



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Modelo por Capas para Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Valentina Tabares Morales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Medellín, Colombia

2013

Modelo por Capas para Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Valentina Tabares Morales

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería de Sistemas

Director:

Ph.D. Néstor Darío Duque Méndez

Codirector:

Ph.D. Demetrio Arturo Ovalle Carranza

Línea de Investigación:

Inteligencia Artificial

Grupo de Investigación:

Grupo de Ambientes Inteligentes Adaptativos - GAIA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Medellín, Colombia

2013

Dedicatoria

A quien me encontró, me mostró lo especial que puede ser mi mundo y me motiva cada día para seguir hacia adelante y arriba. Este es tu regalo.

A mi mamá y a mi hermanito. Ustedes son muy importantes en mi vida y una gran motivación para seguir luchando.

Agradecimientos

A mi Diosito... por todo.

A mi director el profesor Néstor D. Duque por su dedicación y empeño en guiar cada uno de mis pasos. A mi codirector el profesor Demetrio A. Ovalle por su apoyo y aportes durante este proceso.

A la profesora Rosa María Vicari de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), por abrirme las puertas, por sus aportes durante la formulación y avances de esta tesis, por su cariño, por su apoyo y por su gran ejemplo. A Marta Bez, Rosemari Lemes, Gustavo Schwarz, Rosangela Bez, Tiago Primo, Otavio Acosta y el resto de amigos y “familiares” brasileros, por su gran amabilidad, apoyo, cariño y aportes durante mi estancia en Brasil. Al Prof. Ricardo Silveira por su hospitalidad y sugerencias.

A mi familia... mis abuelitos, mi papá, mis tíos y mis primitas por el cariño y entender mi ausencia. A mi mamá y a mi hermanito, por el apoyo, la motivación, la paciencia, la fortaleza y el amor con que llenan mis días.

A mis amigos y compañeros por su apoyo durante este proceso, especialmente a Anyela Orozco, Edison Girón, Luisa Rincón y Cindy Castaño. A Paula Rodríguez por sus aportes, su compañía y su paciencia.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en este gran logro.

Resumen

Los Objetos de Aprendizaje (OAs) son recursos digitales, utilizados para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, que son almacenados en Repositorios de OAs (ROAs) que facilitan su búsqueda y recuperación. Sin embargo, es difícil en la mayoría de los casos determinar la calidad de estos recursos y se entrega al usuario miles de OAs de los cuales sólo algunos cubren sus necesidades. Esto se puede deber a problemas en las búsquedas, al etiquetado de los metadatos o al contenido del material educativo y, en parte, a que no se cuenta con modelos generalizados que permitan evaluar la calidad de estos recursos educacionales.

En esta tesis de Maestría se plantea la definición de un modelo para evaluación por capas de la calidad de OAs, que identifica las principales características que deben cumplir estos recursos y la forma de determinar su cumplimiento a través de la especificación de diferentes métricas. Los resultados de la aplicación de la propuesta en la evaluación de los OAs de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje FROAC, demostró la existencia de problemas en la calidad de estos recursos educativos, al calor de las medidas realizadas, y la importancia de la aplicación del modelo no sólo para apoyar el proceso de entrega de mejores objetos a partir de las búsquedas, sino además, y esto es un valor agregado de la tesis, como herramienta de gestión de los repositorios.

Palabras clave: Objetos de Aprendizaje, Evaluación de Objetos de Aprendizaje, Calidad, Metadatos, Repositorios de Objetos de Aprendizaje.

Abstract

Learning Objects (LO) are digital resources used to improve the teaching-learning processes, which are stored in repositories of LOs (LORs) to facilitate search and retrieval. However, determine the quality of these resources is difficult in most cases and giving the user only some LO which meet their needs. This may be due to problems in the searches, the labeling of metadata, or the content of the educational material and in part because there is no generalized models for evaluation the quality of these educational resources.

In this Master's thesis is defined a layered model for evaluation of the quality of LOs, which identifies the main characteristics that must comply and how to determine their compliance through the specification of various metrics. The results of the implementation of the proposal in the evaluation of the LOs of the Federation of Learning Object Repositories FROAC, demonstrated problems in the quality of these educational resources according to measurements made, and the importance of application of the model not only to support the process of delivering better items from searches, but also, and this is an added value of the thesis, as a repositories management tool.

Keywords: Learning Objects, Evaluation of Learning Objects, Quality, Metadata, Learning Object Repositories.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	VIII
Lista de Figuras	XI
Lista de Tablas	XII
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN DE LA TESIS.....	5
1.1 Preguntas Emergentes de Investigación.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Alcance.....	6
1.4 Metodología.....	7
1.5 Cumplimiento de Objetivos	8
1.6 Principales Contribuciones Logradas.....	9
1.7 Difusión de Resultados	10
1.8 Organización del Documento.....	13
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Conceptos Generales de OAs.....	15
2.2 Evaluación de OAs	26
2.3 Agentes Inteligentes y Sistemas Multi-Agente	28
2.4 Conclusiones del Capítulo	31
3. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	33
3.1 Trabajos Relacionados	33
3.2 Otras Iniciativas para Evaluación de OAs	50
3.3 Conclusiones del Capítulo	51
4. MODELO POR CAPAS PARA EVALUACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE	52
4.1 Conceptualización del Modelo	52
4.2 Capas del Modelo de Evaluación.....	57
4.3 Integración del Modelo.....	86
4.4 Conclusiones del Capítulo	90
5. SISTEMA MULTI-AGENTE PARA EL MODELO PROPUESTO	93
5.1 Motivación del Uso de SMA	93
5.2 Análisis y Diseño del SMA	94
5.3 Conclusiones del Capítulo	99
6. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN	101
6.1 EVALOA - Sistema para Evaluación de Objetos de Aprendizaje.....	101
6.2 Validación del Modelo.....	104
6.3 Conclusiones del Capítulo	112
7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	113
7.1 Conclusiones	113
7.2 Trabajo Futuro	114

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 2-1: Estructura jerárquica del estándar IEEE LOM (Barker, 2005).....	17
Figura 3-1: Esquema Evaluación (Ministerio de Educación Nacional, 2012b)	51
Figura 4-1: Modelo Genérico propuesto	54
Figura 4-2: Modelo de Concreto propuesto	55
Figura 5-1: Diagrama de tareas.....	95
Figura 5-2: Diagrama de secuencia.....	98
Figura 5-3: Arquitectura propuesta del SMA.....	99
Figura 6-1: Interfaz de configuración inicial de EVALOA	102
Figura 6-2: Interfaz de configuración de estructura de metadatos	103
Figura 6-3: Visualización de resultados del proceso de evaluación	103
Figura 6-4: Evaluación General por Repositorio	105
Figura 6-5: Resultados Percepción de Usuarios en varios repositorios	107
Figura 6-6: Formularios para captura de evaluaciones de expertos y usuarios.	108
Figura 6-7: Resultados Evaluación Capa de Gestión	109
Figura 6-8: Resultados Evaluación Capa de Revisión de Expertos	109
Figura 6-9: Resultados Evaluación Capa de Percepción de Usuarios	110
Figura 6-10: Comparación resultados obtenidos.....	111
Figura 6-11: Visualización de resultados a través de FROAC.....	111

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 3-1: Trabajos revisados y tipo de evaluación de OAs que realizan	48
Tabla 4-1: Ejemplo de valores y pesos para metadatos del estándar LOM.....	60
Tabla 4-2: ROAs revisados para el cálculo de pesos de metadatos	63
Tabla 4-3: Metadatos más usados y sus respectivos pesos	64
Tabla 4-4: Comparaciones para evaluar la consistencia según estándar LOM	66
Tabla 4-5: Comparaciones para evaluar la coherencia	69
Tabla 4-6: Instrumento para revisión de expertos	72
Tabla 4-7: Instrumento para captura de la percepción de los usuarios	80
Tabla 6-1: Resultados validación de métricas de la Capa de Gestión.....	105

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el e-learning se ha posicionado como uno de los principales esquemas de educación cambiando los procesos tradicionales de enseñanza-aprendizaje y proporcionando numerosas ventajas de carácter pedagógico y de acceso.

Este esquema genera nuevas necesidades tales como el desarrollo y mejora de materiales educativos, de donde surgen los Objetos de Aprendizaje (OAs) distinguiéndose de otros recursos por su predisposición a la reutilización en múltiples contextos, además de su disponibilidad en diferentes ambientes (Morales, García, Barrón, Berlanga, & López, 2005). Los OAs son entidades digitales que tienen como principales características la reusabilidad, adaptabilidad, accesibilidad y escalabilidad, lo que ofrece ventajas frente a otros tipos de recursos educativos, además están acompañados de metadatos que los describen y permiten su identificación, para facilitar su búsqueda, recuperación y uso (R. Vicari et al., 2010).

Miles de estos recursos son almacenados y administrados a través de repositorios de OAs (ROAs) que deben seguir una serie de estándares con el fin de incrementar su efectividad e interoperabilidad, garantizando el acceso por parte de estudiantes y profesores alrededor del mundo, además se cuenta con Federaciones de Repositorios que permiten un punto único de acceso a los recursos almacenados en diferentes repositorios. Sin embargo, no es suficiente con que estos materiales educativos estén disponibles, se requiere que cumplan con un alto nivel de calidad de modo que permita mayores posibilidades de lograr los objetivos de aprendizaje esperados en los estudiantes (McGreal, 2008).

Es común que los usuarios realicen una búsqueda y encuentren como resultado largas listas de opciones que deberían revisar una por una, con el fin de identificar los OAs que realmente sean relevantes de acuerdo a sus intereses y necesidades. Este proceso es largo y dispendioso, y es común que se encuentren OAs con diversos problemas o

incluso recursos inaccesibles, lo que afecta las actividades enmarcadas en el proceso educativo, puede generar desinterés y probablemente que en el futuro no se vuelvan a consultar estos recursos (Tabares, Duque, & Moreno, 2011), (Ochoa, 2008). Esta situación es aún más grave en el caso de la selección automática para composición de cursos o módulos educativos.

Debido a que hay una gran cantidad de OAs, de los cuales no todos cumplen con características mínimas de calidad de acuerdo al contexto en el que se pretende utilizarlos, es necesario que se generen iniciativas que permitan evaluarlos de forma integral y dinámica, contemplando aspectos tanto técnicos como pedagógicos con el fin de entregar al usuario sólo los mejores recursos. No es suficiente con que se puedan consultar los objetos, es importante tomar acciones que permitan entregar al usuario recursos de calidad, además involucrarlos en ese proceso de evaluación garantiza mayor confianza en el repositorio, porque se evidencia el compromiso que se tiene hacia la calidad de los recursos (Kay, Knaack, & Vaidehi, 2008).

La revisión de la literatura evidencia la existencia de algunas iniciativas para la evaluación de los OAs siguiendo diferentes enfoques. Sin embargo, la mayoría de ellos consideran solo algunas características, lo que no permite lograr una evaluación integral dejando un espacio para la posibilidad de una inadecuada selección de los recursos educativos, que puede provocar en algunos casos uso en contextos inadecuados disminuyendo su efectividad (Sanz, 2010).

En esta tesis de Maestría se propone un modelo para evaluación de la calidad de OAs, que está orientado a realizar el proceso de evaluación desde diferentes enfoques. Se define un conjunto de características que debería cumplir el objeto, asociadas a diferentes visiones y actores que intervienen en el proceso de análisis y evaluación. También se determina la información requerida de acuerdo a cada criterio a evaluar y la forma de realizar los respectivos cálculos. El modelo presenta un enfoque por capas, que permite su crecimiento y fácil modificación de algunos cálculos sin afectar los demás, a la vez que es posible el ajuste a los intereses y necesidades específicos de los propietarios y/o administradores de repositorios.

Aprovechando las características de modularidad, distribución de inteligencia y facilidad de escalabilidad e integración, la propuesta se modeló y validó mediante un Sistema Multi-Agente (SMA) denominado EVALOA. A través de este sistema se ofrece el servicio de evaluación de OAs a diferentes repositorios y federaciones que estén interesados, permitiendo definir qué capas se incluyen en el proceso de análisis de los objetos, y cuales dimensiones y métricas tener en cuenta.

A través de esta plataforma fueron evaluados los OAs de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje FROAC. Las medidas realizadas demostraron la existencia de problemas en la calidad de estos recursos educativos, y la importancia de la aplicación del modelo no sólo para apoyar el proceso de entrega de mejores objetos a partir de las búsquedas, sino además y esto es un valor agregado de la tesis, como herramienta de gestión de los repositorios.

1. PRESENTACIÓN DE LA TESIS

En este capítulo se realiza una descripción general de la tesis, especificando las preguntas de investigación en que está enmarcada, los objetivos, la metodología propuesta para su cumplimiento y los logros obtenidos. Finalmente se muestra la difusión de los resultados y la forma como está estructurado el documento.

1.1 Preguntas Emergentes de Investigación

Las preguntas de investigación que surgen de la revisión del estado del arte y los problemas identificados se relacionan a continuación:

- ¿Es posible definir las variables relevantes involucradas para la evaluación de la calidad de los OAs?
- ¿Es posible definir métricas generales que permitan determinar la calidad de los OAs?
- ¿Pueden integrarse métricas alimentadas por respuestas de usuarios y métricas calculadas automáticamente?
- ¿Es posible establecer modelos que definan cómo evaluar los OAs y cómo pueden ser utilizados los resultados obtenidos?
- ¿Si el problema de la evaluación de la calidad de los OAs se presenta como una solución distribuida (capas) según varias categorías, el paradigma de los SMA y otras técnicas de IA puede jugar un papel importante?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer un modelo por capas para evaluación basado en métricas de calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios de OAs.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar los principales criterios de calidad con los que debe cumplir un OA.
2. Caracterizar los enfoques existentes para definir modelos de evaluación y las métricas propuestas.
3. Definir las variables y métricas que utilizará el modelo para evaluar la calidad de los OA en Repositorios de OAs.
4. Diseñar un modelo por capas para evaluación a través de métricas que permitan determinar la calidad de OAs, aprovechando las posibilidades de los SMA.
5. Validar el modelo propuesto a través del desarrollo de un prototipo aplicado a casos de estudio.

1.3 Alcance

Esta tesis de maestría estuvo delimitada por los siguientes aspectos:

- El modelo de evaluación sólo se enfocará en algunos de los criterios de calidad de los OAs, principalmente en aspectos técnicos y de satisfacción del usuario.
- No se incluirán en el modelo los aspectos conceptuales pedagógicos asociados a los OAs.
- La validación del prototipo se realizará sobre un repositorio de OAs y un área de conocimiento específica.

1.4 Metodología

ETAPA	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Etapa 1: Elaboración del marco teórico y revisión del estado del arte	Objetivo 1: Identificar los principales criterios de calidad con los que debe cumplir un OA.	1. Revisión bibliográfica sobre características de los OAs. 2. Revisión bibliográfica sobre calidad y relevancia de los OAs. 3. Revisión bibliográfica sobre Sistemas Multi-agente.
	Objetivo 2: Caracterizar los enfoques existentes para definir modelos de evaluación y las métricas propuestas.	4. Revisión bibliográfica de modelos para evaluación de calidad de OAs. 5. Revisión bibliográfica de las métricas propuestas para determinar la calidad de los OAs e identificación de las características evaluadas.
Etapa 2: Análisis y diseño del modelo propuesto	Objetivo 3: Definir las variables y métricas que utilizará el modelo para evaluar la calidad de los OA en Repositorios de OAs.	6. Identificar las variables que se tendrán en cuenta en el modelo. 7. Identificar las métricas que se utilizarán y la metodología para realizar su cálculo.
	Objetivo 4: Diseñar un modelo por capas para evaluación a través de métricas que permitan determinar la calidad de OAs, aprovechando las posibilidades de los SMA.	8. Conceptualización del modelo. 9. Análisis del modelo por capas para evaluación de calidad de OAs. 10. Diseño de la arquitectura.
Etapa 3: Implementación y validación del modelo propuesto	Objetivo 5: Validar el modelo propuesto a través del desarrollo de un prototipo aplicado a casos de estudio.	11. Desarrollo e implementación de un prototipo. 12. Realización de pruebas sobre el prototipo.
Etapa 4: Informe final y difusión de los resultados obtenidos en los diferentes medios de divulgación científica.		

1.5 Cumplimiento de Objetivos

A continuación se describe en términos generales la forma como se dio cumplimiento a cada uno de los objetivos de la presente tesis:

- **Objetivo 1:** *Identificar los principales criterios de calidad con los que debe cumplir un OA.*

Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica y contextualización en cuanto a temas relacionados con OAs, se analizaron y definieron las características de los OAs y los aspectos relacionados con su evaluación. Estos resultados se encuentran en el Capítulo 2.

- **Objetivo 2:** *Caracterizar los enfoques existentes para definir modelos de evaluación y las métricas propuestas.*

Con el fin de identificar los diferentes enfoques y propuestas de la comunidad en cuanto a evaluación de OAs, se realizó revisión y análisis de los principales trabajos encontrados, lo cual se muestra en el Capítulo 3 denominado Revisión del Estado del Arte.

- **Objetivo 3:** *Definir las variables y métricas que utilizará el modelo para evaluar la calidad de los OA en Repositorios de OAs.*

En el Capítulo 4 se presenta el modelo propuesto con un enfoque por capas. A partir de la revisión de la literatura, se definieron dimensiones de los OAs y las variables que están asociadas a cada dimensión, especificando métricas que permiten establecer su nivel de cumplimiento. Se realiza una explicación de la forma como se realizará el cálculo de cada una de las métricas.

- **Objetivo 4:** *Diseñar un modelo por capas para evaluación a través de métricas que permitan determinar la calidad de OAs, aprovechando las posibilidades de los SMA.*

Dando cumplimiento a este objetivo se define la estructura general del modelo, su conceptualización y descripción de sus componentes, lo que se evidencia en el Capítulo 4. También se realizó el análisis y diseño del SMA, proceso que se presenta en el Capítulo 5.

- **Objetivo 5:** *Validar el modelo propuesto a través del desarrollo de un prototipo aplicado a casos de estudio.*

Se construyó un prototipo denominado EVALOA y se realizó la evaluación de los OAs de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje FROAC, lo cual se presenta en el Capítulo 6.

1.6 Principales Contribuciones Logradas

Se propuso un modelo genérico para evaluación de la calidad de objetos de aprendizaje, formado por capas, dimensiones y métricas. A partir de esto, se definió un modelo concreto que cuenta con tres capas, cada una con un enfoque desde los actores asociados a los OAs. La primera está relacionada con la gestión de los OAs y es el administrador del repositorio quien suministra la información, la segunda se basa en las revisiones realizadas por expertos, y la tercera tiene en cuenta la percepción de los usuarios. Transversal a las capas se presentan seis dimensiones que agrupan características deseables de los OAs y que son evaluadas a través de 22 métricas propuestas.

Un elemento a resaltar, es el hecho que el modelo propuesto está definido en forma genérica y admite su configuración al momento de ser implantado en una situación real, permitiendo obtener los resultados acordes a las necesidades e intereses de los propietarios y/o administradores de los repositorios y federaciones, ya que son ellos quienes definen específicamente cuales variables se desean evaluar, bajo que ponderaciones y con qué datos.

Esta propuesta se constituye en una herramienta de apoyo a la gestión de los repositorios de OAs, pues los resultados que se entregan a partir de la aplicación del modelo, permiten tomar acciones con el fin de mejorar la calidad de los OAs y con ello la experiencia de los usuarios al interactuar con este tipo de recursos.

Se desarrollo un prototipo denominado EVALOA aprovechando las ventajas que ofrecen los Sistemas Multi-Agente como la distribución de tareas, paralelismo, cooperación y

comunicación. A través de este sistema se evaluaron los OAs de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje - FROAC, desarrollada en el marco del proyecto de COLCIENCIAS titulado “ROAC Creación de un modelo para la Federación de OA en Colombia que permita su integración a confederaciones internacionales”, de la Universidad Nacional de Colombia, con código 1119-521-29361. Los resultados de la evaluación fueron aprovechados para identificar los OAs con mayores problemas y definir estrategias que permitan mejorar estos recursos y no entregarlos al usuario final hasta cumplir con unos requisitos mínimos.

Un logro adicional relacionado con esta tesis, y aprovechando la participación del Director en el grupo de expertos de la Estrategia de Recursos Educativos Digitales Abiertos – REDA, promovida por el Ministerio de Educación Nacional; es el aporte en la discusión presentando la propuesta de Modelo de Evaluación en sus diferentes componentes, algunos de los cuales fueron incorporados para la iniciativa de arbitraje de los recursos en dicha estrategia. Especial relevancia se le puede dar a esta situación cuando se reclama permanentemente que la investigación sirva para mejorar condiciones de la sociedad y permear políticas públicas, como es el caso de esta Estrategia de País.

1.7 Difusión de Resultados

Artículos en Revistas

- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Julián Moreno, Demetrio A. Ovalle, Rosa M. Vicari. “Evaluación de la Calidad de Metadatos en Repositorios Digitales de Objetos de Aprendizaje”. Revista Interamericana de Bibliotecología. Universidad de Antioquia. ISSN: 0120-0976. vol. 36, n. 3, pp. 183 - 195, 2013. Categoría A2 en Publindex.
- Paula A. Rodríguez, Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, Rosa M. Vicari. “Modelo multi-agente para recomendación híbrida de objetos de aprendizaje”. Revista Virtual Universidad Católica del Norte. ISSN: 0124-5821. n. 40, p.96-110, 2013. Categoría B en Publindex.
- Paula A. Rodríguez, Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, Rosa M. Vicari. “BROA: An agent-based model to recommend relevant Learning Objects from Repository Federations adapted to learner profile”. International Journal of

Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. ISSN: 1989-1660. v.2, n.1, p.6-11, 2013.

- Valentina Tabares, Paula A. Rodríguez, Néstor D. Duque, Rosa M. Vicari, Julián Moreno. "Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index". Revista Respuestas. ISSN: 0122-820X. v.17, fasc.1, p.48 - 54, 2012. Categoría C en Publindex.

Capítulos en Libros de Investigación

- Néstor D. Duque, Valentina Tabares, Paula A. Rodríguez. Repositorios de Objetos de Aprendizaje y Herramientas para su Construcción. En: Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos. Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- Néstor D. Duque, Valentina Tabares, Gustavo Isaza. Federaciones de Repositorios de Objetos de Aprendizaje. En: Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos. Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- Néstor D. Duque, Valentina Tabares, Paula A. Rodríguez. Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia - FROAC. En: Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos. Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- Néstor D. Duque, Paula A. Rodríguez, Valentina Tabares. Tecnologías para la Búsqueda y Recuperación de Objetos de Aprendizaje. En: Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos. Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle. Evaluación de Objetos de Aprendizaje. En: Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos. Universidad Nacional de Colombia. 2013.

Ponencias en Eventos

- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Silvia Baldiris. "Calidad de Objetos de Aprendizaje en FROAC desde la Percepción del Usuario". Evento: Congreso Internacional en Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles – CAVA 2012. En: Argentina. 2013.

- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Ricardo Moreno. "Replanificación de Cursos Personalizados Soportada en RBC". Evento: 8º Congreso Colombiano de Computación - 8CCC. En: Colombia. 2013.
- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, Paula A. Rodríguez, Julián Moreno. "Learning Objects Repository Management Using an Adaptive Quality Evaluation Multi-Agent System". Evento: Workshop on Multiagent System Based Learning Environments – MASLE 2013. En: España. Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems Communications in Computer and Information Science. Springer v.365, p.351-362, 2013.
- Paula A. Rodríguez, Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, Rosa M. Vicari. "Multi-agent Model for Searching, Recovering, Recommendation and Evaluation of Learning Objects from Repository Federations". Evento: 13th edition of the Ibero-American Conference on Artificial Intelligence - IBERAMIA 2012. En: Colombia. Lecture Notes in Computer Science. Springer v.7637, p.631-640, 2012.
- Valentina Tabares, Paula A. Rodríguez, Néstor D. Duque, Rosa M. Vicari, Julián Moreno. "Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index". Evento: Workshop on Multiagent System Based Learning Environments – MASLE 2012. En: Colombia. 2012.
- Valentina Tabares, Paula A. Rodríguez, Néstor D. Duque, Julián Moreno. "Modelo Integral de Federación de Objetos de Aprendizaje en Colombia - más que búsquedas centralizadas". Evento: Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje – LACLO 2012. En: Ecuador. 2012.
- Paula A. Rodríguez, Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Demetrio A. Ovalle, Rosa M. Vicari. "Approach to adaptive recovery of customized LO according to the type of device". Evento: 7º Congreso Colombiano de Computación - 7CCC. En: Colombia. 2012.
- Valentina Tabares, Néstor D. Duque, Julián Moreno. "Evaluación experimental de la calidad en la recuperación de objetos de aprendizaje desde repositorios remotos". Evento: Congreso Internacional en Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles – CAVA 2011. En: Colombia. 2011.

Participación en Proyectos

- “RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos”. Proyecto financiado por COLCIENCIAS.
- “ROAC Creación de un modelo para la Federación de OA en Colombia que permita su integración a confederaciones internacionales”. Proyecto financiado por COLCIENCIAS.
- “Mejoramiento de las capacidades académicas de visibilidad y cooperación entre grupos Iberoamericanos de investigación en Informática Educativa”. Proyecto financiado por la Universidad Nacional de Colombia.
- “Red iberoamericana de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de competencias profesionales a través de entornos ubicuos y colaborativos (U-CSCL)”. Proyecto financiado por CYTED.

1.8 Organización del Documento

El documento está organizado de la siguiente manera; en el capítulo 2 se presentan los conceptos asociados con la tesis, divididos en Aspectos Generales de OAs, Evaluación de OAs, y Agentes Inteligentes y Sistemas Multi-Agente. En el siguiente capítulo se muestra la Revisión del Estado del arte, presentando los principales trabajos relacionados. El capítulo 4 presenta el modelo propuesto, a través de la conceptualización general, la explicación de cada una de las capas y las métricas que las componen, y la estrategia de integración del modelo. El análisis y diseño del SMA es mostrado en el capítulo 5; en el capítulo siguiente se presenta el proceso de validación de la propuesta y los resultados obtenidos, y finalmente en el capítulo 7 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. MARCO TEÓRICO

El objetivo de este capítulo es evidenciar la revisión previa de elementos importantes en el marco de esta tesis. En la primera sección se presentan los aspectos generales asociados a los Objetos de Aprendizaje (OAs), sus principales características, los estándares de Metadatos y la forma como son administrados a través de Repositorios y Federaciones. En la sección siguiente se abordan elementos relacionados con la evaluación de OAs, definiendo conceptos asociados y los principales criterios de calidad con los que debería cumplir un recurso educativo de este tipo. Finalmente se revisan definiciones, metodologías y herramientas para implementación de Agentes Inteligentes y Sistemas Multi-Agente.

2.1 Conceptos Generales de OAs

2.1.1 Objetos de Aprendizaje

Una definición general de Objetos de Aprendizaje (OAs) es la presentada por la IEEE, donde son descritos como “entidades digitales o no, que pueden ser utilizadas para el aprendizaje, educación o entrenamiento” (Learning Technology Standards Committee, 2002). Estas entidades son elementos de un nuevo tipo de instrucción basadas en el paradigma de orientación a objetos (POO), que generalmente son entregadas a través de internet y que son diseñadas con el fin de que sean utilizadas y reutilizadas en múltiples contextos educativos (Wiley, 2001). En su construcción son utilizadas herramientas de autoría que permiten incluir en los OAs elementos de texto, imágenes, hipertexto, videos, software y otros objetos.

Para facilitar su reutilización los OAs deben ser unidades independientes con un objetivo de aprendizaje claro y un contenido autónomo que no dependa de otros objetos (Morales et al., 2005). Su unión puede generar nuevos OAs para ser utilizados en diversos

ambientes educativos, lo que explica (Chiappe L., 2006) a través de la metáfora de la Creación de Nuevos Materiales, definiendo los OAs no como simples elementos que pueden ser ensamblados, sino como aquellos que por su naturaleza, permiten modificaciones en su misma composición interna para facilitar un correcto funcionamiento desde el punto de vista del diseño instruccional.

