio desarrollado realiza inferencia sobre tales representaciones, para encontrar relaciones entre los conceptos definidos en la ontología del sistema. También se acompaña de una interfaz gráfica amigable al usuario, la cual ofrece una ayuda adicional representada en la visualización de los conceptos y sus significados. La principal ventaja de esta implementación radica en la posibilidad de potencializar los procesos de almacenamiento y búsqueda no solo desde el concepto preferente, sino también desde otros conceptos sinónimos o hasta aquellos tipográficamente errados, los cuales interpreta como el mismo preferente, gracias al proceso de inferencia. Toda esta formalización logra solucionar la heterogeneidad significativa de los participantes del proceso (personas y software).

Como trabajo futuro se propone incluir OA compuestos representados por metadato IMS, empaquetados en el estándar SCORM, además de permitir usar dentro del mismo ROA más de dos ontologías de dominio a la misma vez.

## RECOMENDACIONES

Este trabajo presenta resultados preliminares de los proyectos de investigación: “Una Infraestructura para la Generación de Aplicaciones Educativas Basadas en Televisión Digital Usando Objetos de Aprendizaje Semánticos” y “Caracterización de los Objetos de Aprendizaje para la Generación de Aplicaciones Educativas en la Televisión Digital usando Tecnologías Semántica”. El primero financiado por Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia y el segundo cofinanciado por la Institución Universitaria Salazar y Herrera.

## REFERENCIAS

- [1]. ADL. “Sharable Content Object Reference Model Version 1.2. Advanced Distributed Learning”, 2001. URL <http://www.adlnet.org>
- [2]. Antoniou G. y Hermelet V. “A Semantic Web Premier”. Ed. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, pp. 205 – 224. 2010.
- [3]. Berners-Lee J., Hendler T., y Lassila, O. The Semantic Web. Scientific American, 284 (5): 34-43. Consultado agosto de 2005, Disponible en: <http://www.scientificamerican.com/>. 2001.

- [4]. I. Bittencourt, S. Isotani, E. Costa, E. Mizoguchi. "Research Directions on Semantic Web and Education". *Scientia Interdisciplinary Studies Computer Science*, 9(1):59-66. 2008
- [5]. K. Campbell. "Effective writing for e-learning environments". Published in the United States of America. ISBN 1-59140-216-6. Information Science Publishing
- [6]. J. C. Cano Zárate "Apuntes de Tecnología Educativa para las NT Cátedras de Comunicación Educativa" Universidad Marista y Apuntes de Diseño Instruccional. Universidad de las Californias, BC, México. 2007
- [7]. F. Enoksson; M. Palmér; A. Naevé; S. Arroyo; D. Fuschi, y T. Pariente. "State of the art – SWS Infrastructure, Annotation, LCMS, LUISA: Learning Content Management System Using Innovative Semantic Web Services Architecture" (IST- FP6 – 027149), 2006
- [8]. F. J. García. "Web Semántica y Ontologías". En J. F. García & M. Moreno (Eds.), *Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web* (pp. 1-23). Salamanca: Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca. 2004.
- [9]. Gómez, S.; Huerva, D.; Mejía, C.; Baldiris, S. y R. Fabregat., *Designing Context-Aware Adaptive Units of Learning Based on IMS-LD Standard*, EAEEIE2009 European Association for Education in Electrical and Information Engineering, 2009.
- [10]. Gómez, S.; Mejía, C.; Huerva, D. y Fabregat, R., *Context-Aware Adaptation Process to Build Units of Learning Based on IMS-LD Standard*, International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2009) Conference, Barcelona (España), 2009.
- [11]. T. R. Gruber, "Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition", 5(2), 199-220. 1993
- [12]. IEEE Standards Department (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Publication P1484.12.1/D6.4, Marzo 2002.
- [13]. IMS Learning Resource Meta-Data Specification: Version 1.1 Final Specification. IMS Global Learning Consortium, 2000. Disponible en: <http://www.imsproject.org/metadata/index.html>
- [14]. C. López. "Los Repositorios de O.A como soporte a un entorno e-learning". *Revista Biblioteca Universitaria*, México 2006. Disponible en [http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/objetos\\_aprendizaje.htm](http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/objetos_aprendizaje.htm). Consultado enero 2014.
- [15]. Mason R., Weller, M. y Pegler, C. *Learning in the Connected Economy*, The Open University course team, IET, Open University. 2003
- [16]. OWL. <http://www.w3.org/TR/owl-features/> 2004. Consultado junio de 2013.
- [17]. RDF. "RDF Semantics". W3C Recommendation 10 February 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>.
- [18]. SKOS-Core [en línea] Disponible en Internet: [http://www2.ub.es/bid/consulta\\_articulos.php?fichero=13perez2.html](http://www2.ub.es/bid/consulta_articulos.php?fichero=13perez2.html) ; Consulta: 13 de abril de 2011.
- [19]. J. Soto, E. García y A. Salvador. "Semantic learning object repositories SLOR". *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning Issue: Volume 17, Number 6* Pages: 432 – 446. 2007.
- [20]. J. Soto, J., E. García, S. Sánchez. "Repositorios Semánticos para Objetos de Aprendizaje". 2006. *Expolearning2006* Barcelona, España.
- [21]. S. Thropp, "Sharable Content Object Reference Model 2004: Overview . 2ª. Edición". <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>. Consultado Junio 2011.
- [22]. S. Thropp, "SCORM Content Aggregation Model Versión 1.3.1. Documentation Suite". 2004. <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>. Consultado Junio 2011.
- [23]. S. Thropp, "SCORM Run Time Environment Versión 1.3.1. Documentation Suite". <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>. Consultado Junio 2011.
- [24]. S. Thropp, S. "SCORM Sequencing and Navigation. Documentation Suite". <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>. Consultado Junio de 2011. Wiley D. A *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A definition, a metaphor, taxonomy*, Utah State University. 2002.
- [25]. W3C. W3C Recommendation. *World Wide Web Consortium*. 2ª edición, 2000. URL <http://www.w3c.org/TR/2000/REC-xml-20001006>.