Una de las características distintivas de los OAs es que contienen metadatos que los describen facilitando su búsqueda y recuperación, además deben responder a las necesidades de los alumnos para los que fueron diseñados (Duque M., 2009).

2.1.2 Metadatos y Estándares de Metadatos

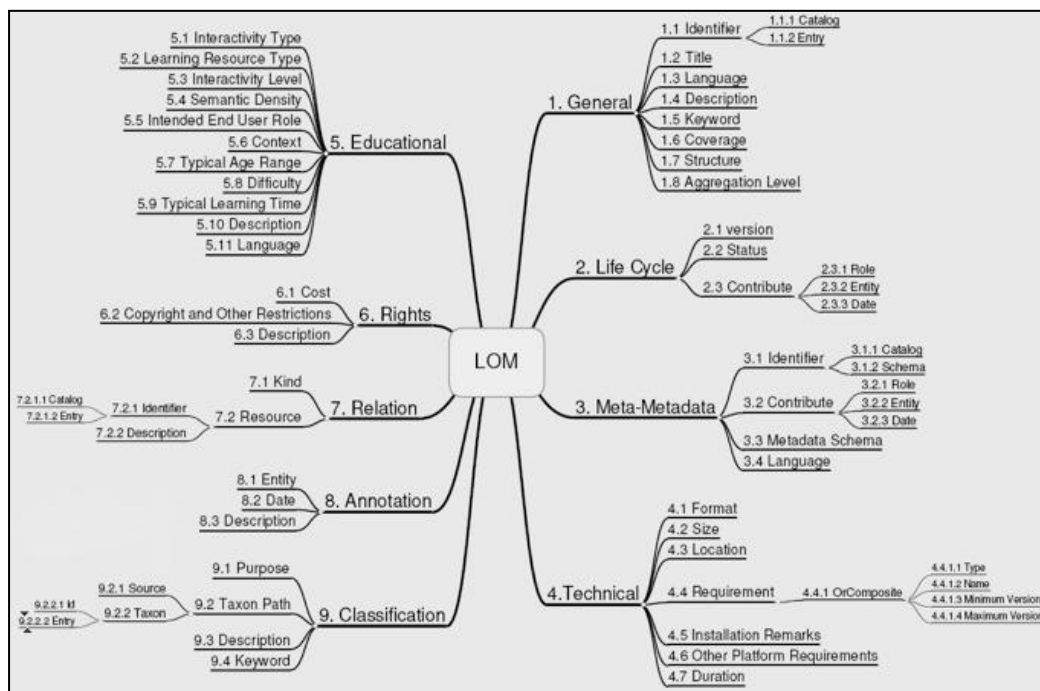
Los metadatos comúnmente conocidos como “datos sobre los datos” son utilizados para describir e identificar los recursos educativos. Estos datos permiten identificar cada OA, conocer cómo, dónde y por quién fue desarrollado, cuál es el segmento al que va dirigido, su aplicación, interactividad, características técnicas y otro tipo de información relevante, que ayuda a entender su contenido. El principal objetivo de los metadatos es facilitar la búsqueda, evaluación, recuperación y uso de los OAs, lo que permite la reutilización de estos recursos, que es uno de sus mayores retos (R. Vicari et al., 2010) (Morales et al., 2005).

Con el fin de facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas que contengan OAs, se han propuesto estándares que definen un conjunto de campos para describir los OAs. Si dos sistemas almacenan metadatos siguiendo un estándar común, el intercambio de información sobre los recursos que almacenan es posible (Ochoa, 2008). Algunos de los estándares más conocidos y utilizados son:

LOM: Este estándar internacionalmente reconocido, propuesto por IEEE Learning Technologies Standard Committee, como un modelo jerárquico de datos contiene alrededor de 50 campos de metadatos agrupados en nueve categorías, en las que se incluye información general del objeto, de su historial, técnica, específica para el contexto educativo y de derechos de autor. El estándar especifica la sintaxis y la semántica de los atributos necesarios para describir los recursos educativos (Learning Technology

Standards Committee, 2002). En la Figura 2-1 se muestra la estructura jerárquica del estándar.

Figura 2-1: Estructura jerárquica del estándar IEEE LOM (Barker, 2005)



- **Dublin Core:** Propuesto por la DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) establece 15 elementos para catalogar recursos digitales en general, los cuales son opcionales y se pueden repetir de acuerdo a las necesidades específicas. Es ampliamente utilizado en el contexto de los OAs, pero para aprovecharlo mejor en contextos educativos se han adelantando algunas iniciativas que pretenden extender este estándar (Weibel & Koch, 2000).
- **OBAA:** Es una iniciativa brasileña que propone un estándar de metadatos para OAs compatible con el estándar IEEE-LOM. Su principal diferencia es que está orientado a la interoperabilidad de los OAs en plataformas como Web, TV digital y dispositivos móviles, además permite almacenar informaciones adicionales relacionadas con accesibilidad para personas con necesidades especiales y características propias del contexto de educación brasileño (R. Vicari et al., 2012)(R. M. Vicari et al., 2010).

2.1.3 Características de los OA

Algunas de las principales características de los OAs son descritas a continuación (Wiley, 2001) (Ruiz G, Muñoz A, & Álvarez R, 2007) (Mendes, Inácio, & Caregnato, 2006):

- **Reusabilidad:** Es la principal propiedad de los OAs ya que se refiere a la posibilidad de aprovecharlo en diferentes ocasiones. Para alcanzar esta característica es necesario que se contemplen aspectos como la modularidad, interoperabilidad y recuperación de los objetos, además de una continua actualización.
- **Adaptatividad:** Es la capacidad del OA para que sea utilizado en diferentes contextos, áreas temáticas y tipos de enseñanza, cambiando sus características de acuerdo a las necesidades del entorno. Por ejemplo, si se recupera un recurso desde un dispositivo móvil la interfaz se muestra de forma diferente.
- **Granularidad:** Para facilitar la reusabilidad del OA el contenido debe estar particionado, la descripción de este tamaño se define como la granularidad del OA. Si la complejidad del recurso es muy alta es menos probable que sea reutilizado en diferentes contextos.
- **Accesibilidad:** Posibilidad de que los usuarios puedan acceder sin restricciones y en el tiempo que lo requiera a los contenidos apropiados.
- **Escalabilidad:** Permite que los OAs puedan usarse individualmente o tomar un conjunto de ellos con temáticas relacionadas y ensamblar con rapidez otros de mayor tamaño e incluso cursos completos.
- **Interoperabilidad:** El OA debe operar sin depender de una plataforma específica, es decir, en diferente hardware, sistemas operativos, navegadores, etc.

2.1.4 Economía de los Objetos de Aprendizaje

Se plantea que cuando los materiales son compartidos, reutilizados y mejorados se genera una economía donde se intercambian los OAs, y se permite a profesores y estudiantes acceder a contenidos relevantes y de alta calidad como resultado de un proceso interactivo. Productores crean los OA que son compartidos entre los consumidores, quienes reutilizan estos materiales educacionales con sus propios diseños y experiencias (Ochoa, 2008).

Son muchos los aspectos que se deben tener en cuenta dentro de esta economía, de los cuales se destacan los personales como la voluntad de compartir, los derechos de autor y la accesibilidad; técnicos como la interoperabilidad, granularidad y capacidad de configuración, y sociales como costo-beneficio, lenguaje, cultura y pedagogía. Estos factores generan algunos problemas en el intercambio de OAs, en los cuales actualmente un gran número de investigadores están trabajando para encontrar nuevas y mejores soluciones (Duncan, 2004).

Los actores que participan en esta economía son (Ochoa, 2008):

- **Creadores del Mercado:** Son los encargados de proveer la estructura donde los OAs son intercambiados (Repositorios, investigadores de tecnologías de OAs)
- **Colaboradores:** Suministran los OAs a la economía; son los autores originales de los OAs, los editores que tienen los derechos de publicación; los distribuidores que adquieren los derechos de explotar los OA y ensambladores que reutilizan pequeños OA para construir otros más complejos.
- **Consumidores:** Son profesores y usuarios finales, generalmente estudiantes, que utilizan los OAs en sus propias experiencias y que también pueden tomar el rol de Colaboradores.
- **Reguladores:** Este grupo es el encargado de establecer las reglas por las que el intercambio de OAs se lleva a cabo.

2.1.5 Repositorios de OAs

Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROAs) son bibliotecas digitales especializadas, que alojan múltiples tipos de OAs junto con sus metadatos, permitiendo su búsqueda y recuperación de manera que puedan ser utilizados en diversos ambientes de e-learning. Algunos repositorios albergan los OAs de una amplia variedad de áreas temáticas, otros se centran en temas específicos o en niveles educativos. La mayoría de ROAs son abiertos a todos los usuarios, sin embargo en términos generales para compartir nuevos materiales es necesario realizar algún tipo de suscripción.

Se espera que los ROAs ofrezcan facilidades para la creación y mantenimiento de los metadatos y servicios de búsqueda en diferentes niveles (Sicilia, García, Salvador, &

Soto, 2005), permitiendo la ubicación de los recursos por contenidos, áreas, categorías y otros descriptores (Rosanigo et al., 2007). Un repositorio puede ser un sencillo sistema de almacenamiento y trabajar aisladamente o puede ser un complejo entorno que ofrece la posibilidad de interactuar con otras plataformas y ofrecer mayores herramientas a los usuarios (García, 2000)(López G & García P, 2006).

Un aspecto adicional, de gran importancia, que tienen los ROAs frente a las bibliotecas digitales tradicionales, es el hecho de que muchas personas pueden contribuir con el contenido que se compartirá con una comunidad (Frango S, Nizam, & Notargiacomo, 2007). Sin embargo, esto genera la necesidad de realizar procesos de evaluación que aseguren la calidad de los contenidos que se entregarán a los usuarios.

Son varios los servicios y aplicaciones adicionales que se ofrecen desde los ROA, los cuales cubren gran parte del ciclo de vida de los OAs (Ochoa, 2005), tales como herramientas para la gestión del etiquetado que soporten estándares de metadatos específicos orientados al campo educativo, mecanismos de integración e interoperabilidad con otros repositorios o federaciones, y servicios de administración de usuarios y control de acceso (López G, Guzmán López, & García Peñalvo, 2005)(Heery, Rachel, Anderson, & Sheila, 2005).

De acuerdo a la localización de los recursos educativos y sus metadatos, los ROA se pueden clasificar de la siguiente forma (McGreal, 2008)(Alfano & Henderson, 2007)(Frango S et al., 2007):

- En el primer tipo están aquellos que siguen un modelo centralizado, en el que tanto los recursos como los metadatos se encuentran en el mismo servidor, por lo que podría requerirse una robusta infraestructura. En ocasiones también se almacenan la lógica del negocio y la presentación. En este tipo de repositorios la recuperación de los recursos podría ser más rápida debido a que no se requiere conexiones de red externas.
- El segundo tipo de repositorios también se conocen como Referatorios, ya que funcionan como portales que sólo almacenan los metadatos y proporcionan enlaces a contenidos educativos de terceros. Como ventaja se puede mencionar que los costos de infraestructura son reducidos y la recuperación de los

metadatos es rápida. Sin embargo, es posible que se presenten inconvenientes cuando es modificada la localización de los recursos y no son actualizados los metadatos.

- Los repositorios del tercer tipo, también denominados Híbridos, son una combinación de los dos primeros porque almacenan los metadatos que describen tanto recursos localizados en el mismo servidor como recursos que se encuentran distribuidos.
- Existe un cuarto tipo de repositorios que no es muy común y se da cuando se tienen diferentes estándares de metadatos asociados a un recurso, centralizando los objetos y distribuyendo los metadatos. Requiere una adecuada infraestructura que soporte el almacenamiento y la comunicación entre los nodos.

Finalmente es importante resaltar que un ROA requiere de personas encargadas de su administración en labores como gestión de la base de datos, aseguramiento de la calidad de los recursos, resguardo y recuperación de datos, control de cambios y planificación de capacidades. Estas labores son fundamentales y se resalta el aseguramiento de la calidad de los OAs, ya que de esto depende en gran medida la imagen que tendrán los usuarios del repositorio.

A continuación se presentan algunos de los Repositorios de Objetos de Aprendizaje más reconocidos (Astudillo, Sanz, & Willging, 2012) :

- **MERLOT** (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching): Este repositorio mantenido por la Universidad de California que contiene miles de recursos digitales orientados a la educación superior. Provee servicios para la gestión de los objetos, búsquedas simples y avanzadas, y personalización. El estándar de metadatos que utiliza es el IEEE LOM. El acceso a los recursos es abierto, pero para realizar contribuciones se requiere ser miembro y de una revisión por parte de expertos. <http://www.merlot.org>
- **CAREO** (Campus Alberta Repository of Educational Objects): Repositorio Canadiense con más de 4.000 objetos de diferentes áreas. Actúa como repositorio almacenando directamente los recursos y como referatorio guardando solo la ubicación. El acceso es gratuito y ofrece diferentes servicios a los usuarios a la hora de interactuar con los recursos. <http://www.careo.org>

- **SMETE:** Es un repositorio principalmente orientado a la matemática, ingeniería y tecnología que pertenece a la SMETE Open Federation. El estándar de metadatos que utiliza es el IEEE LOM. Agrupa los materiales por áreas temáticas y ofrece la opción de realizar búsquedas tanto por palabras clave como de forma avanzada. También ofrece un servicio de búsquedas federadas. <http://www.smete.org/>
- **BIOE (Banco Internacional de Objetos Educacionais):** Repositorio creado por el Ministerio de Educación de Brasil que aloja material de diferentes áreas y niveles de educación. Permite la búsqueda de materiales de acuerdo a el nivel de enseñanza, el tipo de recurso, por palabras claves o haciendo una búsqueda avanzada. Para la catalogación y clasificación de los recursos utiliza DCMI. <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>

2.1.6 Federaciones de ROAs

La creación de federaciones de ROAs es un enfoque que amplía y fortalece el concepto central de los OAs en su capacidad de ser reutilizables y como condición estar disponibles y visibles. El concepto central de las federaciones es proveer un acceso centralizado a recursos distribuidos.

La organización de los diversos ROAs en una federación se realiza a través de un sistema jerárquico, que centraliza la información contenida en estos depósitos en un solo portal. Esta necesidad surge en dos escenarios distintos. El primero está relacionado con los problemas de escalabilidad en el funcionamiento de los repositorios, lo cual exige la continuidad del servicio a través de la paralelización de la infraestructura de los repositorios. El segundo es la administración de los múltiples repositorios distribuidos que contienen colecciones de interés para determinadas comunidades o aplicaciones (van de Sompel & Chute, 2008).

Grupos de repositorios forman federaciones y esas federaciones, en un nivel más elevado, pueden componer federaciones de federaciones, recibiendo el nombre de confederaciones. Con el fin de asegurar la interoperabilidad entre los diferentes nodos,

se requiere de acuerdos de cooperación en términos técnicos, de contenido y organizacionales (Frango S et al., 2007).

El enfoque de federaciones no sólo permite un punto único de búsqueda de recursos específicos como OAs, sino que se convierte en el punto de convergencia de muchas investigaciones que buscan entregar a profesores y estudiantes los mejores contenidos orientados a sus requerimientos y necesidades (Academic ADL, 2013).

Existen dos enfoques con los que se está abordando el tema de las Federaciones de ROAs, por lo tanto podría decirse que las federaciones se pueden clasificar de acuerdo a la forma como se realicen sus búsquedas en (Academic ADL, 2013) (Frango S et al., 2007):

- **Descentralizada (Búsqueda Federada):** Para realizar búsquedas bajo este enfoque es necesario realizar un registro inicial de los repositorios en un punto central, que es el encargado de recibir la solicitud de búsqueda y replicarla en todos los repositorios afiliados. También es el encargado de recibir las listas parciales entregadas y formar una lista final que es la que se le entregará al usuario. Para implementar este tipo de federación es necesario definir un estándar de comunicación con los repositorios que será necesario al momento de enviar las consultas y recibir las listas de resultados.
- **Centralizada (Cosechado de Metadatos):** En este tipo de federaciones también es necesario hacer un registro de los repositorios, además se debe realizar un proceso de recolección de metadatos inicial, ya que lo que hace es centralizar los metadatos en un punto único donde el usuario accederá para realizar las búsquedas. Es necesario gestionar procesos continuos de recolección y actualización de los metadatos que contienen los repositorios afiliados, para lo que se debe definir un protocolo de comunicación. Para no tener inconveniente al momento de hacer el cosechado de los metadatos, se debe realizar una unificación o traducción de los estándares de metadatos utilizados.

A continuación se presentan algunas Federaciones de Repositorios de Objetos de Aprendizaje:

- **Federación de Repositorios Educa Brasil – FEB:** Es una iniciativa brasileña orientada a la creación de un patrón de referencia que describa como construir una infraestructura global para federaciones de repositorios de objetos de aprendizaje, siguiendo como principio guía la reutilización de estos recursos digitales (FEB, 2011). Algunos de los socios también son federaciones, lo que convierte realmente a FEB en una confederación. Con el fin de realizar la indexación de los repositorios, FEB cuenta con un robot encargado de convertir automáticamente los metadatos al estándar OBAA y La comunicación con los repositorios para recolección y actualización de los metadatos se hace a través del protocolo OAI-PMH (R. M. Vicari, 2009).
- **Asociación Europea Abierta al Mundo, para Compartir y Reutilizar el Conocimiento - ARIADNE:** Es una red distribuida de repositorios de objetos de aprendizaje que permite la publicación y administración de recursos digitales de forma abierta. Es accesible en doce lenguas y está enfocada en la generación automática y extracción de metadatos, trabajando principalmente con el estándar IEEE LOM. Para realizar las búsquedas federadas utiliza SQL (Simple Query Interface) que provee interoperabilidad entre aplicaciones de búsqueda y varios ROAs (ARIADNE, 2013).
- **Global Learning Objects Brokering Exchange - GLOBE:** Es un único punto de encuentro para los recursos de un gran número de repositorios. Opera como una comunidad de pares y cuenta con una suite de herramientas en línea, disponibles para el intercambio de recursos de aprendizaje con los miembros de la federación. Ofrece servicios de búsqueda federada, herramientas de referencia, herramientas de administración de repositorios y otros servicios que hacen posible el intercambio de recursos. Usa como estándar de metadatos IEEE LOM, definiendo un set de campos que son obligatorios, con el fin de evitar problemas de interoperabilidad entre los repositorios participantes (GLOBE, 2012) (“GLOBE Metadata Application Profile Specification Document,” 2013).

- **Federación Latinoamericana de Repositorios de Objetos de Aprendizaje – LA FLOR:** Es una red de repositorios de OA de diferentes instituciones educativas de la región que cuenta con alrededor de 50.000 materiales educativos en español, portugués e inglés. Fue construida en 2009 como resultado de la integración de repositorios de varios países y actualmente está en proceso de expansión para incluir más repositorios y brindar un sistema de recomendación, a través del proyecto JARDIN (Gamboa, Xavier, & Chehab, 2008) (LA_FLOR, 2013).
- **AGREGA:** Es una federación de repositorios de objetos digitales educativos formada por Comunidades Autónomas. Los contenidos educativos que se pueden encontrar están curricularmente organizados de forma que puedan ser utilizados en la enseñanza no universitaria, ya que este es su ámbito de actuación. También se pretende compartir criterios comunes de catalogación de los recursos orientados a la interoperabilidad. Los objetos digitales educativos han sido realizados en el marco del programa Internet en el Aula y pueden ser utilizados y adaptados (AGREGA, 2013).
- **Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia - FROAC:** Es una iniciativa desarrollada en el marco del proyecto “ROAC Creación de un modelo para la Federación de OA en Colombia que permita su integración a confederaciones internacionales” ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia Sedes Manizales y Medellín, financiado por Colciencias. Tiene un enfoque de recolección centralizada de metadatos implementado a través del protocolo OAI-PMH. También tiene un mecanismo de cosechado a través de Triggers que se puede implementar con repositorios construidos con la herramienta ROAp. Utiliza el estándar de metadatos IEEE LOM, sin embargo los repositorios afiliados pueden tener otro estándar ya que se realiza un proceso de mapeamiento de equivalencias al momento de realizar el cosechado. Tiene como enfoque hacer que la Federación sea mucho más que un sitio para búsquedas centralizadas de recursos distribuidos y se convierta en una plataforma de servicios a los usuarios de diferentes roles, aprovechando resultados de las investigaciones de los grupos vinculados (Tabares, Rodríguez, Duque, & Moreno, 2012).

2.2 Evaluación de OAs

2.2.1 Calidad de los OAs

En términos generales la calidad es definida por la R.A.E (Real Academia de la Lengua Española) como la “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor”, esta debe ser medible y estar asociada a un contexto específico.

En el dominio de los OAs la calidad es entendida como un conjunto de criterios que permiten valorar los recursos educativos y establecer su nivel de pertinencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje, es decir, el grado de utilidad respecto al logro de las metas pedagógicas planteadas en el objetivo del OA, conllevando el trabajo del estudiante y por ende el aseguramiento del aprendizaje (Morales, Gil, & García, 2007)(Ruiz G et al., 2007). Este grado de pertinencia del OA no solo se mide en términos pedagógicos, se deben tener en cuenta aspectos técnicos, ya que de estos dependen varias de las características de estos recursos, tales como la interoperabilidad, escalabilidad y reusabilidad.

La medición de la calidad de un producto, proceso, operación o método tiene gran importancia para establecer el desempeño de cualquier organización pública o privada, por lo tanto existen modelos y estándares que ayudan a establecer sistemas de calidad. En el caso de los OAs deben existir propuestas que consideren su naturaleza ya que se trata de un producto informático y educacional simultáneamente (Vidal, Segura, & Prieto, 2008).

Hay diversos criterios para evaluar la calidad del OA, a través de métricas, algunos con un enfoque centrado en el producto y otros en el proceso. En el primer caso puede realizarse la medición directa o indirecta a través de características deseables asociadas al contenido y su estructura interna; en el segundo caso se analizan características concernientes al potencial pedagógico que posee (Vidal et al., 2008). A pesar de su reconocida importancia, actualmente no se ha llegado a un consenso de todos los elementos que intervienen en la medición de calidad de un OA. Generalmente se evalúan aspectos técnicos, educativos, de contenido, visuales, funcionales y de seguimiento a estándares de metadatos.

2.2.2 Relevancia de OAs

La relevancia se puede entender como un conjunto de criterios, que conllevan a la definición de métricas las cuales se tienen en cuenta para evaluar la efectividad de la recuperación de información, que puede ser de cualquier tipo como texto y multimedia. Es un concepto multidimensional cognitivo que depende en gran medida de las percepciones de información del usuario y sus propias necesidades de información, es decir, interpreta los juicios de los usuarios respecto a la información encontrada comparada con lo que realmente necesitaba en un periodo de tiempo (Schamber, Eisenberg, & Nilan, 1990).

El concepto de relevancia puede ser dividido en varias clases y tipos de relevancia, de los cuales se destacan principalmente dos tipos, el primero considera la relevancia como un concepto estático y objetivo mientras que el segundo es orientado al usuario considerando que la relevancia puede ser subjetiva de acuerdo a la experiencia. El segundo enfoque es el que ha tomado gran importancia, gracias al desarrollado de mecanismos de retroalimentación, en los que las sentencias de los usuarios son utilizadas para modificar las listas de los resultados que genera una búsqueda, haciendo al usuario parte integral del sistema (Borlund, 2003).

Con el fin de establecer la relevancia de las recuperaciones en el dominio específico de los OAs, son definidas características de calidad de acuerdo al contexto en el que se realizó la búsqueda. Ochoa (2008) realiza un mapeo de once (11) propiedades que permiten determinar la relevancia de los OA con tres dimensiones de relevancia que son: Temática, Personal y Situacional. Se tienen en cuenta elementos tales como la motivación del estudiante, sus bases culturales, lingüísticas y educacionales, además de otros aspectos como tiempo de revisión del material, espacio geográfico y condiciones tecnológicas (Ochoa, 2008).

2.2.3 Usabilidad de OAs

Partiendo de que los OAs se asemejan a software de propósito general, en el que su usabilidad es fundamental a la hora de determinar la calidad, y teniendo en cuenta que la usabilidad contempla aspectos como el diseño de interfaz y el diseño de navegación,

algunos autores han aplicado métricas de usabilidad para evaluar recursos educativos (Massa, 2012).

Se aplican diferentes métodos para evaluar la usabilidad de los recursos, los cuales comúnmente también son aplicados para evaluar software, entre los que se presentan el Método de Inspección que está orientado a expertos, el Métodos de Indagación que permiten conocer más sobre la audiencia para realizar un mejor diseño, y el Métodos de Test que se trabajan con los usuarios finales. Dentro de estos métodos existen mecanismos tanto manuales como automáticos (Massa, 2012).

Si bien es de gran importancia evaluar la usabilidad de los OAs, se debe tener en cuenta que estos recursos están orientados a la educación, y que este no es el único aspecto que determina la calidad de los mismos (Sanz, 2010).

2.3 Agentes Inteligentes y Sistemas Multi-Agente

2.3.1 Agentes Inteligentes

Los agentes son entidades capaces de actuar de forma autónoma en un ambiente propio, pueden comunicarse directamente con otros agentes sin necesidad de intervención humana y manejan un conjunto de objetivos o funciones que tratan de optimizar (Sycara, 1998).

Para que un agente sea considerado como inteligente debe ser reactivo, permaneciendo en su ambiente y respondiendo a los cambios que ocurran de forma oportuna, pro-activo con comportamientos ejecutados por iniciativa propia y tener habilidades sociales al interactuar con otros agentes, incluyendo los humanos. Otras de las características con las que debería contar un agente son la adaptatividad que le permite mejorar su comportamiento en función de los cambios del entorno y las experiencias anteriores, la movilidad permitiéndoles transportarse de una máquina otra a través de una red, y el paralelismo, sacando provecho de la ejecución simultánea de tareas (Wooldridge, 1999).

2.3.2 Sistemas Multi-Agente

Los Sistemas Multi-Agente (SMA) están compuestos por un conjunto de agentes que operan e interactúan en un ambiente con el fin de resolver un problema particular. Estos agentes deben usar un lenguaje común para comunicarse conocido como ACL (Agent Communication Language) (Wooldridge, 1999). Este paradigma permite abordar sistemas que requieren de un análisis, diseño e implementación complejo, aprovechando las posibilidades que se brindan al resolverlo a través de su distribución del conocimiento necesario para enfrentar el problema. Las principales características de un SMA son que cada agente tiene la capacidad para resolver una parte del problema con un limitado punto de vista, que no hay un sistema global de control y que la información está descentralizada. Los agentes se estructuran dentro de una Organización en la que se define los roles, las expectativas de comportamiento y las relaciones de autoridad (Sycara, 1998).

Los SMA están siendo ampliamente utilizados en problemas asociados con ambientes de enseñanza/aprendizaje, ya que se pueden descomponer en sub-problemas que son solucionados por agentes independientes que intercambian información e interactúan para la conseguir los objetivos de enseñanza (Duque M., 2009).

2.3.3 Metodologías para el diseño de Sistemas Multi-Agente

Son varias las metodologías utilizadas a la hora de realizar análisis y diseño de sistemas basados en agentes, de las cuales se resaltan las dos que se presentan a continuación:

- **GAIA:** Esta metodología maneja como concepto clave el modelo de roles, a los que se le asocia las responsabilidades, permisos, actividades y protocolos. Divide en abstractos y concretos sus conceptos principales, donde las entidades abstractas son utilizadas durante el análisis para conceptualizar el sistema como por ejemplo roles y permisos. Las concretas se usan en el diseño y pueden ser tipos de agentes o servicios. GAIA define los siguientes modelos (Wooldridge, Jennings, & Kinny, 1999)(Bayer & Svantesson, 2001):

- *Modelo de roles*: Identifica lo que se espera que el agente haga en la organización, tanto en cooperación con los otros agentes como en lo relacionado a la organización misma.
 - *Modelo de interacción*: Se enfoca en encontrar las dependencias y relaciones existentes entre los roles que se tienen dentro de la organización.
 - *Modelo de agente*: Se presentan los diferentes tipos de agentes que se utilizarán en la implementación del SMA.
 - *Modelo de servicios*: Especifica las principales propiedades de los servicios asociados con cada uno de los roles de los agentes.
 - *Modelo de relaciones*: Define los enlaces de comunicación entre los tipos de agentes.
- **MAS–CommonKADS**: Esta propuesta metodológica integra técnicas de ingeniería del conocimiento, ingeniería software orientada a objetos e ingeniería software de protocolos. Es el resultado de la extensión de CommonKADS y define tanto modelos como el proceso de desarrollo de sistemas orientados a agentes (Iglesias Fernández, 1998). Esta metodología plantea siete modelos que son:
- *Modelo de Agente*: Muestra las características con que contará cada agente.
 - *Modelo de Tareas*: Se describe para cada agente las tareas que realizará.
 - *Modelo de la Experiencia*: Este modelo describe el conocimiento que necesitan los agentes para llevar a cabo los objetivos encomendados.
 - *Modelo de Coordinación*: Se representan las relaciones existentes entre los agentes.
 - *Modelo de Comunicación*: Describe las relaciones dinámicas entre los agentes humanos y los agentes software.
 - *Modelo de Organización*: Presenta la organización humana en la que el sistema se introduce y la estructura de la organización de los agentes.
 - *Modelo de Diseño*: Se define la arquitectura más adecuada para cada agente, así como los requisitos de la infraestructura de la red de agentes.

2.3.4 Herramientas para la Implementación de SMA

Con el fin de facilitar la implementación de SMA, se han desarrollado una serie de herramientas y plataformas que permiten manejar diferentes aspectos relacionados con el ciclo de vida, comunicación y transporte de los agentes. Algunas de éstas son:

- **JADE (Java Agent Development Framework):** Este framework para trabajo con SMA fue desarrollado en JAVA, facilitando la implementación de este tipo de sistemas ya que presenta un middleware con las especificaciones FIPA. JADE incluye el Agente Administrador del Sistema (AMS), el Directorio Facilitador (DF) y el Agente de Comunicación (ACC) que se activan automáticamente cuando la plataforma es puesta en marcha. Además, con el fin de apoyar las fases de depuración y despliegue se ofrecen una serie de herramientas gráficas (Bellifemine, Poggi, & Rimassa, 1999).
- **ZEUS:** Es un conjunto de herramientas para la construcción de agentes colaborativos proporcionando un entorno integrado para un rápido proceso en la ingeniería de software de aplicaciones de SMA. ZEUS incluye varias herramientas entre las que se destaca el Visor de Sociedad que muestra los agentes activos y sus relaciones y la Herramienta de Control que permite modificar el estado de los agentes de forma remota (Nwana, Ndumu, Lee, & ., 1997).

2.4 Conclusiones del Capítulo

Se revisaron los principales elementos a tener en cuenta en el desarrollo de la tesis, enmarcados en tres categorías que son: Conceptos generales de OAs, Evaluación de OAs y Agentes Inteligentes y SMA. Esta conceptualización aporta en la definición del modelo de evaluación propuesto, permitiendo identificar las principales características con que debe cumplir un OA, los contextos donde son utilizados y los elementos de evaluación que están siendo adoptados. También se analizaron elementos base para la implementación del modelo a través de SMA.

3. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

La evaluación de OAs se entiende hoy como una necesidad que apunta a resolver problemas generados con el crecimiento de los repositorios de OAs y que busca asegurar la efectividad en el uso de estos recursos diseñados para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje. En este capítulo se presenta la revisión de la literatura en esta área, se identifican los principales trabajos que se han desarrollado para establecer la calidad de los objetos de aprendizaje, los enfoques que han tenido, y las técnicas y métricas utilizadas. Finalmente se muestran otras iniciativas para evaluación de objetos de aprendizaje, las cuales no hacen parte de la literatura científica, pero tienen propuesta respecto al tema.

3.1 Trabajos Relacionados

- (Massa, 2012) plantea una metodología para desarrollo y evaluación calidad de OAs, con criterios que se basan en aspectos pedagógico, funcional, gráfico, tecnológico y operacional. Utiliza varias estrategias en el proceso de evaluación de los recursos inspiradas en los métodos para valoración de la usabilidad más conocidos que son inspección, indagación y test, dentro de los que se incluyen test de evaluación con expertos para determinar la usabilidad del recurso y encuestas a usuarios finales, con el fin de identificar deseos, motivaciones, y en general la satisfacción respecto a los recursos. Se plantea el análisis cuantitativo y cualitativo acerca de la calidad de los OAs y una posterior reutilización en el proceso de construcción de los mismos.

Fortalezas:

- Se evalúan los OAs tanto desde el punto de vista pedagógico como técnico, además se incluyen elementos de usabilidad que permiten un mayor aseguramiento de la calidad de los recursos.

- Se realiza una evaluación inicial de los objetos antes de que éstos sean entregados a los usuarios.

Limitaciones:

- No se tienen en cuenta los metadatos de los OAs, factor de gran importancia ya que de éstos depende en gran medida la posibilidad de encontrar los recursos en repositorios y otras herramientas que los almacenen.
 - La evaluación manual de los recursos requiere de grandes cantidades de tiempo y disponibilidad de las personas involucradas, lo que impide que sea aplicada a una gran cantidad de OAs.
- (Cechinel, Sánchez-Alonso, & Sicilia, 2012) presentan los primeros resultados obtenidos en una propuesta con modelos para la evaluación automática de la calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios, tomando como caso de estudio objetos evaluados por expertos en el repositorio Merlot. Utiliza posibles combinaciones entre las categorías de disciplina y los tipos de materiales educativos disponibles. Se crearon perfiles estadísticos para objetos de simulaciones en tres disciplinas concretas, los que fueron usados para generar la evaluación automática por medio de Análisis Discriminante Lineal (LDA) y cinco algoritmos de minería de datos para la clasificación. Con los resultados, los autores auguran viabilidad a la metodología.

Fortalezas:

- A partir del volumen de datos utilizados permite generar modelos sobre los cuales se hace la evaluación, utilizando LDA.
- A los modelos obtenidos se les aplican algoritmos de minería de datos para clasificar los OAs, según grupos de calidad preestablecidos.
- La utilización de técnicas de minería de datos en la evaluación de OAs es un campo promisorio.

Limitaciones:

- La recolección de la información se hizo en los sitios web del repositorio, por lo que sus objetos y la evaluación está sujeta a la estructura de estas páginas.
- El modelo depende del subconjunto específico disciplina-material.
- El estudio no diferencia en OAs que son páginas web de los que no lo son, usando parámetros pensando en las primeras.

- Es difícil establecer las razones para asociaciones de las medidas con los OAs, sin poder definir que responden a una casusa-efecto, pudiendo darse incluso por efectos ocultos y casuales.
- En el trabajo de (Menéndez, Castellanos, Vidal, & Segura, 2012) se propone un modelo para evaluar la calidad de los OAs partiendo de las recomendaciones definidas en el estándar IEEE-LOM, aplicando 11 reglas con las que se define el nivel de completitud y conformidad con el estándar de los metadatos. Para la aplicación de estas reglas se definen niveles de conformidad, como la base que se da cuando los metadatos pueden incluir elementos extendidos o adicionales a los definidos por el estándar, y la conformidad estricta que se presenta cuando el OA contiene únicamente metadatos definidos por el estándar. La implementación del modelo se realizó a través de un servicio web que recibe los metadatos en formato XML y entrega los resultados en diferentes formatos como CSV o HTML.

Fortalezas:

- El análisis de los metadatos se realiza de forma automática, permitiendo su aplicación a una gran cantidad de OAs.
- Es posible definir más reglas para el análisis de conformidad con el estándar.
- Los resultados son entregados en diferentes formatos, por lo que pueden ser analizados con diferentes herramientas.

Limitaciones:

- Solo tienen en cuenta los metadatos para realizar la evaluación de calidad de los OAs, descuidando otros aspectos igualmente fundamentales en este proceso.
- Solo podrá aplicarse el modelo de forma efectiva con los objetos que cumplan con el estándar IEEE-LOM.

- (Sanz, 2010) propone en su tesis un modelo que permite estimar apriorísticamente y utilizando los metadatos, la capacidad de reutilización de los OA. Se plantean un conjunto de métricas que se calculan de forma semi-automática y que están basadas en las medidas de reusabilidad de software. La métrica de Cohesión permite analizar la relación entre diferentes módulos. Una mayor cohesión implica una mayor capacidad de reutilización y un OA con nivel de agregación bajo tiene una mayor cohesión. El Acoplamiento es directamente proporcional al número de relaciones que presente el

recurso, lo cual se puede identificar en el campo Relación del estándar LOM. La métrica de Tamaño y Complejidad se basa en los metadatos Tamaño, Duración, Tipo de Recurso, Tiempo Típico de Aprendizaje para definir el tamaño del recurso, ya que cuanto menor sea, mayor es su capacidad de reutilización. Finalmente la métrica de Portabilidad determina la capacidad de mover el recurso entre sistemas y se determina con los campos Formato y Requerimientos para la portabilidad tecnológica, y Contexto, Rango de Edad Típica, Lenguaje y Clasificación para la portabilidad educativa. Para validar su propuesta realiza un estudio de los repositorios de OA Merlot y eLera para definir los diferentes factores que influyen en la capacidad de reutilización.

El autor también propone el cálculo automático de una medida de relevancia que integra como indicadores de calidad tres dimensiones: la Valorativa que reúne evaluaciones individuales de expertos y de usuarios registrados, la Empírica que tiene en cuenta los datos implícitos de uso del material, y la Característica que corresponde a la medida de reusabilidad propuesta. Con el fin de avalar la idea de que estos factores son complementarios y pueden usarse para establecer una medida de calidad que contemple distintos puntos de vista, se realiza un estudio de la correlación de estos indicadores arrojando como resultado la validez de la propuesta (Sanz, Sánchez, & Doderó, 2009).

Fortalezas:

- La medida de relevancia propuesta integra diferentes aspectos relacionados con la reutilización de los OAs.
- Las métricas fueron diseñadas para que se puedan aplicar de forma automática permitiendo su aplicación a una mayor cantidad de OAs.

Limitaciones:

- La reusabilidad del OA se basa solo en los metadatos sin tener en cuenta otros factores que pueden afectar esta característica.
- No se define como realizar las valoraciones por parte de usuarios y expertos. Se utilizan datos obtenidos a través de otros modelos y repositorios.
- Se enfoca solo en un estándar de metadatos, lo que podría generar dificultades cuando se trata de OAs que están descritos bajo otro estándar.

▪ (Yen, Shih, Member, Chao, & Jin, 2010) proponen el cálculo de métricas de clasificación de los OAs usando el impacto de citas desde el punto de vista del usuario. En este caso las citas son consideradas como las descargas que se realizan de un recurso específico. Se plantea una métrica general de citas, una métrica de citas por autor y una métrica de citas por periodo de tiempo, estas tres medidas son agrupadas para crear un solo valor que es asignado como un peso a cada OA, luego inspirado por el algoritmo de PageRank son clasificados los recursos en el repositorio.

Fortalezas:

- Permite la clasificación de todos los OAs para mostrar en las listas los mejores como primeros resultados, sin necesidad de intervención humana.

Limitaciones:

- No se evalúan otros aspectos que intervienen en la calidad de los OAs.
- La percepción final del usuario no está siendo evaluada totalmente, ya que no es suficiente que un usuario descargue un objeto para definir que éste cumple con sus requerimientos.

▪ (Park & Tosaka, 2010) evalúan las prácticas en control de calidad de los metadatos de repositorios digitales de carácter general a través de una encuesta. Con este estudio se examinó la importancia percibida respecto a la calidad de los metadatos, los criterios de calidad de metadatos más evaluados y los problemas que se presentan con éstos, y los mecanismos utilizados para el aseguramiento de la calidad. Se identificó que los principales criterios evaluados en cuanto a metadatos son Completitud, Consistencia y Precisión.

Fortalezas:

- Se identifican los criterios principalmente evaluados en cuanto a la calidad de los metadatos de recursos generales, los cuales también son aplicables para los OAs.

Limitaciones:

- No se presenta una propuesta concreta respecto al aseguramiento de la calidad de los metadatos.

▪ En (Vidal, Segura, Campos, & Sánchez-Alonso, 2010) se presenta la implementación de un modelo de calidad para OAs basado en el estándar internacional ISO 9126 para evaluación de calidad de software propuesto en (Vidal et al., 2008). Se modifican aquellas características que fueron pensadas para software y que no son aplicables a un OA y se involucraron otras relacionadas con aspectos instruccionales. Este modelo se desarrolla bajo una metodología de seis pasos que consiste en comprender el dominio de aplicación, las características, sub-características, jerarquía de las características y la propuesta de medidas. La implementación propuesta se basa en instrumentos para recolección de opinión de expertos y análisis de los metadatos usando tecnologías de Web Semántica, además se propone una ontología que permite aplicar evaluación automática de características de calidad. Las métricas evaluadas están asociadas con estandarización de los metadatos, Completitud de los metadatos, Corrección de los metadatos, Facilidad de Entendimiento de los metadatos, Coherencia pedagógica de los metadatos, Congruencia de los metadatos con el contenido del OA, para el trabajo experimental se utilizó el estándar IEEE-LOM mostrando como resultado que la mayoría de los recursos analizados no cumplían con el estándar.

Fortalezas:

- El uso de tecnologías de Web Semántica en el aseguramiento de la calidad de los OAs es promisorio y permite llegar a la automatización de evaluación de algunos criterios.
- A través del modelo propuesto es posible evaluar algunos elementos tanto técnicos como pedagógicos.

Limitaciones:

- Las reglas utilizadas para la evaluación se basan en el estándar IEEE-LOM, descartando la posibilidad de que el modelo pueda ser aplicado a OAs bajo otro estándar de metadatos.

▪ En (Noor, Yusof, & Hashim, 2009) se describe cómo fueron adaptadas y aplicadas cuatro de las métricas de ingeniería de software para la medición de reusabilidad de OAs. La primera métrica es Weighted Method per Class (WMC) y determina la complejidad de las clases (objetos de aprendizaje) utilizando el nivel de granularidad de cada método (párrafos de texto, imágenes, animaciones, etc.) que lo compone y con ello su posibilidad de reutilización. La segunda métrica Depth Inheritance Tree (DIT)

determina la profundidad en un árbol de herencia de una clase, en este caso la profundidad se refiere a los enlaces entre los OA en páginas diferentes. Coupling Between Object (CBO) es el número de clases a las que se acopla una clase, por lo tanto para los OAs se extrae esta información del campo Relación del estándar LOM. Finalmente la cuarta métrica es Lack Cohesion of Methods (LCOM) que permite comprobar si los objetivos de un OA son suficientemente concretos o se pueden dividir en varios OAs. La propuesta arroja como resultados que el nivel de reutilización en cada métrica es diferente, pero al no exceder el valor medio se considera que todas representan un nivel alto de reutilización de los objetos.

Fortalezas:

- Las métricas permiten evaluar al OA en términos de complejidad, profundidad y acoplamiento, con el fin de estimar el nivel de reusabilidad.

Limitaciones:

- Se dificulta la aplicación de métricas de ingeniería de software en el marco de los OAs, ya que estos tienen características específicas que los diferencian de un programa común.
- La revisión de los OAs debe hacerse de forma manual, para identificar cada uno de los elementos que intervienen en el cálculo de las métricas.

▪ En (Kurilovas & Dagiene, 2009) se realiza revisión y análisis de diferentes iniciativas para evaluación de OAs y Entornos Virtuales de Aprendizaje. Esta propuesta se basa en el ciclo de vida de los OAs para realizar la evaluación, teniendo en cuenta elementos relacionados con el diseño, reusabilidad y adaptabilidad. Antes de la inclusión del recurso al repositorio se analiza el nivel de reutilización, su arquitectura, estabilidad de trabajo, diseño y facilidad de uso; durante la inclusión la interoperabilidad técnica y nivel de contribución en estrategias de control; finalmente después de la inclusión al repositorio la calidad de la recuperación y la información.

Fortalezas:

- Se analizan los OAs en las etapas de su ciclo de vida permitiendo tener un mayor control de su calidad.
- Se tienen en cuenta diferentes aspectos asociados a la calidad de los OAs.

Limitaciones:

- La revisión de los criterios propuestos debe hacerse de forma manual, aspecto que demanda una gran cantidad de tiempo por parte de expertos y hace poco escalable su aplicación.

- (Ochoa, 2008) propone un conjunto de siete métricas para determinar la calidad de los metadatos asociados a los recursos de un repositorio digital, basadas en parámetros de calidad usados por revisiones humanas, pero con la diferencia que ellas pueden ser calculadas automáticamente. Algunos de los aspectos evaluados son completitud, precisión, accesibilidad, consistencia lógica, cumplimiento de las expectativas, coherencia y oportunidad. Las métricas son independientes a una comunidad de práctica específica. Sin embargo, los parámetros necesarios para iniciar los cálculos en gran medida dependen de las particularidades de cada grupo de usuarios, debido a que la calidad depende del contexto. Los resultados preliminares sugieren que las métricas son sensibles a las características de calidad en los metadatos y recomiendan un trabajo más amplio para validar y calibrar los indicadores propuestos.

El autor también propone métricas automáticas para clasificación de los OA de acuerdo a su relevancia, estimando la calidad a través de datos de uso de los recursos y su contexto generados por las interacciones del usuario final con el sistema. Para cada dimensión de relevancia (Temática, Personal y Situacional) se plantean métricas inspiradas en métodos usados para clasificar otros tipos de objetos como libros, artículos científicos, programas de TV, etc. Para probar la validez de la propuesta se realizaron experimentos que comparan el ranking generado por evaluadores humanos y el generado por las métricas de forma individual y en diferentes combinaciones de éstas.

Fortalezas:

- Las métricas son calculadas automáticamente lo que garantiza su aplicación a grandes cantidades de OAs.
- Se evalúa el OA desde diferentes aspectos y se propone un mecanismo de clasificación para los resultados de búsquedas.

Limitaciones:

- La percepción de usuarios y expertos no es tomada en cuenta de forma directa, analizando solo los registros de utilización de los OAs.

▪ En el trabajo de (Kay et al., 2008) se propone un modelo de evaluación, denominado LOEM (Learning Object Evaluation Metric) en el que se evalúan como principales criterios los siguientes: interactividad, diseño, usabilidad, contenido y motivación. Los autores plantean que es posible a través de este modelo llegar a la identificación eficaz de los mejores OAs y con ello contribuir a su reutilización. El modelo se validó a través de una serie de encuestas dirigidas primordialmente a estudiantes de educación secundaria. Los resultados arrojaron que existe alta correlación entre las percepciones que tienen los alumnos y los profesores en cuanto a la calidad y la motivación. También se identificó correlación entre la valoración que hacen los estudiantes y el aprendizaje conseguido con los OAs. Como mejora, se propone complementar con evaluaciones externas realizadas por expertos, al igual que con los resultados obtenidos en términos de aprendizaje.

Fortalezas:

- Se tienen en cuenta elementos pedagógicos, técnicos y didácticos asociados a la calidad de los OAs.
- El cuestionario fue validado con una gran cantidad de estudiantes.

Limitaciones:

- Evaluar los OAs de acuerdo a los criterios contemplados en este modelo, requiere de un proceso manual y dispendioso.
- La medición es estática y no se plantea retroalimentación continua.

▪ En (López, Monesma, García, & Sánchez-Alonso, 2008) se propone un índice para medir la reusabilidad potencial de un OA basado en sus metadatos. Define dos métricas, por un lado la ComplecciónLOM que determina el porcentaje de elementos llenos en el estándar LOM y por otro lado PotencialDeReutilización que se mide utilizando los campos Lenguaje, Palabras Clave, Estructura, Nivel de Agregación, Estado, Formato, Requerimientos, Dificultad, Costo, Derechos de Autor y Relación. El índice fue probado con un conjunto de 50 OAs del repositorio Merlot, concluyendo que se puede utilizar como un mecanismo automático para el uso y reúso de los recursos almacenados en un repositorio.

Fortalezas:

- Es posible aplicar las métricas de forma automática, lo que posibilita la evaluación a una mayor cantidad de OAs.

Limitaciones:

- Sólo se realiza valoración de reusabilidad de los OAs descuidando otros aspectos de calidad asociados a estos recursos.
- Se enfoca sólo en un estándar de metadatos, impidiendo la evaluación de OAs que están descritos bajo otro estándar o tengan pocos metadatos.

▪ (Margaritopoulos, Mavridis, Margaritopoulos, & Manitsaris, 2008) define un método para evaluación de recursos mediante la exploración de las relaciones estructurales y semánticas entre los metadatos, definiendo reglas de inclusión, imposición o restricción para ciertos campos. Los autores plantean que el uso de esas reglas puede servir como herramienta para llevar a cabo control de calidad en los registros, con el fin de diagnosticar deficiencias y errores. Se propone la combinación de las métricas o reglas propuestas con otros métodos de evaluación de calidad donde debe tenerse en cuenta el número de reglas, el número de campos involucrados en una regla y el número de valores erróneos o faltantes.

Fortalezas:

- Al definir tres tipos de reglas (inclusión, imposición o restricción) se abarca una mayor cantidad de características asociadas a los metadatos de los recursos y su consistencia con estándares.

Limitaciones:

- El método propuesto está enfocado sólo a los metadatos y específicamente al estándar de metadatos IEEE-LOM.

▪ (Nichols, Chan, & Bainbridge, 2008) presentan una herramienta web para la evaluación de los metadatos, específicamente para repositorios de carácter general, no precisamente de OAs, que manejen el estándar OAI-PMH. La herramienta analiza principalmente la completitud de los metadatos, orientada al estándar Dublin Core. Los resultados se visualizan a través de una síntesis descriptiva de los metadatos, presentación ordenada de la lista de los metadatos y visualización de su completitud.

Fortalezas:

- La herramienta permite la evaluación automática de los metadatos, arrojando información de gran utilidad para los administradores de repositorios.

- Al ser una herramienta web y que no está sujeta a un repositorio específico permite su utilización en diferentes contextos y tipos de repositorios, para una gran cantidad de recursos.

Limitaciones:

- Solo es posible analizar los metadatos si el repositorio implementa el estándar OAI-PMH.
- No se analizan otros aspectos que son importantes en el proceso de aseguramiento de calidad de los metadatos.

▪ (Morales et al., 2007) sugieren una metodología para evaluar la calidad de los OAs teniendo en cuenta cuestiones pedagógicas y de usabilidad en cuanto al diseño de contenidos y de la navegación. Estos criterios son formalizados en una herramienta que guiará a expertos durante la revisión de los OAs y la asignación a cada elemento de un valor numérico dentro de un rango predefinido, el cual será promediado para obtener un valor único que reflejará la calidad del recurso y que será incluido en los metadatos. Debido a que ningún estándar de metadatos contempla un campo que incluya la calidad, es utilizada la categoría “clasificación” de LOM para registrar este valor, abriendo la posibilidad de que sea gestionada la búsqueda automática de los objetos que cumplan con un criterio de calidad. También se propone una arquitectura multi-agente para búsqueda y catalogación personalizada de OAs, donde se entregan al usuario los recursos de acuerdo a sus características específicas y las características de calidad de los objetos. También se pueden aprovechar los metadatos asociados con la calidad para definir gráficos comparativos y mejorar la gestión de los recursos.

Fortalezas:

- Se propone la inclusión de un campo en los metadatos del OA donde se indique su calidad.
- Se utilizan los resultados de la evaluación de los OAs, para mejorar los resultados de búsqueda entregados a los usuarios.
- Se plantea la utilización de sistemas multi-agente para la búsqueda, recuperación y gestión de la calidad de los OAs.

Limitaciones:

- La valoración inicial es realizada por expertos de forma manual, lo que limita su aplicación a una gran cantidad de recursos.

▪ Con el fin de evaluar aspectos técnicos, pedagógicos y estéticos de los OAs (Ruiz G et al., 2007) proponen un sistema de valoración de la calidad, basado en los criterios que se utilizan en los sitios Web, debido a que ambos recursos comparten tecnologías orientadas al diseño estético. En el modelo se define una escala cerrada que permite obtener estimaciones cotejables previas a la interacción de los estudiantes con los OAs, enfocando el sentido de la evaluación, en tres ejes principales: Pertinencia y veracidad de los contenidos, diseño estético y funcional, diseño instruccional y aseguramiento de competencias. Con esta propuesta se pretende evaluar el grado real de pertinencia que tienen los objetos respecto al desarrollo de competencias educativas, sirviendo de base para aseguramiento del aprendizaje y como criterio para eliminar de los repositorios OAs que no cumplen las condiciones.

Fortalezas:

- Se tienen en cuenta aspectos pedagógicos y técnicos asociados a los OAs.

Limitaciones:

- El instrumento para realizar las evaluaciones es muy largo, requiriendo una gran cantidad de tiempo para la revisión del OA y su diligenciamiento.

▪ (Collazos et al., 2007) exponen una experiencia de valoración de contenidos de aprendizaje, a partir de la cual proponen un método para establecer la calidad de los OAs desarrollados bajo una metodología de construcción colaborativa. La evaluación consiste en aplicar encuestas a los estudiantes después de utilizar los OAs, para indagar sobre el grado de satisfacción y recepción que presentan los estudiantes hacia el OA, además del nivel de asimilación de conocimientos.

Fortalezas:

- Se mide la percepción del usuario respecto a los OAs presentados, permitiendo definir en un contexto específico su calidad.

Limitaciones:

- La aplicación de este modelo como única forma de evaluación de los OA es poco escalable.
- No se contemplan aspectos como revisión de los metadatos y facilidad de recuperación de los OAs en repositorios.

▪ (Duval, 2006) propone un algoritmo de clasificación denominado "LearnRank" similar al algoritmo conocido como "Page Rank" que es utilizado para clasificar los resultados de búsqueda y definir la relevancia de páginas web. La propuesta está basada en un acercamiento con el repositorio Ariadne y muestra la importancia de analizar el contexto en el que se desea estimar la calidad de los OAs. En este trabajo la calidad está asociada con la utilidad en el proceso de aprendizaje que las personas han encontrado con determinado objeto. Este enfoque permite la clasificación de los recursos sin necesidad de preguntar al alumno, autor o repositorio, definiendo metadatos adicionales sobre el objeto en cuestión.

Fortalezas:

- Al hacerse de forma automática y sin necesidad de preguntarle a los usuarios, es posible clasificar una gran cantidad de recursos educativos.

Limitaciones:

- La valoración de calidad del objeto está estrechamente relacionada con los algoritmos de búsqueda utilizados, además podrían descartarse materiales educativos con contenidos adecuados pero que no son mostrados en las listas de resultados por problemas en sus metadatos.

▪ (Morales et al., 2005) proponen evaluar los OAs existentes en sistemas e-learning de forma manual utilizando sus metadatos. El primer paso que sugieren es normalizar los OAs, para facilitar la aplicación de los criterios y métricas de calidad, estableciendo que no se pueden medir de igual forma recursos con diversos niveles de granularidad. Los OAs son clasificados según su nivel cognitivo y el tipo de contenido, después la evaluación es realizada por diversos expertos como diseñadores instruccionales, diseñadores gráficos y profesores, bajo tres criterios (Didáctico-curricular, Técnica-estética y Funcional) que son observados con la información contenida en los metadatos de la categoría Educativa de la especificación IMS LOM que es una derivación del estándar IEEE LOM. La propuesta también considera evaluación continua y actualización de los metadatos.

Fortalezas:

- La evaluación de los expertos se hace de forma colaborativa, involucrando por lo menos a dos evaluadores expertos en la materia.

- Las calificaciones obtenidas son utilizadas para enriquecer los metadatos mejorando posibilidades de reutilización de los recursos.
- Se evalúan diferentes dimensiones asociadas a los OAs.
- Se contempla evaluación continua de los OAs teniendo en cuenta la opinión de los alumnos sobre los contenidos una vez terminado su uso.

Limitaciones:

- Debido a que es un proceso manual se puede tornar subjetivo, además se presenta la dificultad de evaluar una gran cantidad de OAs.
 - Para poder evaluar OAs con diferentes granularidades, se debe realizar un proceso de normalización manual, antes de que los expertos los revisen, lo que hace más dispendioso el proceso de evaluación en general.
- El trabajo de (Bruce & Hillmann, 2004) está enfocado en la evaluación de calidad de metadatos de recursos de propósito general y analiza las métricas Completitud, Exactitud, Procedencia, Conformidad con las expectativas, Consistencia Lógica, Coherencia, Oportunidad y Accesibilidad. Define que para determinar la calidad de los metadatos deben abordarse los atributos teniendo en cuenta tanto su estructura sintáctica como semántica, y que estos pueden ser evaluados en cierta medida de forma automática. Presenta una serie de preguntas prácticas que deberían hacerse los administradores de repositorios a la hora de asegurar la calidad de sus metadatos, las cuales acompañan con una serie de indicaciones y herramientas de utilidad en esta labor.

Fortalezas:

- Se analiza una gran cantidad de métricas asociadas a la calidad de los metadatos y se presentan indicaciones para su aplicación por parte de administradores de repositorios.

Limitaciones:

- No se tiene en cuenta la asociación existente entre los metadatos y el contenido que describen.

▪ (Hughes, 2004) presenta una infraestructura para apoyo a la evaluación de la calidad de los metadatos dentro de un sub-domino especializado Open Archives Initiative (OAI). La propuesta usa tecnologías de código abierto para su implementación y define un algoritmo en el que se da una puntuación entre 0 y 10 de acuerdo a la adhesión a las directrices y mejores prácticas para el uso del estándar de metadatos Dublin Core, del que se deriva una puntuación por existencia y una penalidad por ausencia, para después realizar un ponderado base, a partir del que se calculan otras métricas como Diversidad en el vocabulario controlado, Elementos básicos por registro, Porcentaje de registros que contienen cierta cantidad de elementos del núcleo del estándar por lo menos una vez, Número de veces que un elemento es usado y Número de veces que se utiliza un elemento.

Fortalezas:

- Se proponen varias métricas asociadas a la calidad de los metadatos, realizando tanto puntuación como penalización para su cálculo.

Limitaciones:

- La propuesta está orientada únicamente al uso del estándar de metadatos Dublin Core.

▪ En (Nesbit, Belfer, & Leacock, 2003) se presenta LORI (Learning Object Review Instrument), un instrumento para la valoración de OAs por parte de expertos, de forma individual o colaborativa, permitiendo evaluar las siguientes dimensiones: Calidad del contenido, alineamiento con los objetivos de aprendizaje, retroalimentación y adaptación, motivación, presentación, usabilidad de la interacción, accesibilidad, reusabilidad, cumplimiento de estándares. Cada criterio es evaluado en una escala de cinco niveles. Este instrumento es ampliamente conocido y aplicado en repositorios como MERLOT y CLOE (Vargo, Nesbit, Belfer, & Archambault, 2003).

Fortalezas:

- Abarca un gran número de dimensiones asociadas al OA, permitiendo evaluar varios aspectos asociados a su calidad.
- Es ampliamente conocido y ha sido validado en diferentes contextos.
- Se propone la evaluación colaborativa de los expertos.

Limitaciones:

- Requiere de un proceso manual que puede resultar dispendioso cuando se tienen grandes cantidades de OAs.

Los trabajos revisados fueron agrupados de acuerdo a la forma como se realiza la evaluación o al tipo de elementos que se evalúa. En la Tabla 3-1 se muestra la lista de todos los trabajos explorados y a cuales tipos de evaluaciones pertenecen.

Tabla 3-1: Trabajos revisados y tipo de evaluación de OAs que realizan

Trabajos Revisados	Evaluación por parte de Expertos	Evaluación por parte de Usuarios	Evaluación Metadatos	Ranking según el Uso	Aplicación Métricas Ing. de Software
Massa (2012)	X	X			
Cechinel, Sánchez-Alonso, & Sicilia (2012)			X		
Menéndez, Castellanos, Vidal, & Segura (2012)			X		
Sanz (2010)					X
Yen, Shih, Member, Chao, & Jin (2010)				X	
Park & Tosaka (2010)			X		
Vidal, Segura, Campos, & Sánchez-Alonso (2010)	X		X		
Noor, Yusof, & Hashim (2009)					X
Kurilovas & Dagiene (2009)	X				
Ochoa (2008)			X	X	
Kay et al. (2008)		X			
M. López, Monesma, García, & Sánchez-Alonso (2008)					X
Margaritopoulos et al. (2008)			X		
Nichols et al. (2008)			X		
Morales et al. (2007)	X				
Ruiz G et al. (2007)	X				
Collazos et al. (2007)		X			
Duval (2006)				X	
Morales et al. (2005)	X	X			
Bruce & Hillmann (2004)			X		
Hughes (2004)			X		
Nesbit, Belfer, & Leacock (2003)	X				

El primer enfoque está orientado a la evaluación por parte de expertos, donde generalmente se definen algunos instrumentos y se les pide a profesores o personas con conocimientos en áreas específicas que analicen los OAs bajo algunos criterios, y el segundo enfoque está orientado a la evaluación por parte de usuarios donde se les pide que definan si esos recursos cumplieron con sus expectativas. Estos dos grupos presentan como principal ventaja que se pueden evaluar aspectos asociados al contenido del OA, sin embargo tienen una dificultad y es la posibilidad de evaluar una gran cantidad de recursos y su nivel de subjetividad.

El tercer enfoque se centra en los metadatos, encontrándose propuestas donde se hace revisión manual y algunas donde se automatiza la revisión de los criterios. La ventaja es que permite analizar una gran cantidad de OAs, pero no se tienen en cuenta aspectos relacionados con el contenido del OA.

El enfoque de ranking según el uso, se inspira en modelos como el definido para clasificar los resultados de búsqueda y definir la relevancia de páginas web. Este enfoque permite evaluar algunos aspectos relacionados al contexto donde se tienen los OAs, pero no permite analizar si los metadatos y los contenidos cumplen con las condiciones requeridas.

Finalmente el enfoque de aplicación de métricas de Ingeniería de Software establece que un OA tiene similitud con piezas de software, haciendo analogías con elementos como la cantidad de líneas de código y la cantidad de clases. Sin embargo se olvida que un OA no es solo un producto informático, sino que éste también cuenta con aspectos educativos. Además, la revisión de los OAs debe hacerse de forma manual, para identificar cada uno de los elementos que intervienen en el cálculo de las métricas, lo que dificultaría la aplicación a un gran número de recursos.

Dentro de los enfoques que más se ha trabajado son los de Evaluación por Expertos, Evaluación por Usuarios y Evaluación de Metadatos, ya que estos son más aplicables al contexto de los OAs. Sin embargo no se identificó la integración de estos tres enfoques en un solo trabajo, permitiendo evaluar los OAs desde diferentes visiones.

3.2 Otras Iniciativas para Evaluación de OAs

Las siguientes son dos iniciativas prácticas y relevantes para la evaluación de OAs:

Evaluación de recursos en MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching): Este repositorio realiza evaluación de sus objetos por pares, para que éstos sean publicados, evaluándolos de acuerdo a tres criterios que son: Efectividad Potencial, Calidad del Contenido y Facilidad de Uso. Para esta evaluación se emplea un conjunto de 30 preguntas, donde cada revisor califica en una escala de 1 a 5 cada criterio, con estas calificaciones parciales se determina el promedio general y el OA debe obtener una calificación igual o superior a 3 para que sea publicado y accesible a los usuarios. Se realiza un ranking con todos los objetos evaluados (Vidal et al., 2008) (Nesbit, Belfer, & Vargo, 2002).

Propuesta para Arbitraje de los recursos en el marco de la Estrategia de Recursos Educativos Digitales Abiertos del Ministerio de Educación Nacional (Colombia): Esta estrategia pretende involucrar instituciones de Educación Superior del país con el fin de que aporten recursos educativos de alta calidad, por lo que además de las diferentes directrices pedagógicas y técnicas definidas, establece un proceso de arbitraje y certificación de cada recurso (Ministerio de Educación Nacional, 2012a). Esquemáticamente esta directriz de arbitraje se puede ver en la Figura 3-1.

Como se aprecia el arbitraje se puede hacer tanto en forma manual como automática y se realiza por pares (expertos) y por usuarios. Se evalúa tanto la calidad de los metadatos como aspectos específicos del dominio temático, aspectos educativos, técnicos y estéticos. Los usuarios pueden contribuir con la valoración de forma directa, que se relaciona con los comentarios, recomendaciones y calificaciones que realizan sobre el recurso, y la valoración indirecta se refiere a los indicadores que representan información principalmente sobre consultas, visualizaciones y descargas.

Figura 3-1: Esquema Evaluación (Ministerio de Educación Nacional, 2012b)



3.3 Conclusiones del Capítulo

De acuerdo a la revisión de literatura, se puede concluir que hay interés de la comunidad en cuanto al aseguramiento de la calidad de los OAs, y se han propuesto enfoques que permiten evaluarlos teniendo en cuenta diferentes criterios y técnicas. Sin embargo, no se cuenta con modelos de evaluación generalizados que permitan identificar el nivel de calidad de estos recursos integrando diferentes dimensiones.

La mayoría de las estrategias de evaluación propuestas se enfocan en pocos criterios y están orientadas a un conjunto específico de OAs, haciendo difícil su implementación en otros repositorios. Se proponen algunas métricas pero no es clara la forma cómo podrían calcularse en ambientes reales, además no se menciona la forma como podrían usarse estos resultados para la administración de los ROAs. Se realizan procesos de evaluación estáticos que pierden validez con el paso del tiempo.

No se identificaron modelos de evaluación que integren evaluaciones automáticas con respuestas de usuarios y expertos, aprovechando de un lado la posibilidad de evaluar una gran cantidad de recursos y del otro la posibilidad de evaluar aspectos visuales, de contenido y pedagógicos, entre otros.

4. MODELO POR CAPAS PARA EVALUACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE

En este capítulo se presenta el modelo propuesto para evaluación de objetos de aprendizaje, el cuál presenta un enfoque por capas y permite analizar los recursos desde diferentes dimensiones. El capítulo está dividido en cuatro secciones, la primera realiza una presentación y conceptualización del modelo, la segunda sección presenta cada una de las capas que conforma el modelo, seguido de la integración del modelo, y finalmente las conclusiones del capítulo.

4.1 Conceptualización del Modelo

La calidad es definida como un conjunto de criterios, condiciones y características que permiten estimar el valor de algo dentro de un contexto específico, por lo tanto, en el dominio de los OAs la calidad es entendida como el grado de utilidad y nivel de pertinencia que tiene cada recurso para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje (Morales et al., 2007)(Ruiz G et al., 2007).

Con el fin de gestionar la calidad, se deben definir procesos y procedimientos, que permitan hacer seguimiento a los recursos y estimar el nivel de cumplimiento de las directrices de calidad establecidas. Este seguimiento puede hacerse con un enfoque hacia el proceso donde se analizan las diferentes etapas alrededor del ciclo de vida del OA. El otro enfoque es orientado al producto analizándose el recurso y sus metadatos directamente (Ministerio de Educación Nacional, 2012b)(Vidal et al., 2008).

Retomando los conceptos recogidos en el marco teórico y estado del arte, la evaluación de la calidad para esta tesis se centra en el producto más que en el proceso, analizando específicamente los OAs almacenados en los repositorios. Se propone un modelo de

evaluación que es entendido como un conjunto de características que se evalúan del objeto y pueden estar asociadas a diferentes visiones y desde diferentes actores o usuarios. A través de este modelo se establece cómo realizar el proceso de evaluación de los OAs, qué tipo de información se requiere de acuerdo a cada criterio a evaluar y la forma como se realizarán los cálculos.

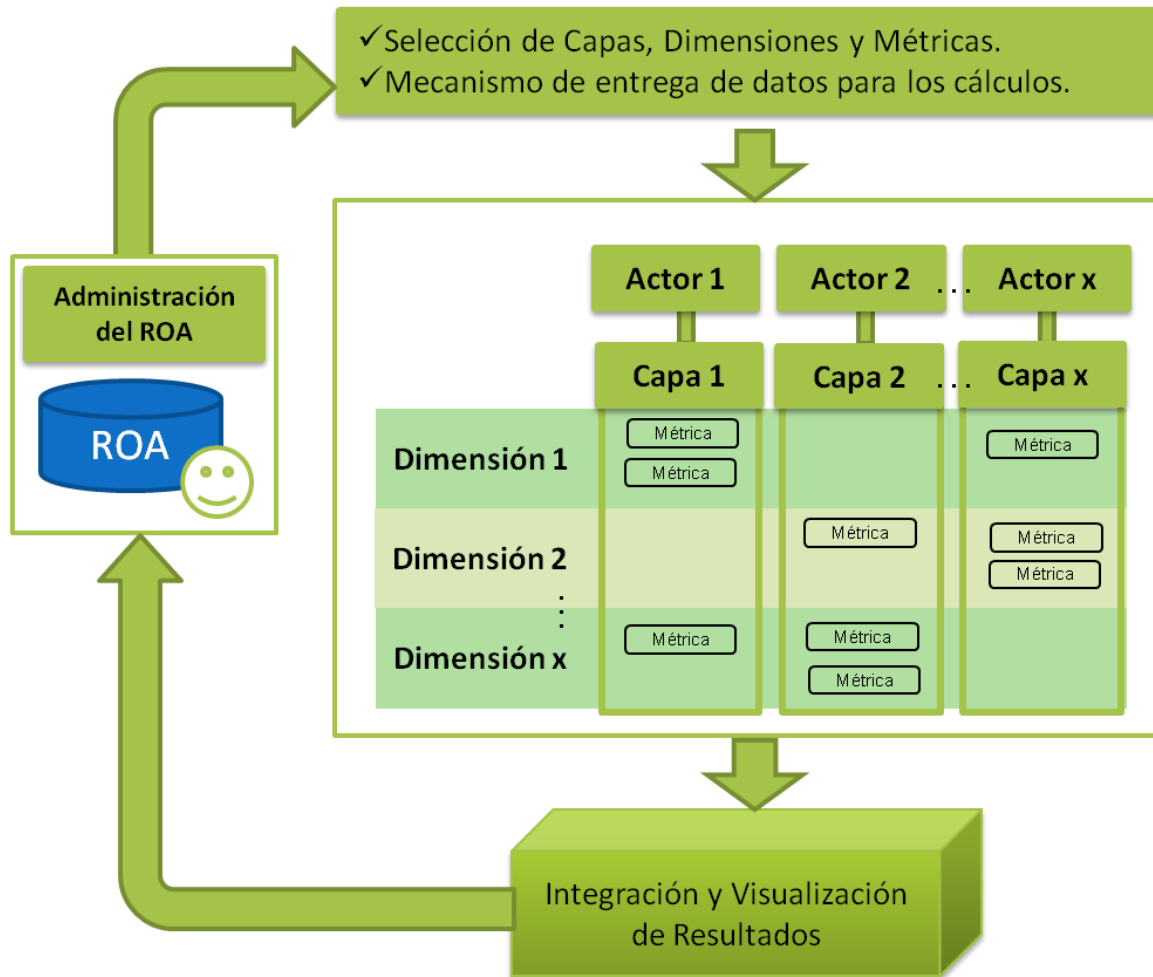
El modelo propuesto tiene un enfoque de **capas**, las cuales son definidas de acuerdo a los actores o fuentes de información que intervienen. Este enfoque permite evaluar los OAs bajo diferentes visiones, pero debido a que no siempre es posible tener acceso a toda la información o no es posible que todos los actores interactúen, podrían analizarse los recursos desde sólo algunas de las capas. Para el modelo concreto, las capas están asociadas con la gestión general de los recursos, la valoración de expertos y la percepción de los usuarios.

El modelo está compuesto por **dimensiones** que son las características generales que pueden ser evaluadas para cada OA, éstas son transversales a las capas y están compuestas por una serie de **métricas** que permiten establecer un valor cuantitativo para cada variable en observación.

El modelo no está sujeto a un estándar de metadatos, un tipo de repositorio específico, ni predefine porcentajes de ponderación. Su enfoque por capas puede seguir creciendo o modificar algunos de los cálculos sin afectar las demás e incluso no tenerlas en cuenta en algún proceso específico de evaluación.

En la Figura 4-1 se muestra el Modelo Genérico. Desde la Administración del Repositorio que esté interesado en realizar la evaluación de sus objetos, se deben establecer las capas que se evaluarán, las dimensiones y las métricas o variables correspondientes. Dependiendo de la selección que se realice, se deben indicar las ponderaciones y pesos correspondientes, además el mecanismo como se suministrará la información necesaria para realizar los cálculos y su estructura. Esto se hace con el fin de que los resultados de la evaluación estén acordes a los intereses del repositorio, ya que se espera que con estos resultados se tomen medidas que permitan realizar una mejor gestión de estos recursos.

Figura 4-1: Modelo Genérico propuesto

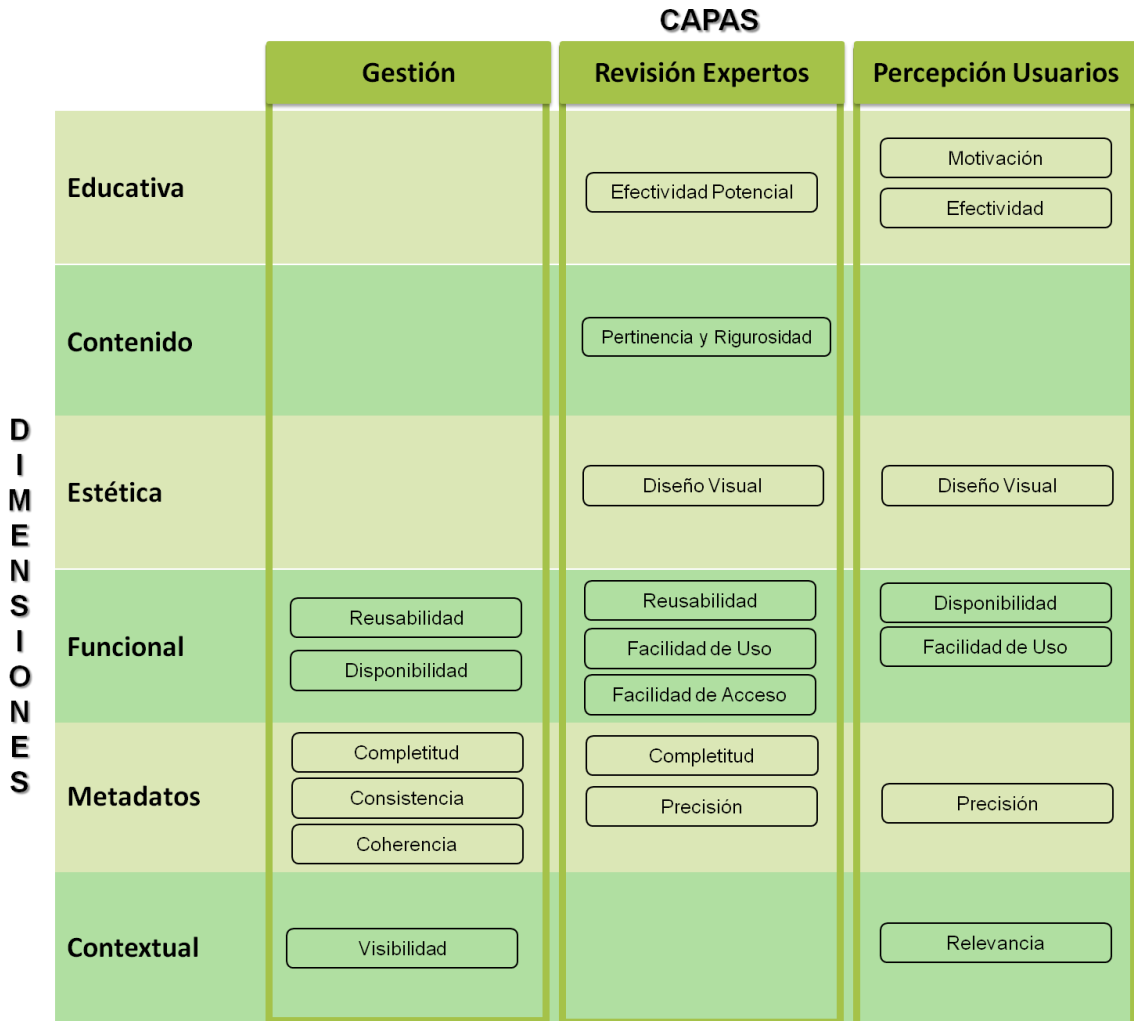


Finalmente otro elemento de gran importancia dentro del modelo de evaluación propuesto es la integración y visualización de los resultados. Estos deben estar organizados para que sean un insumo fundamental para la toma de decisiones administrativas en el marco de los repositorios y federaciones de OAs. A partir de esta información se espera que se tomen medidas que permitan entregar a los usuarios cada vez mejores recursos.

Como se pudo observar, el modelo puede crecer y ser estructurado de acuerdo a los intereses de cada repositorio, ya a las posibilidades de adquisición de datos que estos tengan. Concretamente para esta tesis se proponen tres **capas** en las que se evalúan diferentes variables asociadas a una de seis **dimensiones**, con el fin de evaluar los OAs

bajo diferentes criterios. En la Figura 4-2 se muestra el modelo concreto propuesto y a continuación se describen cada uno de sus elementos.

Figura 4-2: Modelo de Concreto propuesto



Las dimensiones propuestas para este modelo concreto son:

- La dimensión **Educativa** está enfocada a evaluar aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje en sí, analizando si el material realmente tiene una orientación educativa, si pedagógicamente está bien construido y si resulta de interés para los posibles estudiantes.

- Se propone también una dimensión de **Contenido**, en la que se analizan aspectos temáticos y disciplinares con el fin de identificar la claridad y rigurosidad de los contenidos.
- Con la dimensión **Estética** se evalúan aspectos relacionados con la parte visual del contenido de los OAs, con el fin de establecer si la forma como son mostrados los diferentes elementos es adecuada y no interfiere en el proceso de aprendizaje.
- Aspectos como la disponibilidad y acceso a los contenidos, la forma como los usuarios pueden interactuar con los recursos, y la posibilidad de que los OAs puedan ser utilizados en diferentes contextos son evaluados a través de la dimensión **Funcional**.
- Por otro lado, estos recursos educativos requieren de datos que los describan correctamente, lo cual es evaluado en la dimensión de **Metadatos**. Se analiza que tan completos y bien estructurados se encuentran los metadatos de cada OA, ya que de estos depende en gran medida la calidad y posibilidad de que los OAs puedan ser recuperados en repositorios.
- En la dimensión **Contextual** se analizan los OAs respecto a los demás objetos en el repositorio de acuerdo a diferentes métricas, identificando cuales son los que tienen mejores características frente a este contexto.

Según la interacción con los OAs y la forma como suministran información para su evaluación se definieron tres tipos de usuarios o actores que son:

- **Administradores del Repositorio:** Son los encargados de toda la gestión asociada a los objetos dentro del repositorio, definen políticas y estándares asociados al contenido y metadatos de los OAs, establecen la forma como se realizan los procesos de búsqueda y recuperación de los recursos, y pueden hacer seguimiento al uso que se le dan. También son los responsables de asegurar que los OAs se ajusten a los requerimientos definidos, a estándares y a políticas.
- **Usuarios:** Son quienes acceden directamente a los OAs, realizan búsquedas en los repositorios de acuerdo a sus intereses y necesidades. Perciben la calidad por la utilidad y pertinencia del OA específicamente en su proceso de

enseñanza/aprendizaje. Principalmente los estudiantes son quienes pertenecen a este grupo.

- **Expertos:** Son personas que tienen conocimientos que son considerados confiables frente a campos e intereses específicos, y que pueden realizar análisis sobre ciertas características de los recursos. Se puede contar con expertos que puedan analizar la estructura tecnológica y de diseño de los OAs, otros que manejan la parte pedagógica y de diseño instruccional, y otros que conocen sobre determinadas temáticas.

En la siguiente sección se presenta cada una de las capas propuestas con sus respectivas métricas y la dimensión a la que pertenece cada una.

4.2 Capas del Modelo de Evaluación

Como ya se ha mencionado, en la presente propuesta se presentan tres capas, sin embargo, el modelo está estructurado para que puedan ser agregadas nuevas capas, según los enfoques específicos. Las capas se proponen de acuerdo a los tipos de usuario y la forma como pueden suministrar la información para realizar las evaluaciones.

Se propone una capa de **Gestión** la cual trabaja con la información suministrada por el Administrador del Repositorio que desee realizar la evaluación, específicamente se utilizan los metadatos de cada OA y las estadísticas de su uso. En la capa de **Revisión de Expertos** se tienen en cuenta los resultados de encuesta aplicada a expertos con diferentes perfiles y en la capa de **Percepción de Usuarios** se analizan las respuestas dadas por usuarios después de utilizar cada OA.

Dentro de cada capa se presentan las variables tenidas en cuenta y su respectiva métrica definiendo el tipo de información requerida para su cálculo. Al final cada métrica arrojará un valor entre 0 y 1 para cada OA evaluado que corresponderá al porcentaje de cumplimiento de este criterio. En general para todas las métricas debe hacerse un proceso de parametrización inicial, y deberían calcularse con cierta periodicidad, ya que los repositorios son dinámicos y se espera tener siempre resultados actualizados. Dado

que las dimensiones son transversales a las capas, se presentan las métricas dentro de cada capa ordenadas de acuerdo a la dimensión a la que pertenecen.

4.2.1 Capa de Gestión

En esta capa se agrupan los aspectos relacionados con la labor del Administrador del Repositorio, se analizan los metadatos entendidos como elemento fundamental de los OAs, ya que de estos dependen en gran medida que puedan ser encontrados a través de los procesos de búsqueda y recuperación que se llevan a cabo en los repositorios. También se analiza automáticamente si los contenidos están disponibles y el nivel de reutilización que podrían llegar a tener.

Otro tipo de información que se puede suministrar desde la administración de repositorio, son los datos que se recogen producto de la interacción de los usuarios con los OAs. Si se tiene este tipo de información disponible se pueden calcular métricas que permitan definir la calidad de los OAs de acuerdo al contexto, es decir, de acuerdo al repositorio donde son almacenados y a los procesos que siguen para que sean consultados por los usuarios.

Con el fin de determinar el nivel de calidad de los OAs que se puede deducir a partir de la información entregada por el administrador del repositorio, a continuación se describen las métricas asociadas a la capa de Gestión:

DIMENSIÓN FUNCIONAL

4.2.1.1 Métrica Reusabilidad

La reusabilidad es una de las principales características de los OAs, entendida como la posibilidad de que éste pueda ser utilizado de forma efectiva en diferentes entornos tecnológicos y educativos. Para que un OA sea reutilizable debe cumplir con características como que sea autocontenido, es decir que tenga sentido por sí mismo, que sea modular con el fin de que pueda combinarse con otros OAs, y que tenga un nivel

de granularidad adecuado en el que su tamaño sea aceptable y esté enfocado a un único objetivo educativo (Sanz, 2010).

La evaluación de esta métrica se hace a partir de la definición de reglas que permiten evaluar los valores que tienen algunos metadatos y su nivel de influencia en la reusabilidad del OA. A continuación se presenta una corta descripción de cada uno de los metadatos a partir de los que podrían definirse las reglas:

- **Densidad Semántica:** Este metadato está enfocado a representar que tan conciso en un OA. Puede ser estimada de acuerdo al tamaño, ámbito y duración. Este elemento es independiente de la dificultad del recurso.
- **Nivel de Agregación o Granularidad:** Indica el tamaño del OA y la forma como los elementos se unen entre sí. De este modo, los OAs con menor granularidad son los que tienen mayor posibilidad de reutilización.
- **Estructura:** Permite establecer cómo se organizan los elementos que contiene el OA, se indica si es claro o no el tipo de relación que existe entre ellos, si tienen alguna jerarquía o todos guardan la misma importancia.
- **Contexto:** A través de esta metadato se indica los posibles contextos educativos en los que puede ser utilizado. Se considera que entre más contextos sean indicados mayor es la posibilidad de su reutilización.

Es el administrador del repositorio quien debe definir si la estructura de metadatos que tienen los recursos a evaluar contiene algunos de los metadatos mencionados, los posibles valores que éstos presentan y un peso para cada valor indicando su importancia en la reutilización del OA. A partir de esta información se definen reglas que son con las que se evaluará cada objeto. Esto se ejemplifica en la Tabla 4-1, la cual está basada en los valores posibles para estos metadatos que define el estándar LOM.

El cálculo de esta métrica se realiza evaluando cada una de las reglas. Se determina si tiene alguno de los valores permitidos y se asigna el peso correspondiente, que es un valor entre 0 y 1. En caso de que el metadato evaluado con la regla no presente valores válidos, se establece que la regla no aplica y no se tiene en cuenta para el cálculo final. La suma de estos valores se divide por la cantidad de reglas evaluadas, arrojando como resultado un valor entre 0 y 1, que indicará el nivel de reusabilidad que tiene el OA. Si

ninguna regla se pudo evaluar ($R=0$), entonces se define que no es posible calcular esta métrica para el OA en análisis. La fórmula respectiva se presenta en la ecuación (1).

$$M_{Reusabilidad} = \sum_{i=1}^n (Mi) / R \quad (1)$$

Donde:

Mi es el peso correspondiente dentro de la regla evaluada.

R es el número de reglas analizadas.

Tabla 4-1: Ejemplo de valores y pesos para metadatos del estándar LOM

Metadato	Posibles Valores/ Cantidad de Instancias	Peso
Densidad Semántica (Educational. SemanticDensity)	very low	1
	low	0,8
	medium	0,6
	high	0,4
	very high	0,2
Nivel de Agregación (General. AggregationLevel)	1	1
	2	0,75
	3	0,5
	4	0,25
Estructura (General. Structure)	atomic	1
	collection	0,25
	networked	0,25
	hierarchical	0,25
	linear	0,25
Contexto (Educational. Contexto)	3 o más instancias	1
	2 instancias	0,6
	1 instancia	0,2

4.2.1.2 Métrica Disponibilidad del OA

La característica de disponibilidad es definida como la posibilidad que tiene un OA de ser usado en cualquier momento. Esta métrica se centra en el metadato donde se indica la ubicación del objeto. Por ejemplo para el estándar IEEE LOM es el metadato “Localización” que hace parte de la categoría “Técnica”.

Para calcular la métrica de disponibilidad, se analiza si los enlaces asociados a la localización del OA están activos o no, se asigna un valor de 1 si es posible acceder al contenido o un valor de 0 si no es posible. Debido a que en algunos estándares se pueden tener varias instancias de este metadato, el valor es dividido por la cantidad de instancias encontradas. La fórmula (2) presenta el cálculo de la métrica, la cual puede tener un valor final entre 0 y 1. En caso de que el OA no tenga un metadato de localización ($L = 0$), la métrica toma un valor de 0.

$$M_{Disponibilidad} = \sum_{i=1}^n (Mi) / L \quad (2)$$

Donde:

Mi es el valor binario que indica si el metadato i está disponible.
 L es el número de campos de localización que presenta el OA.

DIMENSIÓN METADATOS

4.2.1.3 Métrica Completitud de los Metadatos

Cuando se habla de completitud se hace referencia a la característica de los OAs que permite determinar qué tan bien está siendo descrito por sus metadatos, es decir, se analiza si cada OA presenta todos los metadatos que son relevantes en determinado contexto (Park & Tosaka, 2010). Los metadatos asociados a un OA lo deben describir tanto como sea posible (Ochoa, 2008), lo cual es directamente proporcional a la posibilidad de que sea encontrado y utilizado en el marco de un repositorio.

Los metadatos generalmente están definidos de acuerdo a un estándar, o un perfil de aplicación, donde se define cuáles son los campos a ser llenados y de estos los que son de carácter obligatorio (Vidal et al., 2010) (Bruce & Hillmann, 2004). Sin embargo, debido a que el proceso de llenado de los metadatos se puede hacer por diferentes personas y bajo variados mecanismos, es necesario verificar si el OA efectivamente presenta contenido en esos campos.

Para calcular la métrica de completitud se debe revisar los metadatos que presenta el objeto para determinar si contienen algún valor o en el caso de los campos con múltiples valores si contienen por lo menos una instancia (Ochoa, 2008), determinando cuantitativamente la existencia de los metadatos (Menéndez et al., 2012). Dado que no todos los metadatos tienen la misma importancia, para el cálculo de la métrica se contempla un peso para cada uno de los campos que son analizados.

Con el fin de que esta métrica pueda ser aplicada a cualquier OA y los resultados estén estrechamente relacionados con los intereses y necesidades de quienes realizan la evaluación, como por ejemplo un administrador de un ROA, se requiere de un proceso de parametrización inicial, donde se indique el estándar de metadatos asociado, el cual se evaluaría estrictamente, o cada uno de los metadatos que serán analizados y su respectivo peso. Estos pesos deben ser definidos de acuerdo a la importancia que tiene cada campo y en un rango entre 0 y 1, y la suma final de estos pesos debe ser igual a 1. Esta ponderación es particular y sujeta a los intereses de la institución propietaria el repositorio.

Una vez definidos los metadatos a evaluar y sus respectivos pesos, el cálculo de la métrica completitud para un OA específico consiste en revisar metadato por metadato dando un valor de 1 si tiene algún valor o instancia ó 0 en caso contrario. Estos valores se multiplican luego por el peso correspondiente y el resultado final de la métrica corresponde a la sumatoria de estos resultados. Los valores permitidos para esta métrica están entre 0 y 1, donde un valor de 0 significa que el OA no tiene ningún metadato diligenciado, mientras que un valor de 1 indica que todos los metadatos están presentes. Este cálculo es presentado en la fórmula (3).

$$M_Completitud = \sum_{i=1}^n (k_i * M_i) \quad (3)$$

Donde:

k_i es el peso del metadato i .

M_i es el valor binario que indica si el metadato i tiene algún valor o instancia.

Como se mencionó, los metadatos incluidos para el cálculo de la métrica de completitud deben ser definidos de acuerdo a los intereses de quien desea evaluar los OAs. Diversos trabajos determinan un subconjunto de metadatos según la importancia relativa que consideren tienen ciertos campos. (Hughes, 2004), (Bui & Park, 2006) y (Ochoa, 2008) por ejemplo, evalúan sólo algunos campos, los cuales son considerados “los más frecuentemente utilizados”. Por su parte en (Rodríguez, Isaza, & Duque, 2011) se concluyó que los metadatos usados principalmente con fines de búsqueda y que por tanto serían de interés para la completitud son aquellos asociados con la información general, el ciclo de vida y las características educacionales.

Como un aporte adicional de esta tesis y con el fin de que se tenga una guía para establecer los metadatos y pesos a ser utilizados para el cálculo de la completitud de los OAs, se analizaron 12 repositorios o federaciones, los cuales se presentan en la Tabla 4-2. En cada uno se determinó cuáles metadatos eran usados en las búsquedas avanzadas y cuáles eran exhibidos a los usuarios en los resultados de las búsquedas. De esta forma se definieron los metadatos más importantes y sus respectivos pesos. Estos resultados se muestran en la Tabla 4-3.

Tabla 4-2: ROAs revisados para el cálculo de pesos de metadatos

Nombre	URL
MERLOT	http://www.merlot.org/
GATEWAY	http://www.thegateway.org/
MARICOPA	http://www.mcli.dist.maricopa.edu/mlx/
GLOBE	http://www.globe-info.org/
ARIADNE	http://ariadne.cs.kuleuven.be/AriadneFinder/
FEB	http://feb.ufrgs.br
SMETE	http://www.smete.org/smete/
AGREGA	http://www.proyectoagrega.es
FUNES	http://funes.uniandes.edu.co/cgi/search/simple
LA FLOR	http://laflor.laflor.org/
Colombia Aprende	http://64.76.190.172/drupalM/
FROAC	http://froac.manizales.unal.edu.co

Tabla 4-3: Metadatos más usados y sus respectivos pesos

Metadato <i>i</i>	Pesos <i>ki</i>
Título (General.Title)	0,15
Palabras Clave (General.Keyword)	0,14
Descripción (General.Description)	0,12
Autor (LifeCycle.Contribute.Entity)	0,11
Tipo de Recurso Educativo (Educational.LearningResourceType)	0,09
Formato (Technical.Format)	0,08
Contexto (Educational.Context)	0,06
Idioma (General.Language)	0,05
Tipo de Interactividad (Educational.InteractivityType)	0,04
Rango de Edad Típico (Educational.TypicalAgeRange)	0,03
Nivel de Agregación (General.AgregationLevel)	0,03
Localización (Technical.Location)	0,03
Costo (Rights.Cost)	0,03
Estado (LifeCycle.Status)	0,02
Copyright y Otras Restricciones (Rights.CopyrightandOtherRestrictions)	0,02
	1

4.2.1.4 Métrica Consistencia de los Metadatos

La consistencia es entendida como el nivel de cumplimiento que tienen los metadatos de un OA respecto al estándar definido, asegurando que todos los recursos en un contexto específico estén descritos por metadatos en una misma estructura, permitiendo mejorar procesos de búsqueda y recuperación en los repositorios. (Park & Tosaka, 2010) (Ochoa, 2008).

Esta métrica se evalúa a partir de la especificación del estándar de metadatos o la estructura de metadatos definida por el repositorio, donde se establece si un determinado metadato puede tomar valores libres, o si por el contrario existe una lista de valores posibles. Al igual que para la métrica de coherencia es el administrador del ROA o quien esté interesado en el cálculo de la métrica quien debe indicar cuáles son los posibles valores de cada campo o simplemente la sujeción al estándar adoptado con las restricciones definidas por este.

Un aspecto que tiene gran importancia y que afecta directamente los resultados, es el idioma o idiomas en los que se encuentran definidos tanto la estructura como los valores de los metadatos, ya que de esto depende las comparaciones que se hagan, por lo tanto quien esté interesado en el cálculo de la métrica deberá indicar también esta información.

Para calcular esta métrica se identifican los campos que tienen listas de valores posibles de cada objeto, se establecen reglas acordes a estas recomendaciones de valores, y se revisa para cada metadato si cumple con la respectiva regla o no. Se asigna un 1 si cumple o un 0 en caso contrario, y posteriormente la sumatoria de estos valores es dividida por la cantidad de comparaciones o reglas posibles, obteniendo así el valor final de la métrica. Al igual que en el caso de la métrica de completitud, el resultado de la métrica será un valor entre 0 y 1, donde un valor de 0 significa que el OA tiene algún valor en cada metadato analizado y que los mismos son inconsistentes. Entre tanto un valor de 1 significa que presenta todos los campos y que los valores de éstos son consistentes. En caso de que no se pueda evaluar ninguna comparación ($R=0$) la consistencia toma un valor de “No Aplica” y no es involucrada en el cálculo. El cálculo de la métrica es presentado en la fórmula (4).

$$M_{Consistencia} = \sum_{i=1}^n (Mi) / R \quad (4)$$

Donde:

Mi es el valor binario que indica si el metadato i cumple con la regla.

R es el número de reglas analizadas.

En la Tabla 4-4 se presenta un conjunto de metadatos y las respectivas sugerencias de valores que realiza el estándar IEEE LOM, con esta información se definen las reglas que podrían servir para aplicar la métrica de consistencia a un conjunto de OAs que cumplan con este estándar. Es de aclarar que dichas reglas no son estrictas, ya que como se ha mencionado, para obtener resultados acordes con los intereses de cada repositorio es necesario que se especifiquen los parámetros para calcular esta métrica. Esto tiene especial aplicación cuando por limitaciones del estándar la institución amplía los valores posibles.

Tabla 4-4: Comparaciones para evaluar la consistencia según estándar LOM

Metadatos LOM	Valores Posibles
General.Agregation Level	1, 2, 3, 4
General.Structure	atomic, collection, networked, hierarchical, linear
LifeCycle.Contribute.Role	author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer, subject matter expert
LifeCycle.Status	draft, final, revised, unavailable
Meta-Metadata.Contribute.Role	creator, validator
Educational.Interactivity Type	active, expositive, mixed
Educational.Learning Resource Type	exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem, statement, self assessment, lecture
Educational.Interactivity Level	very low, low, medium, high, very high
Educational.Semantic Density	very low, low, medium, high, very high
Educational.Intended End User Role	teacher, author, learner, manager
Educational.Context	school, higher education, training, other
Educational.Difficulty	very easy, easy, medium, difficult, very difficult
Rights.Copyright and Other Restrictions	yes, no
Rights.Cost	yes, no
Classification.Purpose	discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility, restrictions, educational level, skill level, security level, competency

4.2.1.5 Métrica Coherencia de los Metadatos

Un OA es coherente si toda la información contenida en sus metadatos describe el mismo recurso (Ochoa, 2008). Diferente a la métrica de consistencia, cuyo objetivo es revisar un metadato versus sus valores posibles, la métrica de coherencia compara y revisa el valor de un metadato en relación con el valor de otro. Tanto desde el punto de vista conceptual como de la especificación de los estándares, existen metadatos que tienen una alta correlación y este hecho determina su coherencia.

Debido a que se presentan campos con valores definidos y otros de texto libre, se han definido dos formas de evaluar la coherencia, con el fin de analizar el mayor número de metadatos posible y llegar a un valor final de la métrica más completo. En primer lugar se contemplan los metadatos que tienen valores posibles y su relación entre ellos. Para este fin, se deben definir reglas del tipo “Sí... Entonces”, donde se indique si un campo tiene determinado valor, cuales valores debería tener otro campo relacionado. Debido a que no todas las combinaciones tienen la misma pertinencia, quien defina las reglas podría asignarle una ponderación a cada combinación. Por ejemplo, si se estuviera trabajando con el estándar IEEE LOM y se analizara para un OA el metadato “General/ Estructura” que tiene un valor de “Atómico”, el metadato “General/Nivel de Agregación” podría presentar un valor entre 1 y 4, sin embargo, es más pertinente que en este caso tomara un valor de 1.

Para calcular la primera parte de la métrica, se revisa para un OA si cumple con las reglas de coherencia establecidas y se asigna el valor de la combinación correspondiente. Posteriormente, la sumatoria de estos valores es dividida por la cantidad de reglas aplicadas, obteniendo así el valor final de esta parte de la métrica. Si no es posible evaluar ninguna comparación, la coherencia toma un valor de “No Aplica”. La fórmula (5) muestra el respectivo cálculo.

$$Coherencia(1) = \sum_{i=1}^n (Mi) / R \quad (5)$$

Donde:

Mi es el valor asignado a la combinación según la regla aplicada.

R es el número de reglas analizadas.

La segunda parte del cálculo de la métrica de coherencia se realiza sobre los valores de los metadatos de texto libre, determinando si existe correlación entre estos. Se calcula la distancia semántica entre ellos, utilizando la Medida del Coseno, que permite calcular la similitud entre dos vectores. En este caso se genera un vector para cada metadato a analizar (Se recomienda utilizar principalmente el Título, la Descripción y las Palabras Clave) y se realizan todas las comparaciones posibles y su respectivo promedio,

obteniendo un valor entre 0 y 1 que indica cuál es el nivel de relación entre los campos analizados. Este cálculo se presenta en la fórmula (6).

$$Coherencia(2) = \frac{\sum_1^k \sum_{i=1}^n (P_i * Q_i) / \sqrt{(\sum_{i=1}^n P_i^2 * \sum_{i=1}^n Q_i^2)}}{k} \quad (6)$$

Donde:

K es la cantidad de metadatos analizados.

P_i es la frecuencia del término i en el campo 1.

Q_i es la frecuencia del término i en el campo 2.

Dado que la única forma de que en esta parte de la métrica el resultado sea igual a 1 es que todos los campos sean iguales, lo que no debería ocurrir, se establece que a partir de un valor igual o mayor a 0,7 el nivel de similitud es alto y para la unión con la otra parte de la métrica de coherencia se asigna un valor de 1 y para los otros valores se calculan proporcionalmente.

Finalmente para realizar el cálculo final de la métrica de coherencia, se aplica la fórmula (7) donde se combinan los dos valores, para arrojar un resultado entre 0 y 1, donde 0 indica que los metadatos que describen el OA no tienen correlación entre sí, lo que podría llevar a pensar que no están describiendo el mismo objeto, y un resultado de 1 indica que los metadatos son coherentes entre sí completamente.

$$M_Coherencia = \frac{Coherencia(1) + Coherencia(2)}{2} \quad (7)$$

Al igual que en las métricas anteriores, en la Tabla 4-5 se presenta un ejemplo soportado en la experiencia, de cuáles podrían ser las comparaciones a analizar en la primera parte del cálculo de la coherencia. Estas comparaciones están basadas en las recomendaciones del estándar IEEE LOM, y sólo pretenden ser una guía, ya que el usuario que desee calcular esta métrica puede definir sus propias reglas dependiendo de la estructura y directrices del repositorio.

Tabla 4-5: Comparaciones para evaluar la coherencia

#	Metadatos y Valores		Valor
1	General.Structure	General.AgregationLevel	
	atomic	1	1
	atomic	2	0,5
	atomic	3	0,25
	atomic	4	0,125
	collection, networked, hierarchical, linear	1	0,5
	collection, networked, hierarchical, linear	2, 3, 4	1
2	Educational.InteractivityType	Educational.InteractivityLevel	
	active, mixed	very high, high, medium, low, very low	1
	expositive	very high, high	0
	expositive	medium	0,5
	expositive	low, very low	1
3	Educational.InteractivityType	Educational.Learning Resource Type	
	active	exercise, simulation, questionnaire, exam, experiment, problem statement, self assessment	1
	active	diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, lecture	0
	expositive	exercise, simulation, questionnaire, exam, experiment, problem statement, self assessment	0
	expositive	diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, lecture	1
	mixed	exercise, simulation, questionnaire, exam, experiment, problem statement, self assessment, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, lecture	1

DIMENSIÓN CONTEXTUAL

4.2.1.6 Métrica de Visibilidad del OA

Para esta métrica la visibilidad del OA está asociada con la relación entre las visitas que ha tenido el OA evaluado y el total de visitas a los objetos en el repositorio. Esta variable permite identificar en términos generales si el OA presenta mejores características, asumiéndose que al ser más usado es más relevante para el usuario, bien sea por su

contenido o por sus metadatos, es decir, los OAs más usados presentan mejores características.

Para calcular esta métrica se toman los valores asociados a cada OA, que pueden ser cantidad de visitas y/o cantidad de descargas, y estos valores se comparan respecto a los totales para todos los objetos dentro del ROA. La ecuación (10) representa su cálculo.

$$M_{\text{Visibilidad}} = \frac{V + D}{T} \quad (8)$$

Donde:

V es la cantidad de visitas que ha tenido el OA.

D es la cantidad de descargas que ha tenido el OA.

T es la cantidad total de descargas y visitas en el ROA.

4.2.2 Capa de Revisión de Expertos

En esta capa quien suministrará la información necesaria para determinar el nivel de cumplimiento de algunas características de calidad asociadas a los OAs son expertos, que son personas cuya experiencia, capacidad y competencia, le permiten realizar un análisis frente a los criterios planteados y emitir una valoración. Es la institución propietaria del repositorio donde se encuentren almacenados los OAs a evaluar, quien debe definir el perfil de los expertos que atenderán este proceso.

En varios repositorios el proceso de evaluación por parte de expertos, o arbitraje como es definido en algunas iniciativas, es realizado antes de la publicación de los recursos. Si bien esto es recomendable para ofrecer a los usuarios OAs que cumplan cierto nivel de calidad, actualmente existen miles de recursos en los repositorios que no han sido evaluados, por lo que para este modelo se propone realizar la evaluación tanto a recursos que aun no han sido publicados como a los recursos que ya se encuentran disponibles.

En la Tabla 4-6 se presenta el instrumento propuesto, que permite capturar la información necesaria para realizar los cálculos de cada métrica. En la tabla se presentan las variables evaluadas, las preguntas y su respectiva codificación, la cual servirá para entender la forma como se realiza el cálculo de las métricas. Se tuvieron en cuenta autores como (Nesbit et al., 2003), (Bruce & Hillmann, 2004), (Morales et al., 2007), (Vidal et al., 2010) y (Massa, 2012) para la definición tanto de las variables a evaluar, como la forma de realizar las preguntas. Las respuestas dadas a cada pregunta debe ser un valor numérico entre 0 y 5, donde 0 es el nivel más bajo y 5 el más alto.

El repositorio que esté interesado en evaluar sus OAs a través de esta capa, debe definir cuales métricas desea aplicar y seleccionar las preguntas correspondientes, ya que como se ha dicho anteriormente, una de las principales características del modelo propuesto es que los resultados deben estar acordes a los intereses y posibilidades del repositorio o federación que pone disponibles los recursos a evaluar. También se debe establecer el mecanismo para definir los expertos, el momento y la forma como realizarán las revisiones. Entre mayor sea la cantidad de respuestas más cercanos serán los valores de las métricas con la realidad, sin embargo podrían calcularse con solo una respuesta.

Retomando enfoques de evaluación de productos académicos y dado que no todos los expertos tienen el mismo perfil, pueden existir personas especializadas en aspectos pedagógicos, otras en contenidos temáticos específicos, en diseño gráfico, o en aspectos técnicos, entre otros; por lo cual hay algunas variables asociadas en las que unos podrían tener un mayor nivel de experticia que otros, y con el fin de dar mayor relevancia a las respuestas de acuerdo a lo planteado, se pide que no solo se respondan las preguntas, sino que también el experto defina para cada dimensión, entre 1 y 5 el nivel de experticia que considera tiene frente a ese criterio. Esto es opcional y en caso de que no se indique el cálculo de las métricas se haría teniendo en cuenta las respuestas bajo el mismo nivel de importancia.

Tabla 4-6: Instrumento para revisión de expertos

Dimensión	Métrica	Código	Pregunta
EDUCATIVA (NE1)	Efectividad Potencial	E11	En qué nivel se logran identificar los objetivos educativos que pretende cubrir el OA
		E12	En qué nivel la estructura y contenido del OA apoyan el aprendizaje del tema
CONTENIDO (NE2)	Pertinencia y Rigurosidad	E21	En qué nivel el contenido presentado es claro, coherente, no discriminatorio, respeta derechos de autor, y se presenta sin sesgos u omisiones
		E22	En qué nivel el OA se encuentra libre de errores ortográficos y gramaticales
ESTÉTICA (NE3)	Diseño Visual	E31	La distribución y tamaño de elementos, la jerarquía visual, el diseño tipográfico y contraste de los colores es adecuado
		E32	La elección de los textos, imágenes, sonidos u otros elementos multimedia aportan a los objetivos de aprendizaje
FUNCIONAL (NE4)	Reusabilidad	E41	Cuál es la posibilidad que ofrece el OA para que sea utilizado en varios escenarios educativos
		E42	En qué grado el OA es auto contenido y no presenta dependencias
	Facilidad de Uso	E51	Cuál es el nivel de claridad respecto a lo que debe hacer el usuario para utilizar el OA
		E52	Califique la relación entre la necesidad y la ayuda provista
	Facilidad de Acceso	E61	En qué nivel no se requiere de software o dispositivos adicionales al momento de acceder al OA
		E62	En qué medida el recurso funciona correctamente y es fácil para el usuario visualizarlo desde diferentes plataformas
METADATOS (NE5)	Complejidad	E71	Qué tanto los metadatos que tiene el OA lo describen completamente
	Precisión	E81	En qué nivel los metadatos describen realmente el contenido encontrado

En la ecuación (9) se presenta el cálculo general que debería hacerse para cada métrica, teniendo en cuenta las respuestas dadas por los expertos a las preguntas asociadas y el nivel de experticia indicado para la dimensión a la cual pertenece la pregunta. Se divide entre 5 con el fin de que el resultado de la métrica sea un valor entre 0 y 1.

$$Métricas_CapaExpertos = \left(\frac{1}{5n}\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^k (E_{ij} * NE_j)}{\sum_{j=1}^k NE_j}\right) \quad (9)$$

Donde:

n es la cantidad de preguntas asociadas con la métrica.

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta i .

E_{ij} es la respuesta a la pregunta i dada por el experto j .

NE_j es el nivel de experticia de la dimensión asociada dada por el experto j .

A continuación se explica cada una de las variables a evaluar y la forma como se calcula la respectiva métrica. Éstas están ordenadas de acuerdo a la dimensión a la que pertenecen.

DIMENSIÓN EDUCATIVA

4.2.2.1 Métrica Efectividad Potencial del OA

Los OAs se diferencian de otros recursos digitales por su clara orientación pedagógica, por lo tanto determinar si se está cumpliendo con esta característica es de gran importancia para establecer su calidad. Esta variable es analizada con el fin de determinar el nivel de validez que puede llegar a tener un OA como herramienta de enseñanza-aprendizaje. Se analiza si está claro el objetivo del recurso, y si el contenido está orientado a su cumplimiento. Además, se evalúa si ese contenido está bien estructurado y guía el aprendizaje sobre el tema tratado.

Con el objetivo de ser lo más explícito posible y a pesar de que la fórmula general está definida en la ecuación (9), la ecuación

(10) sería la que se aplicaría si se tomaran las preguntas E11 y E12 de la Tabla 4-6 que están asociadas con la Dimensión Educativa y específicamente con el grado de experticia definido como NE1. En esta ecuación se reemplaza n por la cantidad de preguntas que es 2.

$$M_{EfectividadPotencial} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E11_j * NE1_j)}{\sum_{j=1}^k NE1_j} + \frac{\sum_{j=1}^l (E12_j * NE1_j)}{\sum_{j=1}^l NE1_j} \right) \quad (10)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E11 y E12 respectivamente.

$E11_j$ es la respuesta a la pregunta E11 dada por el experto j .

$E12_j$ es la respuesta a la pregunta E12 dada por el experto j .

$NE1_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Educativa dada por el experto j .

DIMENSIÓN CONTENIDO

4.2.2.2 Métrica Pertinencia y Rigurosidad

Es necesario analizar si el contenido que se presenta en los OAs tiene algún tipo de error, tanto sintáctico como semántico. Debe preguntarse a los expertos si identificaron algún problema con el contenido que pueda confundir al alumno, además es importante establecer que el contenido no tenga ningún tipo de información discriminatoria (en lo racial, religioso, de género etc.). El contenido específico del OA debería enfatizar los puntos clave del tema tratado, y mostrar un nivel de detalle adecuado de las ideas significativas sin sesgos u omisiones. También se debe tener en cuenta aspectos de exactitud, rigurosidad y coherencia de la información presentada, y si se respetan derechos de autor.

En la ecuación (11) se presenta el cálculo específico de la métrica de Pertinencia y Rigurosidad, tomando las respuestas de las preguntas E21 y E22 de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que están asociadas con la Dimensión Contenido y específicamente con el grado de experticia definido como NE2.

$$M_{PertinenciaRigurosidad} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E21_j * NE2_j)}{\sum_{j=1}^k NE2_j} + \frac{\sum_{j=1}^l (E22_j * NE2_j)}{\sum_{j=1}^l NE2_j} \right) \quad (11)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E21 y E22 respectivamente.

$E21_j$ es la respuesta a la pregunta E21 dada por el experto j .

$E22_j$ es la respuesta a la pregunta E22 dada por el experto j .

$NE2_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Contenido dada por el experto j .

DIMENSIÓN ESTÉTICA

4.2.2.3 Métrica Diseño Visual

Cuando los recursos son presentados con un buen diseño visual, mejora la experiencia del usuario, comunicándole las ideas de forma más clara y permitiéndole aprender con mayor facilidad. Para establecer el nivel de cumplimiento de esta variable que está asociada con la calidad del contenido del OA, se deben contemplar elementos como gráficos, tablas, imágenes, recursos multimedia, textos, decoraciones, entre otros. Se debe analizar la distribución de los elementos, la jerarquía visual y su tamaño, un adecuado contraste de colores, que los elementos que lo requieran sean claramente explicados, que sean estéticamente agradables y no interfieran con los objetivos de aprendizaje, que los textos sean legibles, con una tipografía adecuada que permitan una adecuada velocidad de lectura.

El cálculo de la métrica se presenta en la ecuación (12). Se toman específicamente el nivel de experticia de la dimensión Estética (NE3) y las preguntas E31 y E32 del instrumento propuesto.

$$M_{DiseñoVisual} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E31_j * NE3_j)}{\sum_{j=1}^k NE3_j} + \frac{\sum_{j=1}^l (E32_j * NE3_j)}{\sum_{j=1}^l NE3_j} \right) \quad (12)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E31 y E32 respectivamente.

$E31_j$ es la respuesta a la pregunta E31 dada por el experto j .

$E32_j$ es la respuesta a la pregunta E32 dada por el experto j .

$NE3_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Estética dada por el experto j .

DIMENSIÓN FUNCIONAL

4.2.2.4 Métrica Reusabilidad

Una de las principales características de los OAs, es la posibilidad de que éstos puedan ser utilizados en diferentes contextos, por lo tanto a través de esta métrica se pretende determinar en qué nivel el recurso es independiente y puede ser fácilmente reutilizado sin necesidad de modificaciones. Se analiza el nivel de granularidad del OA, se verifica su modularidad, si es autocontenido e indivisible y si puede ser comprendido por personas con diferente tipo de preparación.

Para calcular la métrica de Reusabilidad se toman las respuestas a las preguntas E41 y E42, y el nivel de experticia dado para la dimensión Funcional correspondiente a NE4. La fórmula para el cálculo se muestra en la ecuación (13).

$$M_{Reusabilidad} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E41_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^k NE4_j} + \frac{\sum_{j=1}^l (E42_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^l NE4_j} \right) \quad (13)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E41 y E42 respectivamente.

$E41_j$ es la respuesta a la pregunta E41 dada por el experto j .

$E42_j$ es la respuesta a la pregunta E42 dada por el experto j .

$NE4_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Funcional dada por el experto j .

4.2.2.5 Métrica Facilidad de Uso

Determina si la presentación del contenido se da de tal forma que los estudiantes puedan navegar por él intuitivamente. Este aspecto está relacionado con el nivel de complejidad del recurso y la forma como está diseñada la interfaz, analizando si se indica implícita o explícitamente a los usuarios cómo interactuar con el objeto. El experto debe evaluar que la navegación a través del objeto sea fácil, intuitiva, predecible y sin excesiva demora.

La Facilidad de Uso se evalúa a través de las preguntas E51 y E52, las cuales se tienen en cuenta en el cálculo de la respectiva métrica mostrada en la ecuación (14), al igual que el nivel de experticia $NE4$ correspondiente a la dimensión Funcional.

$$M_{FacilidadUso} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E51_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^k NE4_j} + \frac{\sum_{j=1}^l (E52_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^l NE4_j} \right) \quad (14)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E51 y E52 respectivamente.

$E51_j$ es la respuesta a la pregunta E51 dada por el experto j .

$E52_j$ es la respuesta a la pregunta E52 dada por el experto j .

$NE4_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Funcional dada por el experto j .

4.2.2.6 Métrica Facilidad de Acceso

Debido a que los OAs pueden ser construidos con diferentes tipos de herramientas, que manejan variados formatos, la calidad de estos recursos se puede ver comprometida, si a la hora de ser visualizados por los usuarios se requiere de algún tipo de software especializado al que no se tenga acceso o no se indique su necesidad. Con esta variable se analiza si existe facilidad para abrir y usar el OA, lo que mejora la experiencia del usuario y con ello la posibilidad de que el recurso pueda apoyar procesos de enseñanza/aprendizaje, que es su principal objetivo. Aspectos relacionados con interoperabilidad también son evaluados a través de esta métrica, es decir, se determina

si es posible utilizar el OA en diferentes plataformas sin necesidad de realizar cambios en su estructura.

La forma de calcular esta métrica se muestra en la ecuación (15) donde se incluye el nivel de experticia para la dimensión Funcional y las respuestas a las preguntas E61 y E62.

$$M_{FacilidadAcceso} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E61_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^k NE4_j} + \frac{\sum_{j=1}^k (E62_j * NE4_j)}{\sum_{j=1}^k NE4_j} \right) \quad (15)$$

Donde:

k y l es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E61 y E62 respectivamente.

$E61_j$ es la respuesta a la pregunta E61 dada por el experto j .

$E62_j$ es la respuesta a la pregunta E62 dada por el experto j .

$NE4_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Funcional dada por el experto j .

DIMENSIÓN METADATOS

4.2.2.7 Métrica Completitud de los Metadatos

En este sentido la completitud es definida como la capacidad que tienen los metadatos de describir el objeto tanto como sea posible. Se le pide al experto que analice este aspecto e indique si los metadatos tienen valores válidos y la información que presentan es suficiente para entender el contenido del objeto. Este análisis debe ser hecho tanto desde el punto de vista técnico como del usuario, es decir, si los metadatos son suficientes para que el OA sea encontrado a través de los algoritmos de búsqueda y si dan información suficiente para seleccionarlo dentro de una lista de resultados.

La métrica de Completitud se calcula teniendo en cuenta sólo la respuesta a la pregunta E71 y el nivel de experticia dado por el experto para la dimensión de Metadatos. Su fórmula se muestra en la ecuación (16).

$$M_Compleitud = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E71_j * NE5_j)}{\sum_{j=1}^k NE5_j}\right) \quad (16)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E71

$E71_j$ es la respuesta a la pregunta E71 dada por el experto j .

$NE5_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Metadatos dada por el experto j .

4.2.2.8 Métrica Precisión de los Metadatos

El objetivo de los metadatos es describir el contenido que presenta el recurso, razón por la que una diferencia entre metadatos y contenido, es un problema que afecta la calidad de los OAs. Con el fin de evaluar esto, se le solicita al experto que realice una comparación para determinar si los metadatos realmente describan el contenido asociado.

La respuesta a la pregunta E81 y el nivel de experticia NE5 dado por el experto para la dimensión de Metadatos se tienen en cuenta para el cálculo de la Precisión de los Metadatos, mostrado en la fórmula (17).

$$M_Precisión = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{\sum_{j=1}^k (E81_j * NE5_j)}{\sum_{j=1}^k NE5_j}\right) \quad (17)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta E81

$E81_j$ es la respuesta a la pregunta E81 dada por el experto j .

$NE5_j$ es el nivel de experticia de la dimensión Metadatos dada por el experto j .

4.2.3 Capa de Percepción de Usuarios

A través de esta capa se busca hacer evaluación de los OAs teniendo en cuenta el punto de vista de los usuarios. La propuesta está orientada a que sea evaluado cada recurso después de la interacción con el usuario, solicitándole la realización de una corta encuesta que debería ser opcional y fácil de diligenciar. Sin embargo, al igual que en la capa de Expertos, es decisión del repositorio que desee realizar la evaluación, la forma como se hará el proceso de captura de las respuestas. Esta capa pretende evaluar los OAs en sí y no está orientada a evaluar los algoritmos de búsqueda y recuperación de los repositorios donde se encuentran almacenados los recursos.

Se propone un instrumento, que se presenta en la Tabla 4-7 donde se plantean las preguntas que podrían hacerse al usuario y que están asociadas con una dimensión específica. Se pueden realizar todas las preguntas o solo algunas de ellas de acuerdo a los intereses específicos del repositorio o federación. Las respuestas se deben dar en una escala de 0 a 5, donde 0 es el nivel más bajo y 5 el más alto.

Tabla 4-7: Instrumento para captura de la percepción de los usuarios

Dimensión	Métrica	Código	Pregunta
EDUCATIVA	Motivación	U11	En qué nivel el OA lo motivó a seguir consultando sobre el tema
	Efectividad	U21	En qué nivel el contenido encontrado le permitió aprender sobre el tema
ESTÉTICA	Diseño Visual	U31	En qué nivel el tamaño, color y distribución de los elementos que contiene el OA le parece adecuado
		U32	En qué nivel los textos, imágenes, sonidos y otros elementos multimedia del OA le aportaron en el aprendizaje del tema
FUNCIONAL	Disponibilidad	U41	Pudo acceder al contenido del OA (No=0; Sí=5)
	Facilidad de Uso	U51	Califique la facilidad y claridad a la hora de interactuar con el OA
METADATOS	Precisión	U61	En qué grado los metadatos describen

			el contenido que realmente encontró
CONTEXTUAL	Relevancia	U71	En qué nivel este OA fue importante para usted y estaba relacionado con lo que esperaba encontrar

Como se puede observar, en la mayoría de casos sólo se propone una pregunta por métrica con el fin de que la encuesta sea lo más sencilla posible para el usuario, ya que no siempre se cuenta con el tiempo y la disposición para responder preguntas y si se tratara de una encuesta muy larga, la probabilidad de obtener respuestas sería menor. Sin embargo, de acuerdo a los intereses de los administradores de ROAs, se podrían agregar más preguntas asociadas a una métrica o más características a evaluar, por lo tanto se plantea en la ecuación (18) una fórmula general para el cálculo de las métricas que se proponen en la capa de percepción de usuarios.

$$Métricas_CapaUsuarios = \left(\frac{1}{5n}\right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^k U_{ij}}{k}\right) \tag{18}$$

Donde:

n es la cantidad de preguntas asociadas con la métrica.

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta i .

U_{ij} es la respuesta a la pregunta i dada por el usuario j .

A continuación se presenta la descripción de cada una de las métricas propuestas para evaluación de OAs en la capa de percepción de usuarios:

DIMENSIÓN EDUCATIVA

4.2.3.1 Métrica Motivación

El principal objetivo de un OA es apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje, por lo tanto es de gran importancia determinar el nivel de motivación que produce el recurso y con esto su posibilidad de cumplir dicho objetivo. Se le pregunta al usuario el nivel de interés que le despertó acceder al recurso que se está evaluando.

En la ecuación (19) se especifica cómo sería el cálculo para la métrica de motivación, teniendo en cuenta la fórmula general presentada en (18). Dado que no existen más preguntas asociadas a esta métrica en el instrumento propuesto solo se tienen en cuenta las respuestas de U11.

$$M_{Motivación} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U11_j\right) \quad (19)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U11$.

$U11_j$ es la respuesta a la pregunta $U11$ dada por el usuario j .

4.2.3.2 Métrica Efectividad del OA

Con esta variable se busca determinar si el OA cumple su principal objetivo que es aportar en el proceso de enseñanza/aprendizaje, y para esto se le pregunta al usuario cuál es su opinión al respecto. Es importante evaluar este criterio, dado que es un indicador de la utilidad del recurso.

La pregunta que permite establecer la efectividad potencial del OA desde el punto de vista de los usuarios es la U21, y en la ecuación (20) se presenta el cálculo de la métrica.

$$M_{Efectividad} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U21_j\right) \quad (20)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U21$.

$U21_j$ es la respuesta a la pregunta $U21$ dada por el usuario j .

DIMENSIÓN ESTÉTICA

4.2.3.3 Métrica Diseño Visual

El diseño visual está orientado a mejorar la experiencia del usuario a través del uso, distribución y tamaño adecuado de los elementos. Aspectos como colores y tipos de fuentes pueden hacer que el usuario se sienta cómodo interactuando con el OA, lo que va a facilitar su entendimiento del tema.

En la ecuación (21) se muestra el cálculo específico de esta métrica utilizando las preguntas U31 y U32 que están asociadas al diseño visual del OA.

$$M_{DiseñoVisual} = \left(\frac{1}{5(2)} \right) \frac{\sum_{j=1}^k U31_j}{k} + \frac{\sum_{j=1}^l U32_j}{l} \quad (21)$$

Donde:

k y l son la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U31$ y $U32$ respectivamente.

$U31_j$ es la respuesta a la pregunta $U31$ dada por el usuario j .

$U32_j$ es la respuesta a la pregunta $U32$ dada por el usuario j .

DIMENSIÓN FUNCIONAL

4.2.3.4 Métrica Disponibilidad del OA

Es posible encontrar que cuando el usuario intenta acceder al contenido del OA éste no está disponible, por lo tanto no es suficiente con que el recurso se muestre en los resultados de búsqueda, es necesario que éste en realidad pueda ser consultado, por lo tanto la evaluación de este criterio es fundamental para determinar si efectivamente el usuario pudo acceder al recurso. Esta métrica es de gran importancia y debe generar una alerta al repositorio, pues está publicando recursos que no pueden ser accedidos y por lo tanto las demás métricas no juegan ningún papel.

Las respuestas a la pregunta U41 son las que indican el nivel de disponibilidad del OA y se muestra el cálculo en la ecuación (22).

$$M_{Disponibilidad} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U41_j\right) \quad (22)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U41$.

$U41_j$ es la respuesta a la pregunta $U41$ dada por el usuario j .

4.2.3.5 Métrica Facilidad de Uso

Permite determinar si el usuario pudo utilizar el OA sin dificultades, que tan complejo le pareció interactuar con el recurso y si en caso de requerir algún tipo de explicación la encontró sin problema.

La ecuación (23) muestra el cálculo específico de la facilidad de uso utilizando las respuestas a la pregunta U51.

$$M_{FacilidadUso} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U51_j\right) \quad (23)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U51$.

$U51_j$ es la respuesta a la pregunta $U51$ dada por el usuario j .

DIMENSIÓN METADATOS

4.2.3.6 Métrica Precisión de los Metadatos

A través de esta métrica se pretende determinar si el usuario encontró que había relación entre los metadatos y el contenido presentado, es decir, si realmente los metadatos describían el contenido, ya que la falta de coherencia entre estos dos elementos característicos del OA genera problemas que afectan su calidad. La métrica de precisión se calcula en la ecuación (24) utilizando las respuestas a la pregunta U61.

$$M_{Precisión} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U61_j\right) \quad (24)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U61$.

$U61_j$ es la respuesta a la pregunta $U61$ dada por el usuario j .

DIMENSIÓN CONTEXTUAL

4.2.3.7 Métrica Relevancia

A través de esta métrica se pretende determinar si el OA fue importante para el usuario dentro de su contexto de búsqueda. Esto permite determinar la capacidad que tiene el OA de que sea encontrado y recuperado de acuerdo a los temas para los que fue creado. Si bien este elemento guarda una estrecha relación con el algoritmo de búsqueda que implementa el repositorio, que el OA sea importante para el usuario de acuerdo a sus intereses, tiene que ver con ambos factores.

La Relevancia del OA para el usuario se calcula a partir de las respuestas a la pregunta $U71$ y se muestra en la ecuación (25).

$$M_{Relevancia} = \left(\frac{1}{5k}\right) \left(\sum_{j=1}^k U71_j\right) \quad (25)$$

Donde:

k es la cantidad de respuestas que tiene la pregunta $U71$.

$U71_j$ es la respuesta a la pregunta $U71$ dada por el usuario j .

4.3 Integración del Modelo

La estructura del modelo propuesto permite realizar diferentes integraciones de las métricas calculadas, se propone a partir del cálculo de la media realizar una integración por capas y otra por dimensiones. En el primer caso se le asigna una ponderación o nivel de importancia a cada dimensión dentro de la capa y en el segundo caso estos valores se le asignan a cada capa dentro de la dimensión.

Como se ha mostrado, esta propuesta está orientada a apoyar el proceso de toma de decisiones en relación al aseguramiento de la calidad de los OAs, que debería llevarse a cabo en los repositorios y federaciones. Con el fin de que los resultados sean de gran utilidad, estos deben ajustarse a sus intereses y necesidades, por lo tanto es la institución propietaria o el administrador del repositorio quien debe definir las ponderaciones en cada caso.

Finalmente se presenta una estrategia de visualización de los resultados, la cual está orientada a que el administrador del repositorio pueda identificar fácilmente cuáles son los OAs que tienen mayores problemas. Esto facilitará la definición de estrategias y cuando se tenga un gran número de recursos se sabrá con cuáles empezar a tomar medidas.

4.3.1 Integración por capas (índices)

El modelo propuesto está formado por tres capas: Gestión, Revisión de Expertos y Percepción de Usuarios. El administrador del repositorio que desea realizar la evaluación de sus OAs decide cuáles capas utilizar o si requiere agregar nuevas capas. Al interior de cada capa hay una serie de métricas las cuales pertenecen a una dimensión específica del OA, estas métricas son parametrizables y su existencia también depende de las decisiones del administrador del ROA.

En la integración se pretende generar un indicador de la calidad del OA por cada capa, lo que nos indicaría desde la gestión del OA (Específicamente metadatos y uso del OA),

desde las revisiones de los expertos y desde el punto de vista de los usuarios cuál es el nivel de cumplimiento de las características deseables del OA.

En cada capa se realiza una ponderación de las dimensiones, asignándole un valor entre 0 y 1, y sólo se le asigna a las dimensiones que tienen métricas calculadas. La suma de estos valores debe ser igual a 1. En la ecuación (26) se muestra cómo se calcularía el índice por cada capa.

$$\text{ÍndiceCapaX} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^k M_j}{k} * D_i \right) \quad (26)$$

Donde:

n es la cantidad de dimensiones que se tiene en la capa

k es la cantidad de métricas para la dimensión i .

M_j es el valor de la métrica j en la dimensión i .

D_i es el peso asignado a la dimensión i .

Finalmente, se podrá realizar una integración total desde la concepción de capas definiendo un índice para cada OA. En este caso también se pide al interesado en la evaluación que defina el nivel de importancia de cada capa. El cálculo se muestra en la ecuación (27).

$$\text{ÍndiceTotalCapas} = \sum_{i=1}^n IC_i * C_i \quad (27)$$

Donde:

n es la cantidad de capas

IC_i es el índice calculado para la capa i .

C_i es el peso asignado a la capa i .

Este índice final para todas las capas, podría servir como criterio de ordenamiento en los resultados de las búsquedas realizadas en los repositorios o federaciones.

4.3.2 Integración por dimensiones (índices)

Al igual que en la integración por capas, se realiza un promedio ponderado con el fin de definir para cada OA un valor que corresponde al nivel de cumplimiento de las variables o criterios de cada dimensión. En este caso se asigna una ponderación a las capas involucradas dentro de la dimensión a evaluar. Es posible que no estén presentes todas las capas, en algunos casos puede ocurrir que sólo esté involucrada una capa.

A continuación en la ecuación (28) se muestra el cálculo del índice por dimensión y en la ecuación (29) se muestra el cálculo de un índice general para todas las capas. En los dos casos, se debe asignar valor numérico entre 0 y 1 que indique la importancia de cada capa dentro de la dimensión para la ecuación (28) y de cada dimensión para la ecuación (29). La suma de estos valores debe ser igual a 1.

$$\text{ÍndiceDimensión}X = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^k M_j}{k} * C_i \right) \quad (28)$$

Donde:

n es la cantidad de capas que se tiene en la dimensión

k es la cantidad de métricas para la capa i .

M_j es el valor de la métrica j en la capa i .

C_i es el peso asignado a la capa i .

$$\text{ÍndiceTotalDimensiones} = \sum_{i=1}^n ID_i * D_i \quad (29)$$

Donde:

n es la cantidad de dimensiones
 ID_i es el índice calculado para la dimensión i .
 D_i es el peso asignado a la dimensión i .

4.3.3 Visualización de Resultados

Con el fin de que el administrador del repositorio pueda acceder a los resultados de una forma más útil para tomar medidas relacionadas con la gestión de los OAs, se establece una estrategia de visualización que permite, después de realizada la integración, bien sea por capas o por dimensiones, mostrar los resultados según los colores del semáforo. Esto permite identificar claramente cuáles son los recursos con mayores problemas y con los que rápidamente se deberán realizar acciones, como por ejemplo, no permitir que aparezcan en los resultados de búsquedas, removerlos del repositorio, reportarlos a los autores o actualizar estos recursos.

El color rojo identifica los OAs con mayores problemas de calidad, es decir, los que obtuvieron una ponderación final menor a 0.3. El siguiente color usado es el amarillo y en esta posición se ubican los recursos con evaluación mayor o igual a 0.3 y menor que 0.6. Finalmente se presentan OAs con ponderación mayor o igual a 0.3 identificados con el color verde.

También se propone la definición de alarmas que se disparan a partir de una serie de reglas que indican los OAs con mayores problemas respecto a capas o métricas específicas, o la combinación de algunas de estas.

Algunos ejemplos de estas alarmas se muestran a continuación:

- Si $M_{Disponibilidad} = 0$ entonces Alarma1;
- Si $M_{Disponibilidad} > 0$ y $ÍndiceTotal < umbralTotal$ entonces Alarma2;
- Si no se ha disparado Alarma2 y $C_{Gestion} < umbralGestion$ entonces Alarma3;
- Si no se ha disparado Alarma2 y $C_{Expertos} < umbralExpertos$ entonces Alarma4;

- Si no se ha disparado Alarma2 y $C_{Usuarios} < \text{umbralUsuarios}$ entonces Alarma5;
- Si Alarma3, Alarma4 y Alarma5 entonces AlarmaGeneral;

4.4 Conclusiones del Capítulo

El modelo propuesto para evaluación de calidad de objetos de aprendizaje en repositorios presentado en este capítulo permite analizar el cumplimiento de algunas características de estos recursos, bajo una estructura por capas. Se definen métricas las cuales se agrupan en dimensiones que son transversales a las capas.

Este modelo es genérico, ya que no está orientada a un repositorio de OAs específico, ni a un estándar de metadatos definido e incluso se podría usar en otros ambientes. Es parametrizable y escalable, debido a que el administrador del repositorio que desea evaluar sus recursos es quien define la configuración necesaria para realizar el proceso de evaluación, además es posible seleccionar solo algunas de las capas y/o dimensiones y podrían llegar a generarse nuevas.

A pesar de que la propuesta es genérica, se definen una serie de lineamientos particulares y explícitos que permitirán aplicar las métricas, lo cual puede verse como un aporte importante con respecto a la revisión del estado del arte.

La definición matemática con ecuaciones generales permite que al adicionarse nuevas métricas o no usarse algunas, los cálculos se realicen en igual manera. Adicionalmente, su facilidad de sistematización.

El modelo propuesto involucra diferentes usuarios relacionados con los OAs almacenados en repositorios, además los resultados pueden servir para ordenar los resultados de búsqueda y como insumo para la gestión de los recursos en el repositorio.

El modelo propuesto atiende varios de los vacíos encontrados en la revisión del estado del arte y su enfoque permite su implementación en situaciones reales y se perfila como

una herramienta de gestión de la calidad de OAs en repositorios y federaciones. Para lograr esto la visión de ser una propuesta genérica, pero donde se han definido los elementos necesarios para los cálculos por defecto, se combinan armónicamente.

5. SISTEMA MULTI-AGENTE PARA EL MODELO PROPUESTO

En este capítulo se presentan los elementos asociados al análisis y diseño del Sistema Multi-Agente (SMA) que apoya el modelo por capas para la evaluación de OAs, además se mencionan las principales ventajas de la adopción de este enfoque.

5.1 Motivación del Uso de SMA

Como se mencionó en el capítulo 2, los SMA están siendo ampliamente utilizados en ambientes de enseñanza/aprendizaje aprovechando la posibilidad de descomponer el problema en sub-problemas (Duque M., 2009).

Esta propuesta está orientada a la definición de un modelo de evaluación de calidad de OAs, el cual se divide en elementos tales como capas, que pueden ser considerados bloques funcionales que requieren un conocimiento y procesamiento específico, además de la comunicación entre ellas. Por esta razón se optó por la utilización de SMA, además el modelo puede variar y crecer de acuerdo a las intereses de los administradores de los repositorios, por lo que se requiere aprovechar la modularidad que ofrecen este tipo de sistemas.

Otras características que motivan la aplicación de SMA son: la flexibilidad que permite adicionar nuevos agentes que calculen otras métricas de calidad, el paralelismo orientado al cálculo simultáneo de algunas de las métricas entregando resultados en un mejor tiempo, la especialización ya que cada agente se enfoca en una tarea específica, la cooperación y coordinación que permite resolver el problema de forma más eficiente gracias a la conducta colectiva, y finalmente la deliberación que le permite tomar decisiones al agente encargado de la coordinación e integración.

5.2 Análisis y Diseño del SMA

Las metodologías MAS-CommonKADS (Iglesias Fernández, 1998) y GAIA (Wooldridge et al., 1999) fueron las seleccionadas para realizar el análisis y diseño del SMA. Se utilizaron el modelo de roles que nos permite en el desarrollo tener mayor claridad del papel de cada agente y el modelo de servicios de la metodología GAIA y los otros modelos de la metodología MAS-CommonKADS, aprovechando su especificación de conocimiento y comunicación.

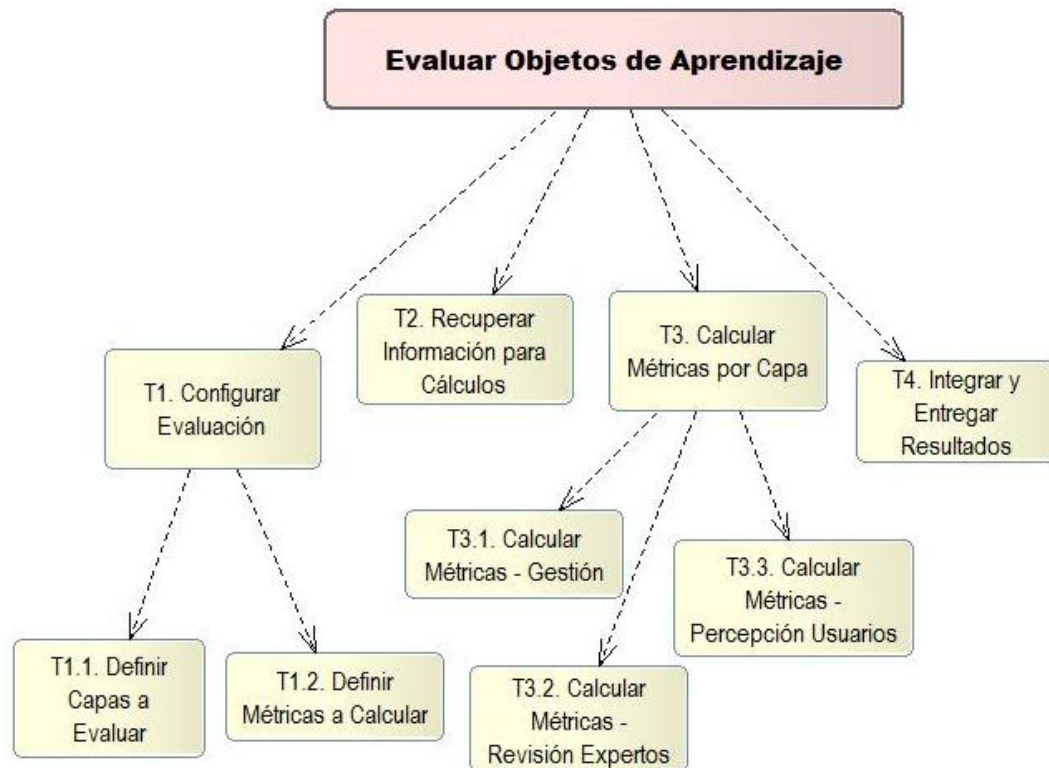
Se realizó una etapa inicial de conceptualización del SMA donde se definió claramente el problema a resolver, los actores y casos de uso. Seguido de una etapa de análisis donde se desarrollaron los diferentes modelos, y finalmente se realizó el diseño de la arquitectura del SMA.

Con el fin de realizar la evaluación de calidad de OAs, de acuerdo al modelo definido en el capítulo anterior, se cuenta con un total de nueve agentes que se encargan de ejecutar el proceso de evaluación. Finalmente se le entrega al administrador del repositorio que está evaluando sus OAs, una serie de resultados obtenidos a partir del cálculo de las métricas que fueron seleccionadas.

Las tareas que desempeñan los agentes, su definición y la forma cómo interactúan, se muestra a continuación en algunos de los modelos realizados durante las etapas de análisis y diseño del SMA. En la Figura 5-1 se presenta el Modelo de Tareas, el cual se basa en los casos de uso del sistema.

Los agentes fueron definidos de acuerdo al nivel de complejidad de las diferentes métricas, agrupando aquellas que requieren de cálculos más sencillos como es el caso de las métricas de revisión de expertos y percepción de usuarios. Esto permite que el sistema pueda crecer en cantidad y tipo de métricas, ofreciendo una mayor flexibilidad y escalabilidad.

Figura 5-1: Diagrama de tareas



Del Modelo de Agentes se extraen los nombres y descripciones de cada uno de los agentes así:

- **Agente Repositorio:** Este agente conoce toda la información asociada con el Repositorio que suministrará los OAs a ser evaluados, es decir, representa el ROA dentro del sistema. Este agente es el que se encarga de la configuración inicial de todo el proceso de evaluación, definiendo desde qué capas se evaluarán los OAs y cuales métricas se calcularan por cada capa. También define cómo será el mecanismo de comunicación con el sistema, con el fin de entregar los datos necesarios para realizar los cálculos. Cada Agente Repositorio envía la información al Agente Coordinador.

- **Agente Coordinador:** Es el agente con mayores responsabilidades dentro del sistema. Es el encargado de recibir la información necesaria para hacer la evaluación, suministrada por el Agente Repositorio. Realiza procesos de lectura y procesamiento de datos, interpretando las diferentes entradas y pasándolas a una estructura que sea comprendida por los agentes encargados del proceso de evaluación. Una de las funciones más importantes de este agente es ofrecer la transparencia del sistema de evaluación a las características y decisiones del repositorio, pues garantiza que todos los demás agentes recibirán la información en la misma forma y podrán realizar los cálculos de las métricas sin necesidad de modificaciones. A partir de los resultados entregados por los agentes de métricas, se encarga de calcular los índices de acuerdo a las ponderaciones definidas por el administrador del ROA. La organización de estos resultados, con el fin de que sean de gran utilidad para la toma de decisiones según los resultados obtenidos también es responsabilidad de este agente.
- **Agente Métricas Gestión:** Este agente se encarga de calcular las métricas Disponibilidad y Visibilidad que hacen parte de la Capa de Gestión y no fueron separadas en agentes independientes debido a la facilidad de su cálculo. Recibe del Agente Coordinador la indicación de cuáles métricas calcular y los datos necesarios para realizar los cálculos, regresando a este agente los resultados.
- **Agente Métrica Reusabilidad:** Para el cálculo de esta métrica el agente recibe los metadatos de cada OA que permitirán aplicar las reglas de reusabilidad establecidas. Los resultados son entregados al Agente Coordinador.
- **Agente Métrica Completitud:** La completitud se calcula de acuerdo a los pesos de cada metadato asignados por el administrador del repositorio y que son entregados a través del Agente Coordinador, el cual también entrega los metadatos correspondientes de cada OA y recibe los resultados de la métrica.
- **Agente Métrica Consistencia:** Este agente evalúa las reglas de consistencia de acuerdo a la información, tanto de configuración como metadatos, suministrada por el Agente Coordinador.
- **Agente Métrica Coherencia:** Para el cálculo de esta métrica se reciben los metadatos, para evaluar las reglas de coherencia y calcular la similitud entre los campos de texto abierto. Se obtiene un valor final de coherencia para cada OA, el cuál es entregado al Agente Coordinador.

- **Agente Métricas Revisión Expertos:** Las métricas calculadas por este agente son: Efectividad Potencial, Pertinencia y Veracidad, Diseño Visual, Diseño Tipográfico, Reusabilidad, Facilidad de Uso, Facilidad de Acceso, Completitud y Precisión. Éstas corresponden a todas las métricas propuestas para la Capa de Revisión de Expertos y se agruparon en un solo agente debido a que su cálculo se realiza de forma similar a partir de las respuestas al instrumento propuesto. El Agente Coordinador entrega esta información e indica cuáles de estas métricas deben ser calculadas.
- **Agente Métricas Percepción Usuarios:** Para calcular las métricas asociadas a la Capa de Percepción del Usuario (Motivación, Efectividad, Diseño Visual, Disponibilidad, Facilidad de Uso, Precisión y Relevancia), este agente recibe del Agente Coordinador las respuestas de los usuarios entregadas por el ROA y calcula las métricas que se indique. Los resultados son entregados al Agente Coordinador.

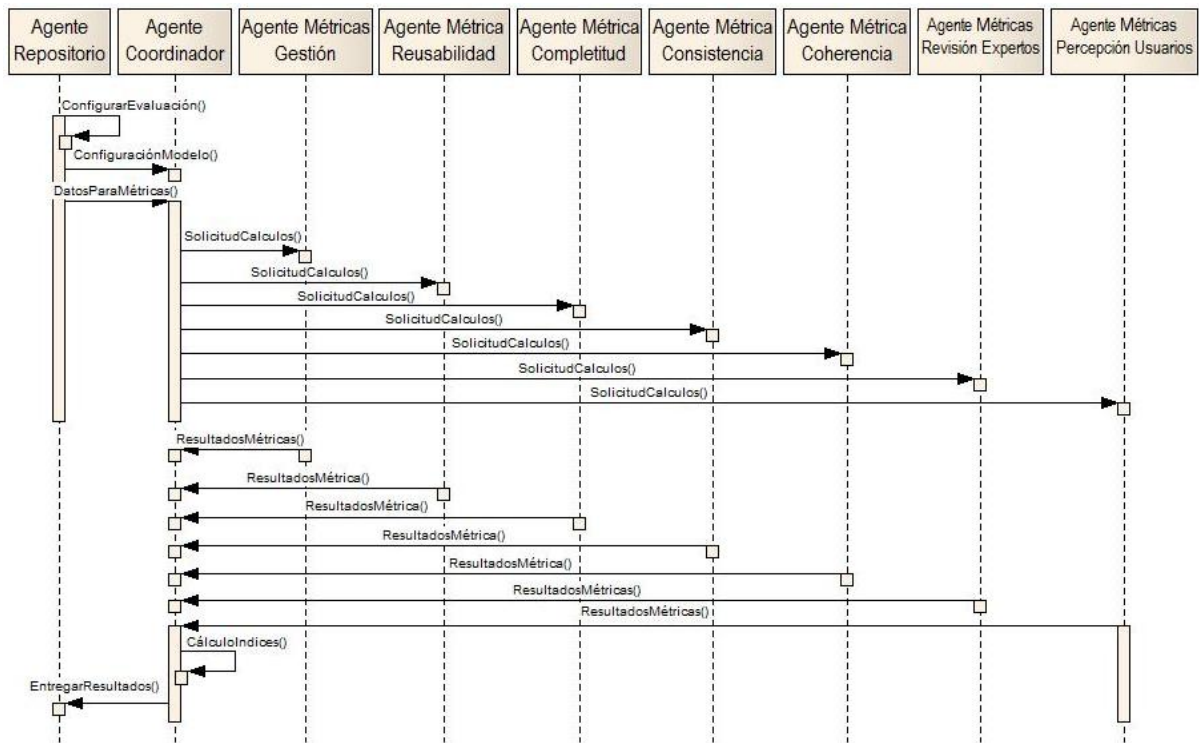
El Agente Repositorio es el que se comunica con el administrador del ROA o Agente humano y entrega esta información al Agente Coordinador, quien es el encargado de solicitar a los agentes de métricas iniciar los respectivos cálculos y suministrar la información necesaria para tal fin.

Cada agente de métrica realiza sus cálculos y retorna estos resultados al Agente Coordinador, ya que este se encarga de realizar el proceso de integración con la información de ponderaciones suministrada por el administrador del repositorio o encargado del proceso de evaluación.

El diagrama de secuencia de la Figura 5-2 hace parte del Modelo de Coordinación y muestra de forma detallada las interacciones entre los agentes.

Después de la fase de análisis se continuó con una etapa de diseño que toma como insumo los diferentes modelos elaborados. En esta etapa se realizan especificaciones que permiten llegar a la implementación. En la Figura 5-3 se presenta la arquitectura propuesta del SMA, donde se puede visualizar la estructura completa del sistema y la jerarquía entre los agentes.

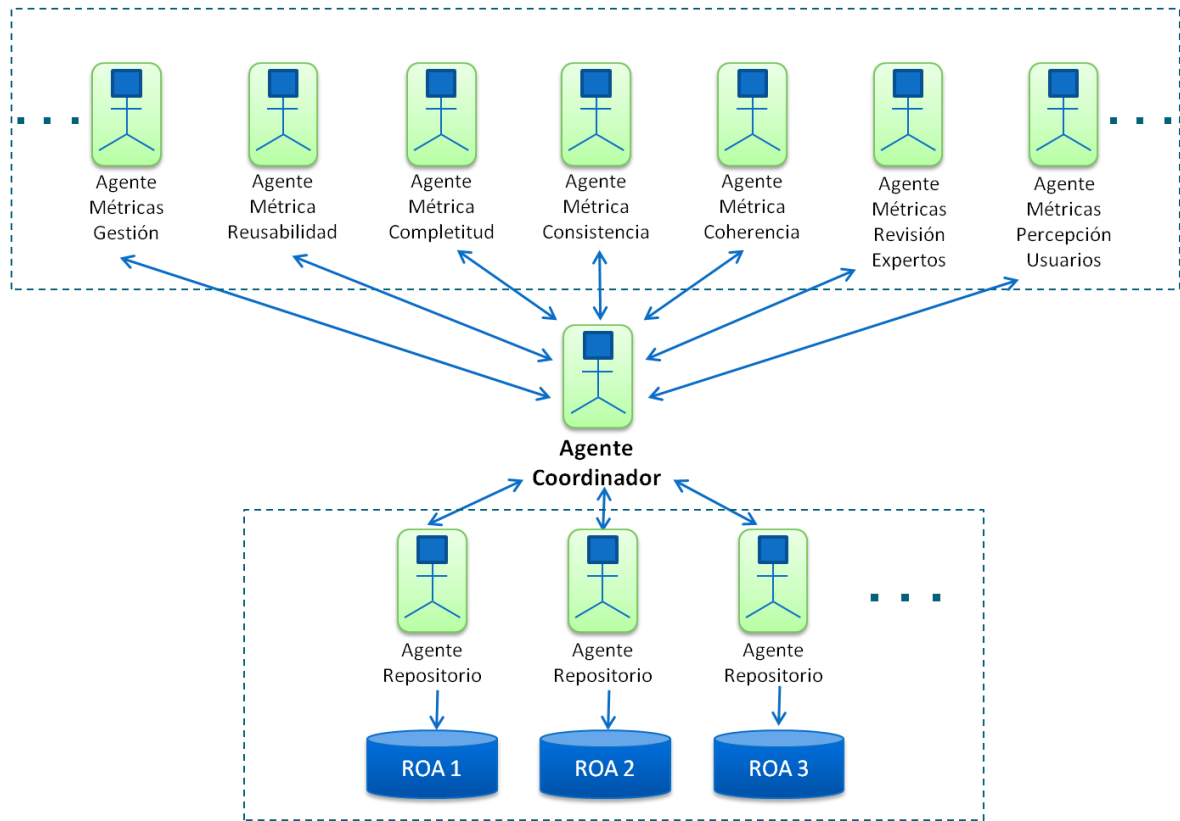
Figura 5-2: Diagrama de secuencia



Finalmente para la implementación del SMA se utilizó el lenguaje de programación JAVA, utilizando la plataforma JADE utilizando las performativas inform y request de FIPA-ACL. Se utilizó JDOM para el manejo de los XML cuando la información suministrada por el ROA estuviera en este formato y para la entrega de resultados, y el motor de base de datos PostgreSQL para el almacenamiento de la configuración de las evaluaciones de cada repositorio y los resultados para su posterior consulta.

Mayor información del sistema implementado se presenta en el capítulo siguiente, donde se muestra el proceso de validación del modelo propuesto a través del sistema experimental denominado EVALOA.

Figura 5-3: Arquitectura propuesta del SMA



5.3 Conclusiones del Capítulo

Las metodologías utilizadas durante las etapas de conceptualización, análisis y diseño del Sistema Multi-agente propuesto, fueron de gran utilidad para una mejor aplicación del modelo propuesto. Apoyados en este enfoque fue posible estructurar un sistema que permita evaluar los objetos de aprendizaje de acuerdo a los intereses de los administradores de los repositorios y teniendo en cuenta diferentes aspectos asociados a estos recursos.

Es posible incluir nuevos agentes que realicen la evaluación de los OAs desde otros enfoques, los cuales deberían calcular métricas específicas que no estén siendo calculadas en otra parte del modelo. Esta es una ventaja del sistema propuesto ya que es posible su posterior crecimiento.

6. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

En este capítulo se presenta la validación del modelo propuesto, la cual se realizó en varios momentos. Por un lado, se aplicaron algunas métricas asociadas a la Capa de Gestión a los OAs de diferentes repositorios y federaciones. Se realizó la evaluación de algunas características asociadas a la percepción de los usuarios a recursos almacenados en algunos repositorios y federaciones, y a los OAs específicos de la Federación de Repositorios FROAC. Finalmente se realizó la implementación de un prototipo denominado EVALOA, que permitió la validación del modelo completo.

A continuación se presenta la implementación y funcionamiento de EVALOA, seguido de los resultados obtenidos en los diferentes momentos de validación.

6.1 EVALOA - Sistema para Evaluación de Objetos de Aprendizaje

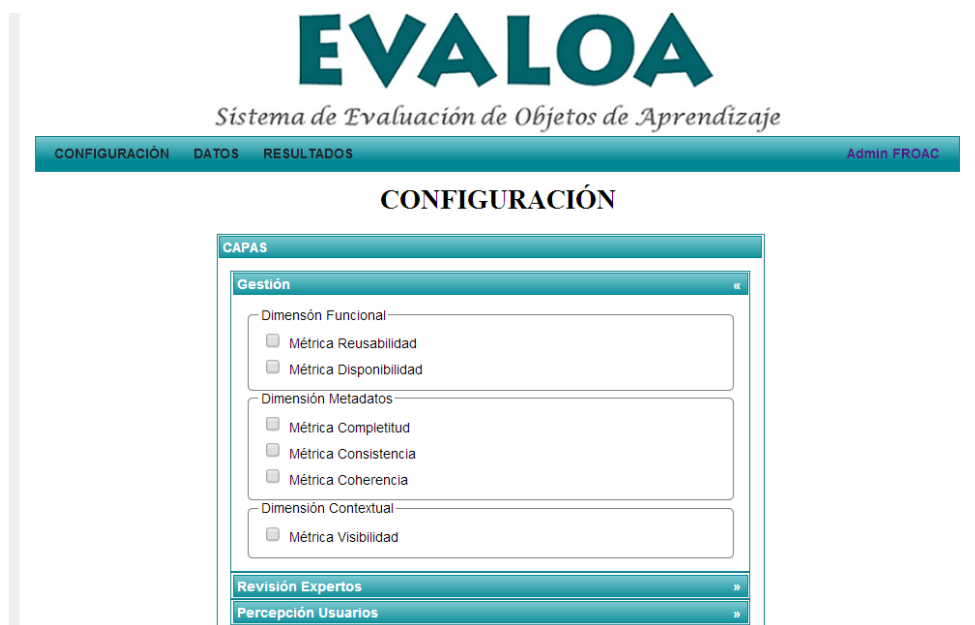
El sistema para evaluación de objetos de aprendizaje denominado EVALOA, se construyó tomando el modelo de evaluación propuesto, y los artefactos realizados durante las etapas de análisis y diseño. Este sistema está orientado a ser una herramienta de gestión de la calidad de los OAs almacenados en repositorios y federaciones. Le permite al administrador identificar características de sus recursos y plantear estrategias a partir de esto.

Es un sistema desarrollado con herramientas libres y multiplataforma, lo que genera una gran ventaja ya que puede ser instalado en cualquier tipo de servidor. Puede realizar la evaluación de los OAs almacenados en diferentes repositorios, ya que permite la parametrización de acuerdo al repositorio o federación que tenga interés en analizar sus recursos. Este sistema podría llegar a convertirse en una importante herramienta para la

gestión, tanto de repositorios como de federaciones, ya que cada vez se reconoce la importancia de la evaluación de la calidad de los recursos, pero su proceso de aplicación es una tarea compleja, lo que podría facilitarse con el uso de EVALOA.

En la Figura 6-1 se muestra una de las interfaces de EVALOA, asociada al módulo que permite realizar la configuración del proceso, donde se definen las capas desde las que se realizará la evaluación y las métricas que se calcularán en cada capa.

Figura 6-1: Interfaz de configuración inicial de EVALOA



Durante la configuración inicial también se debe definir la forma como se organizan los datos a entregar para las diferentes métricas, tales como estructura de metadatos, posibles valores y selección de preguntas. En la Figura 6-2 se presenta la interfaz donde se permite al usuario ingresar la estructura de los metadatos.

Figura 6-2: Interfaz de configuración de estructura de metadatos



Los resultados generados a través del sistema son mostrados al usuario como se presenta en la Figura 6-3. Estos resultados también pueden ser descargados o consultados directamente desde el repositorio.

Figura 6-3: Visualización de resultados del proceso de evaluación



6.2 Validación del Modelo

6.2.1 Validación Métricas Capa de Gestión

Se realizó un proceso de validación de métricas pertenecientes a la Capa de Gestión, en tres repositorios y federaciones seleccionados los cuales fueron: la Federación Educa Brasil (FEB), la Federación de Objetos de Aprendizaje Colombia (FROAC) y el Banco de Objetos de Aprendizaje de la Universidad Nacional de Colombia (BOAUNC). Este proceso de validación fue presentado en (Tabares, Rodríguez, Duque, Vicari, & Moreno, 2012).

Se obtuvieron los metadatos de 100 recursos para cada repositorio con los que se calcularon las métricas de Completitud, Consistencia, Coherencia y Disponibilidad. En el caso de FEB el estándar de metadatos usado es OBAA y éstos fueron obtenidos en formato XML, FROAC trabaja con el estándar LOM y los metadatos fueron obtenidos a través de su interfaz OAI-PMH. Finalmente, BOAUNC que es una iniciativa de la Dirección Nacional de Innovación Académica de la Universidad Nacional de Colombia, también usa el estándar LOM y los metadatos se obtuvieron realizando búsquedas y convirtiendo los metadatos a texto plano.

La Tabla 6-1 muestra los tres mejores y los tres peores puntajes para cada repositorio. La visualización sólo de estos resultados está orientada a permitir una más fácil gestión de los recursos con mayores problemas.

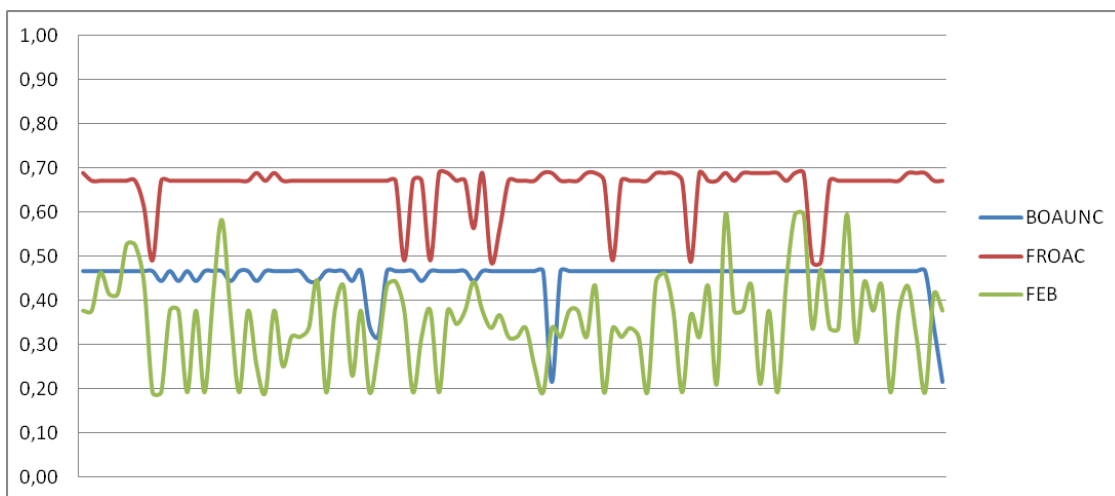
Como se puede observar la Métrica Consistencia en BOAUNC y FEB es muy baja debido a que fueron evaluadas acorde a la definición del estándar y no teniendo en cuenta las definiciones específicas para cada repositorio, lo que disminuye el valor de esta métrica.

Tabla 6-1: Resultados validación de métricas de la Capa de Gestión

Repositorio		Título	Compleitud	Consistencia	Coherencia	Disponibilidad
BOAUNC	mejor	Condicionales	0,63	0,00	0,23	1,00
		Manejo de vectores, TDUs y archivos	0,63	0,00	0,23	1,00
		Diseño de Algoritmos	0,63	0,00	0,23	1,00
	peor	Extracción conocimiento	0,63	0,00	0,23	0,00
		Sistemas multiagentes	0,63	0,00	0,23	0,00
		Sistema de cómputo	0,54	0,00	0,23	0,50
FROAC	mejor	Test TAAC Comparación de Codigos	0,60	1,00	0,23	1,00
		Ontological Agents Model based ...	0,60	1,00	0,23	1,00
		Multiobjective heuristic search in road	0,60	1,00	0,23	1,00
	peor	Agentes de software desde la ...	0,43	1,00	0,10	0,50
		Test TAAC Simulacion Paralela	0,43	1,00	0,10	0,50
		Agentes con arquitectura CBR-BDI	0,43	1,00	0,10	0,50
FEB	mejor	Os profissionais de saúde e ...	0,62	0,27	0,49	1,00
		Um modelo de dados para a saúde /	0,62	0,27	0,49	1,00
		Modelo de avaliação da efetividade ...	0,62	0,27	0,49	1,00
	peor	Bahia [Canal saúde na estrada]	0,54	0,00	0,23	0,00
		Ligado em saúde [Ligado em saúde]	0,54	0,00	0,23	0,00
		Ceará [Canal saúde na estrada]	0,54	0,00	0,23	0,00

El la Figura 6-4 se muestra el comportamiento general de los resultados para cada repositorio, los cuales se ubican en un desfavorable rango menor que 0.6. Esto lleva a concluir que es necesaria una mayor revisión de los OAs almacenados en los repositorios y un mayor compromiso por parte de sus propietarios y/o administradores con esta tarea.

Figura 6-4: Evaluación General por Repositorio



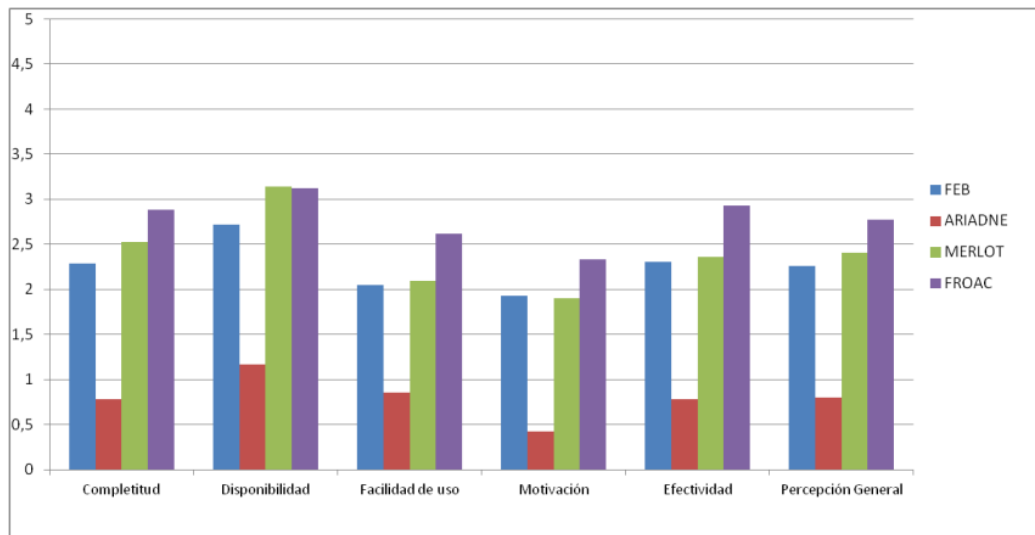
6.2.2 Validación Métricas Capa de Percepción de Usuarios

Para realizar la evaluación de OAs según la percepción de los usuarios, se se realizó una encuesta a estudiantes de diferentes niveles de formación, instituciones y ubicaciones geográficas, en la que no solo se les pidió evaluar algunos de los OAs almacenados en FROAC, sino también en otros repositorios de objetos de aprendizaje ampliamente reconocidos como lo son FEB, ARIADNE y MERLOT. Este proceso de validación fue presentado en (Tabares, Duque, & Baldiris, 2013).

La encuesta pedía a los usuarios que realizaran búsquedas de cuatro términos de búsqueda específicos y seleccionaran los cuatro primeros OAs encontrados, con el fin de que los consultaran y finalmente respondieran preguntas relacionadas con su percepción. Con esta encuesta se logró validar el instrumento propuesto para capturar la percepción del usuario, analizando las preguntas y la forma como debían responder los usuarios.

En la Figura 6-5 se muestran los resultados obtenidos agrupados por repositorio. Como se puede observar se presentan dificultades principalmente respecto a la Motivación hacia el Aprendizaje que generan los OAs, que es un criterio que involucra aspectos pedagógicos lo que requiere de un análisis profundo por parte de las personas encargadas de la construcción de los recursos. Sin embargo el aspecto asociado a la Disponibilidad es de gran preocupación, ya que esto podría atacarse con recursos técnicos y métricas de evaluación que permitan determinar estos problemas antes de mostrarle los OAs al usuario, evitando su desmotivación frente al uso de los repositorios. Igualmente frente a la Completitud de los Metadatos, ya que algunos usuarios encontraron que los metadatos que se están mostrando no son suficientes para entender lo que se encontrará en el contenido del OA, perdiéndose el fin último que es facilitar la búsqueda y recuperación de los recursos.

También se puede observar que MERLOT y FROAC son los que presentan mejores evaluaciones en los seis criterios. Se puede concluir que esto se debe al interés e iniciativas que se han tenido desde estas herramientas respecto a la evaluación de calidad de los OAs, mejorando características de los objetos y con ello la percepción de los usuarios.

Figura 6-5: Resultados Percepción de Usuarios en varios repositorios

6.2.3 Validación Modelo completo

Con el fin de validar el modelo propuesto, se realizó la evaluación de los OAs de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje FROAC, a través del sistema EVALOA. El modelo fue configurado para realizar la evaluación a través de las tres capas propuestas, con todas las métricas disponibles.

El estándar de metadatos utilizado por FROAC es LOM, por lo tanto en el caso de la Capa de Gestión se utilizaron las reglas y pesos planteados como ejemplos en la explicación de las métricas. Esta información puede ser consultada en la Tabla 4-1, Tabla 4-3, Tabla 4-4 y Tabla 4-5. Para las Capas de Revisión de Expertos y Percepción de usuarios se utilizaron todas las preguntas de los instrumentos presentados en la Tabla 4-6 y la Tabla 4-7 respectivamente.

Los formularios para captura de respuestas tanto de expertos como de usuarios fueron implementados en FROAC y se muestran a continuación en la Figura 6-6.

Figura 6-6: Formularios para captura de evaluaciones de expertos y usuarios.

The image displays two side-by-side screenshots of the FROAC web application. The left screenshot shows the 'Evaluación Experto' (Expert Evaluation) form. It features a navigation bar with 'Bienvenido experto' and 'Cerrar sesión'. Below the header, there are tabs for 'Dimensión Educativa', 'Dimensión de Contenido', 'Dimensión Estética', and 'Dimensión Funcional'. The 'Dimensión Educativa' tab is active, showing a question: '1. En qué nivel se logran identificar los objetivos educativos que pretende cubrir el OA.' followed by a star rating. The right screenshot shows the 'Evaluación OA' (OA Evaluation) form. It has a navigation bar with 'Inicio', 'Acerca de FROAC', 'Equipo FROAC', 'Comunidad FROAC', and 'GAIA'. The main content area contains a list of 7 evaluation questions, each with a star rating. The questions are: 1. 'En qué nivel el OA lo motivó a seguir consultando sobre el tema', 2. 'En qué nivel el contenido encontrado le permitió aprender sobre el tema', 3. 'En qué nivel el OA le parece agradable', 4. 'Pudo acceder al contenido del OA (0=No 5=Sí)', 5. 'Califique la facilidad a la hora de interactuar con el OA', 6. 'En qué grado los metadatos describen el contenido encontrado', and 7. 'En qué nivel el este OA fue importante y estaba relacionado con lo que esperaba encontrar'. Both forms have 'Enviar Calificación' and 'Cancel' buttons at the bottom.

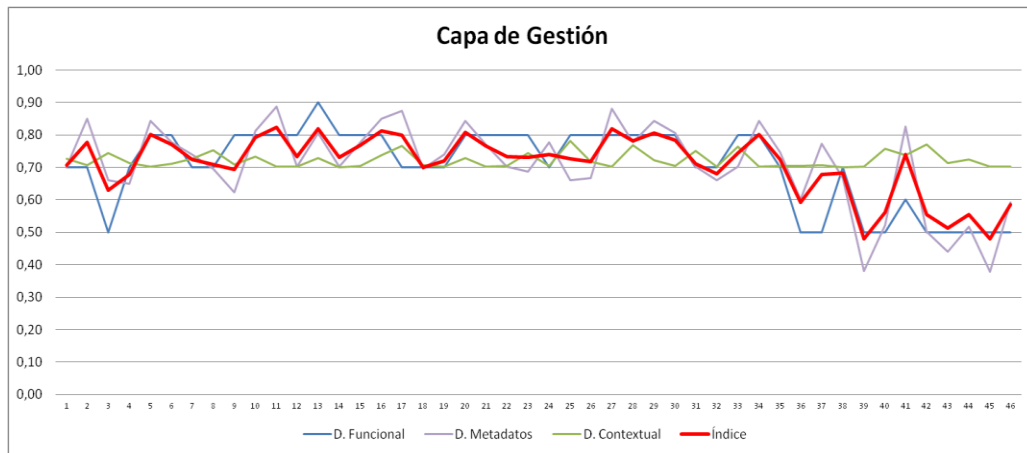
Los datos para el cálculo de las métricas de la Capa de Percepción de Expertos se obtuvieron pidiéndole a un grupo de profesores y estudiantes de posgrado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, que realizaran la evaluación de los primeros 10 OAs que aparecían como resultado de los términos de búsqueda: software, algoritmo, auditoría y sistemas. Se contó con expertos específicos del área de conocimiento, con expertos en el área de educación y con expertos en temas relacionados con recursos educativos digitales.

Para la captura de los datos asociados a la Capa de Percepción de los Usuarios, se trabajó con un grupo de 27 estudiantes del pregrado Administración de Sistemas Informáticos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, inscritos en la asignatura Gestión de Recursos Educativos la cuál fue propuesta en el marco de los trabajos de investigación adelantados por el Grupo de Ambientes Inteligentes Adaptativos - GAIA, entre los que se encuentra la presente Tesis. Al igual que con los expertos, se les pidió que interactuaran con los OAs que salían como resultado de búsqueda de los términos software, algoritmo, auditoría y sistemas, para después evaluarlos a través del instrumento propuesto e implementado en FROAC.

Tanto por parte de expertos como de usuarios se obtuvieron las respuestas para 46 OAs, por lo que el cálculo de las métricas asociadas a la Capa de Gestión solo se hicieron para estos objetos.

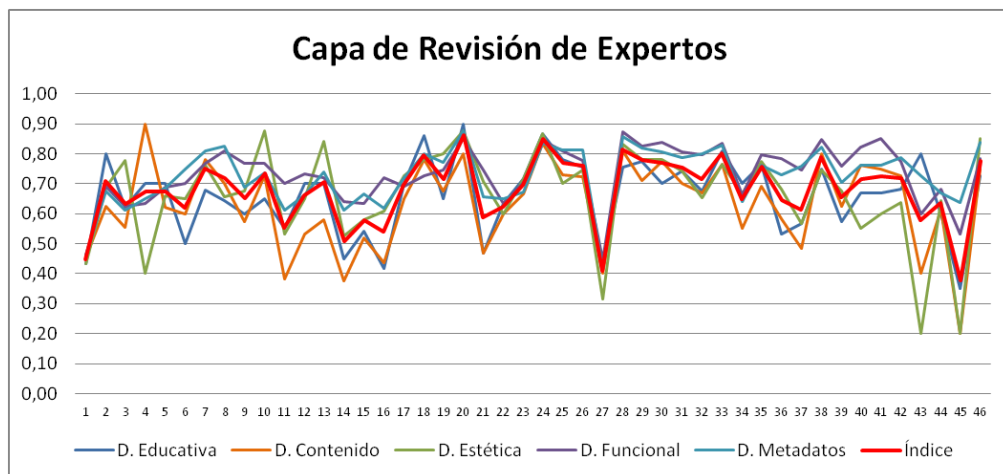
Para la Capa de Gestión se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 6-7. La Dimensión Contextual mantiene valores similares para todos los OAs. Se resaltan los bajos niveles de calificación para la Dimensión Funcional, ya que es necesario tomar algunas medidas porque las métricas involucradas son la disponibilidad y reusabilidad del OA, dos aspectos fundamentales asociados a su calidad.

Figura 6-7: Resultados Evaluación Capa de Gestión



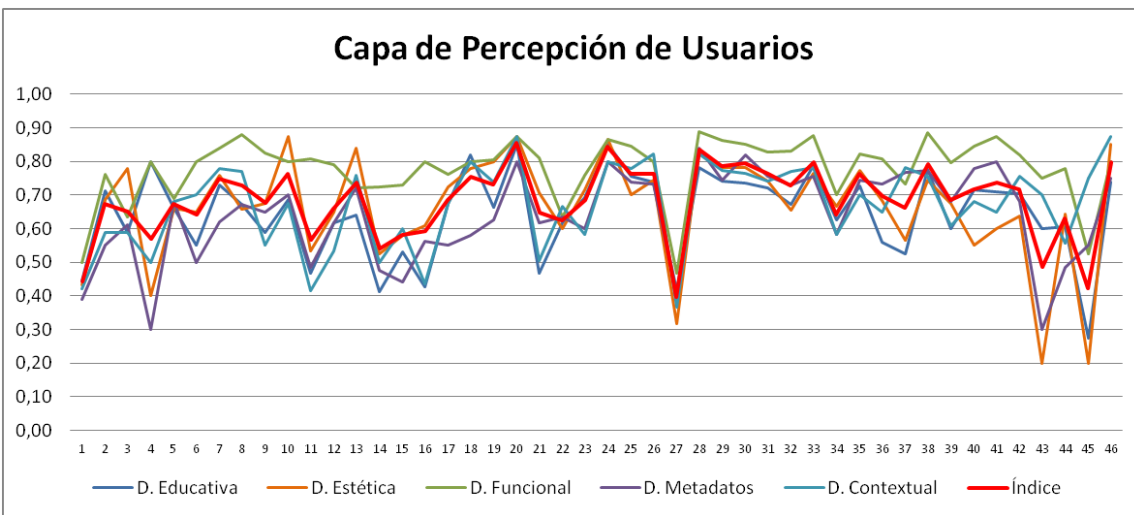
Los resultados de la Capa de Revisión de Expertos son mostrados en la Figura 6-8, donde se puede observar que la Dimensión Estética es la que presenta los menores valores respecto a las otras dimensiones. Contrario a esto la Dimensión Educativa es la que presenta los valores más altos.

Figura 6-8: Resultados Evaluación Capa de Revisión de Expertos



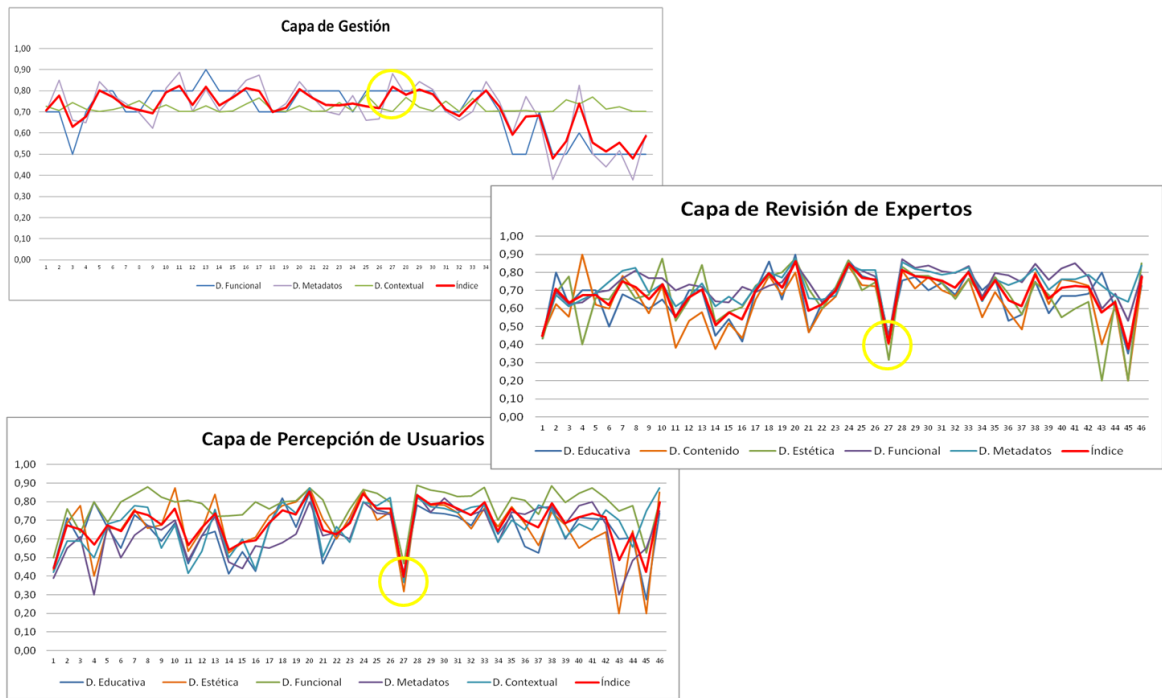
La percepción de usuarios en términos generales demuestra que es necesario mejorar principalmente aspectos relacionados con la Dimensión Educativa y con la Dimensión de Metadatos. También se lograron identificar casos de algunos OAs que presentan problemas en todas las dimensiones. En la Figura 6-9 se muestran el comportamiento general de los resultados obtenidos.

Figura 6-9: Resultados Evaluación Capa de Percepción de Usuarios



Finalmente en la Figura 6-10 se muestran las tres figuras anteriores, resaltando un caso que llama la atención. Uno de los OAs presenta buenos resultados para las métricas evaluadas en la Capa de Gestión, lo que llevaría a pensar que es un recurso de calidad. Sin embargo, para la Capa de Revisión de Expertos y la Capa de Percepción de Usuarios los resultados son muy bajos para todas las dimensiones. Esta situación refleja la importancia de evaluar los OAs desde diferentes visiones, ya que podría concluirse que el objeto en cuestión tiene un conjunto de metadatos diligenciado de forma correcta y que cumple con las reglas del repositorio, mientras que su contenido no está de acuerdo con las expectativas ni de los expertos, ni de los usuarios.

Figura 6-10: Comparación resultados obtenidos



Con los resultados obtenidos, en FROAC se implementó un mecanismo de visualización para el usuario a través de unas barras en la parte donde se muestran los metadatos de los OAs. Cada barra indica su nivel de cumplimiento respecto una dimensión. Esto se realizó con el fin de que el usuario pueda conocer un poco más sobre la calidad del recurso que va a visualizar, además se evidencia el interés que tiene la federación de mejorar los objetos que tiene disponibles y con esto la experiencia de los usuarios cuando utiliza sus servicios. Un ejemplo de esto se presenta en la Figura 6-11.

Figura 6-11: Visualización de resultados a través de FROAC



6.3 Conclusiones del Capítulo

Con el desarrollo de EVALOA se demuestra la viabilidad de implementación que tiene el modelo propuesto para evaluación de la calidad de OAs de diferentes repositorios y federaciones.

Fue un aporte significativo realizar la evaluación de los OAs de la federación FROAC, ya que esto permitió identificar algunas debilidades asociadas a la calidad de los objetos, para su posterior mejora. Además, esto confirma la necesidad que tienen los administradores de los diferentes repositorios y federaciones, de contar con una herramienta que apoye el proceso de gestión de los recursos.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

7.1 Conclusiones

La Tesis de Maestría presentada se propuso como objetivo definir un modelo por capas para evaluación basado en métricas de la calidad de Objetos de Aprendizaje en Repositorios, partiendo de la identificación de algunos vacíos encontrados en la revisión de la literatura especializada como son la falta de modelos generalizados que permitieran la evaluación de OAs desde diferentes enfoques y las especificaciones concretas para el cálculo de las diferentes métricas.

Como resultado final el modelo permite la evaluación de OAs almacenados en repositorios y federaciones. Se propone un modelo genérico, del cual se desprende un modelo concreto con un total de tres capas que están orientadas a realizar este proceso desde diferentes actores o tipos de información. Se tiene la capa de gestión que utiliza los datos suministrados por el administrador del repositorio tales como metadatos y estadísticas de uso, la capa de revisión de expertos que utiliza las respuestas dadas en un proceso de análisis de los OAs y la capa de percepción de usuario que se basa en las respuestas dadas por los diferentes usuarios después de interactuar con los recursos.

Las características con las que debe cumplir el OA están agrupadas por un total de seis dimensiones que permiten establecer el nivel de cumplimiento de algunas variables asociadas con aspectos educativos, de contenido, funcionales, estéticos, de metadatos y del contexto de utilización de los OAs. El modelo está orientado a que sea el administrador del ROA quien defina cuales métricas calcular y las ponderaciones necesarias para la integración de los resultados. Esto es un valor agregado ya que el modelo se adecua a las condiciones específicas de cada repositorio y permite obtener resultados más ajustados a los intereses y necesidades.

Tanto en el proceso de construcción del modelo como en su validación, se corroboraron los problemas de calidad de los OAs en repositorios y federaciones, lo que demuestra que es necesario realizar procesos de evaluación que permitan detectar problemas asociados con diferentes características. Dado que los problemas están asociados con diferentes dimensiones, se requiere que la evaluación se haga desde aspectos educativos, de contenido, funcionales, estéticos, de metadatos y del contexto de utilización de los OAs.

Adicionalmente, existen varios actores involucrados por lo tanto una evaluación por capas como la propuesta permitió aprovechar las valoraciones manuales y cálculos automáticos, definiendo métricas a partir de las cuales se pueden obtener índices por capas o dimensiones y un índice global para cada OA.

La propuesta presentada en este trabajo permite que a partir de los intereses de cada repositorio se definan las capas, dimensiones y métricas y los parámetros asociados, convirtiéndose en una herramienta para la gestión de la calidad de los OAs

7.2 Trabajo Futuro

Como trabajo futuro se plantea el crecimiento del modelo con capas que evalúen los OAs desde otros enfoques. También se espera ampliar la cantidad de métricas, principalmente las asociadas a las dimensiones educativas y de contenido.

Se plantea la inclusión de una métrica de Accesibilidad con el fin de verificar si el OA cumple con las condiciones necesarias para atender personas con necesidades especiales de educación.

Se piensa en crear un mecanismo que permita que en la práctica, cualquier repositorio pueda usar como servicio el modelo propuesto y aprovechar personalmente esta herramienta de gestión.

Bibliografía

- Academic ADL, C.-L. (2013). Finding and Sharing eLearning Objects. *Standards Based Interoperability and Federated Repositories*. Retrieved from http://www.academiccolab.org/resources/Finding_Sharing.pdf
- AGREGA. (2013). Proyecto Agrega. Retrieved from <http://www.proyectoagrega.es>
- Alfano, C. S., & Henderson, S. L. (2007). Repositories. In *Learning Objects for Instruction: Design and Evaluation* (pp. 16 – 28).
- ARIADNE. (2013). Asociación Europea Abierta al Mundo. Retrieved from <http://www.ariadne-eu.org/>
- Astudillo, G. J., Sanz, C. V., & Willging, P. (2012). Repositorios de Objetos de Aprendizaje: un espacio de búsqueda centrado en lo educativo. In *VII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*.
- Barker, P. (2005). What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata? *CETIS Standards Briefing Series, JISC (Joint Information Systems Committee of the Universities' Funding Councils)*.
- Bayer, P., & Svantesson, M. (2001). Comparison of Agent-Oriented Methodologies. *First Blekinge Institute of Technology Student Work-shop on Agent Programming*, 1–13.
- Bellifemine, F., Poggi, A., & Rimassa, G. (1999). JADE—A FIPA-compliant agent framework. *Proceedings of PAAM*, 99, 97 – 108.
- Borlund, P. (2003). The Concept of Relevance in IR. *Journal of the American Society for Information Science*, 54(10), 913–925.
- Bruce, T. R., & Hillmann, D. I. (2004). The Continuum of Metadata Quality: Defining, Expressing, Exploiting. In *Metadata in Practice*.
- Bui, Y., & Park, J. (2006). An Assessment of Metadata Quality: A Case Study of the National Science Digital Library Metadata Repository.
- Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., & Sicilia, M.-Á. (2012). Avaliação Automática da Qualidade de Objetos de Aprendizagem dentro de Repositórios. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 20(03), 43–59. doi:10.5753/RBIE.2012.20.03.43
- Chiappe L., A. (2006). *Modelo de Diseño Instruccional basado en Objetos de Aprendizaje: aspectos relevantes*. Universidad de la Sabana.

- Collazos, C., Pantoja, L., Hernández, U., Solarte, M., Agredo, G., & Vasquez, G. (2007). Evaluando Objetos de Aprendizaje: Un Caso Práctico en la Enseñanza de la Electrónica. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 4(1), 137 – 144.
- Duncan, C. (2004). Learning Object Economies: Barriers and Drivers. *eLearnInternational*.
- Duque M., N. (2009). *Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados - Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Duval, E. (2006). LearnRank: Towards a real quality measure for learning. *Handbook on quality and standardisation in E-learning*, 457–463.
- FEB. (2011). Federação de Repositórios Educa Brasil. Retrieved from <http://feb.ufrgs.br/>
- Frango S, I., Nizam, O., & Notargiacomo, P. (2007). Architecture of Learning Objects Repositories. In *Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories, and LCMS* (pp. 131–156).
- Gamboa, R. M., Xavier, U. D. G., & Chehab, O. (2008). LA FLOR – Repositorio Latinoamericano de Objetos de Aprendizaje.
- García, F. J. (2000). Modelo de Reutilización Soportado por Estructuras Complejas de Reutilización Denominadas Mecanos. In *Colecciones Vítor; 53. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca*.
- GLOBE. (2012). Global Learning Objects Brokering Exchange. Retrieved from <http://globe-info.org/>
- GLOBE Metadata Application Profile Specification Document. (2013), (February).
- Heery, Rachel, Anderson, & Sheila. (2005). Digital Repositories Review. *UKOLN - University of Bath Arts and Humanities Data Services*. Retrieved from http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/digital-repositories-review-2005.pdf
- Hughes, B. (2004). Metadata Quality Evaluation: Experience from the Open Language Archives Community. *Digital Libraries: International Collaboration and Cross-Fertilization*, 320–329.
- Iglesias Fernández, C. Á. (1998). *DEFINICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS MULTIAGENTE*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Kay, R. H., Knaack, L., & Vaidehi, V. (2008). A Multi-component Model for Assessing Learning Objects: The Learning Object Evaluation Metric (LOEM). *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(5), 574–591.

- Kurilovas, E., & Dagiene, V. (2009). Learning Objects and Virtual Learning Environments Technical Evaluation Criteria. *Electronic Journal of e-Learning*, 7(2), 127–136.
- LA_FLOR. (2013). Federación Latinoamericana de Repositorios de Objetos de Aprendizaje. Retrieved from <http://laflor.laclo.org/>
- Learning Technology Standards Committee. (2002). IEEE Standard for Learning Object Metadata. *Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York*.
- López G, C., & García P, F. J. (2006). Repositorios de Objetos de Aprendizaje: Bibliotecas para compartir y reutilizar recursos en los entornos E-Learning. *Biblioteca Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México.*, 9(002), 99–107.
- López G, C., Guzmán López, C., & García Peñalvo, F. J. (2005). *Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning*. Universidad de Salamanca.
- López, M., Monesma, F., García, B., & Sánchez-Alonso, S. (2008). Índice Genérico de Reusabilidad para Objetos de Aprendizaje Basado en la Información de Metadatos. In *V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. SPDECE08, Salamanca*.
- Margaritopoulos, T., Mavridis, I., Margaritopoulos, M., & Manitsaris, A. (2008). A Conceptual Framework for Metadata Quality Assessment. *Proc. Int'l Conf. on Dublin Core and Metadata Applications*, 104–113.
- Massa, S. M. (2012). *Objetos de Aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de la Calidad*. Universidad Nacional de La Plata.
- McGreal, R. (2008). A Typology of Learning Object Repositories. In *Handbook on Information Technologies for Education and Training* (pp. 5 – 28). doi:10.1007/978-3-540-74155-8_1
- Mendes, R., Inácio, V., & Caregnato, S. (2006). A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem. *Proceedings CINFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação V, Salvador - Bahia*.
- Menéndez, V. H., Castellanos, M. E., Vidal, C., & Segura, A. (2012). Un Modelo de Calidad de Objetos de Aprendizaje basado en la Semántica de sus Metadatos. *LACLO 2012 - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje*, 3(1).
- Ministerio de Educación Nacional. (2012a). Recursos Educativos Digitales Abiertos Colombia - REDA. Bogotá - Colombia.

- Ministerio de Educación Nacional. (2012b). Criterios y recomendaciones para la Evaluación de Recursos Educativos Digitales Abiertos y la Indexación de Repositorios Institucionales.
- Morales, E., García, F. J., Barrón, Á., Berlanga, A. J., & López, C. (2005). Propuesta de Evaluación de Objetos de Aprendizaje. In *II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos, SPEDECE. 2005*.
- Morales, E., Gil, A., & García, F. (2007). Arquitectura para la Recuperación de Objetos de Aprendizaje de calidad en Repositorios Distribuidos. *SCHA: Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos. II Congreso Español de Informática CEDI 2007, 1, 31–38*.
- Nesbit, J., Belfer, K., & Leacock, T. (2003). Learning Object Review Instrument (LORI) - User Manual.
- Nesbit, J., Belfer, K., & Vargo, J. (2002). A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects. *Canadian Journal of Learning and Technology, 28*(3).
- Nichols, D., Chan, C., & Bainbridge, D. (2008). A Tool for Metadata Analysis. Hamilton, New Zealand.
- Noor, S. F. M., Yusof, N., & Hashim, S. Z. M. (2009). A Metrics Suite for Measuring Reusability of Learning Objects. *Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, 961–963*. doi:10.1109/ISDA.2009.114
- Nwana, H. S. ., Ndumu, D. T. ., Lee, L. C. ., & . J. C. (1997). ZEUS : A Collaborative Agents Tool-Kit. *Proceedings of the 2nd uk workshop on foundations of multi-agent systems, 45 – 52*.
- Ochoa, X. (2005). Learning Object Repositories are Useful, but are they Usable? *IADIS International Conference on Applied Computing, 138–144*.
- Ochoa, X. (2008). *Learnometrics: Metrics for Learning Objects - Tesis Doctoral*. Katholieke Universiteit Leuven.
- Park, J.-R., & Tosaka, Y. (2010). Metadata Quality Control in Digital Repositories and Collections: Criteria, Semantics, and Mechanisms. *Cataloging & Classification Quarterly, 48*(8), 696–715. doi:10.1080/01639374.2010.508711
- Rodríguez, P. A., Isaza, G., & Duque, N. D. (2011). Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante. *CAVA 2011*.
- Rosanigo, Z., Bianchi, G., Bramati, P., Paur, A., Living, E., & Saenz Lopez, M. (2007). Hacia un repositorio de objetos de aprendizaje. In *Memorias IX WICC, Trelew, Chubut. 701- 705 (ISBN 978-950-763-075-0)*.

- Ruiz G, R. E., Muñoz A, J., & Álvarez R, F. J. (2007). Evaluación de Objetos de Aprendizaje a través del Aseguramiento de Competencias Educativas. *Virtual Educa*.
- Sanz, J. (2010). *Evaluación Apriorística de la Reusabilidad de los Objetos de Aprendizaje*. Universidad de Alcalá de Henares.
- Sanz, J., Sánchez, S., & Dodero, J. M. (2009). Reusability Evaluation of Learning Objects Stored in Open Repositories Based on Their Metadata. *Communications in Computer and Information Science*, 46(2), 193–202. doi:10.1007/978-3-642-04590-5_18
- Schamber, L., Eisenberg, M. B., & Nilan, M. S. (1990). A re-examination of relevance: Toward a dynamic, situational definitio*. *Information Processing & Management*, 26(6), 755–776.
- Sicilia, M. A., García, E., Salvador, A., & Soto, J. (2005). A Semantic Lifecycle Approach to Learning Object Repositories. In IEEE (Ed.), *Telecommunications, 2005. aict/sapir/elete 2005* (pp. 466–471).
- Sycara, K. P. (1998). Multiagent Systems. *AI Magazine*, 19(2), 79–92.
- Tabares, V., Duque, N., & Baldiris, S. (2013). Calidad de Objetos de Aprendizaje en FROAC desde la Percepción del Usuario. *Congreso Internacional en Ambientes Virtuales de Aprendizajes Accesibles y Adaptativos - CAVA 2013, En Evaluac.*
- Tabares, V., Duque, N., & Moreno, J. (2011). Análisis experimental de la utilidad en la recuperación de objetos de aprendizaje desde repositorios remotos. In *Congreso Internacional en Ambientes Virtuales de Aprendizajes Accesibles y Adaptativos - CAVA 2011*.
- Tabares, V., Rodríguez, P. A., Duque, N. D., & Moreno, J. (2012). Modelo Integral de Federación de Objetos de Aprendizaje en Colombia - más que búsquedas centralizadas. In *Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje - LACLO 2012* (Vol. 3, pp. 410–418).
- Tabares, V., Rodríguez, P., Duque, N., Vicari, R., & Moreno, J. (2012). Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index. *Revista Respuestas*, (1), 48–54.
- Van de Sompel, H., & Chute, R. (2008). The aDORe federation architecture : digital repositories at scale. *International Journal*, (9), 83–100. doi:10.1007/s00799-008-0048-7
- Vargo, J., Nesbit, J. C., Belfer, K., & Archambault, A. (2003). Learning Object Evaluation: Computer-Mediated Collaboration and Inter-Rater Reliability. *International Journal of Computers and Applications*, 25(3).

- Vicari, R., Bez, M., Marques, J., Ribeiro, A., Gluz, C., Passerino, L., ... Roesler, V. (2010). Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). *Novas Tecnologias na Educação*, 8(2).
- Vicari, R., Bez, M., Marques, J., Ribeiro, A., Gluz, J. C., Santos, E., ... Bordignon, A. (2012). Proposta de Padrão de Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). In *LACLO 2012 - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje*.
- Vicari, R. M. (2009). FEB - Federação de Repositórios Educa Brasil (RT5 – Avaliação dos resultados do piloto). *Projeto OBAA*.
- Vicari, R. M., Ribeiro, A., Marques, J., Rizzon Santos, E., Primo, T., Bez, M., & Santos, R. (2010). Brazilian Proposal for Agent-Based Learning Objects Metadata Standard - OBAA. In *Metadata and Semantic Research* (pp. 300 – 3011). Springer Berlin Heidelberg.
- Vidal, C., Segura, A., Campos, P., & Sánchez-Alonso, S. (2010). Quality in Learning Objects: Evaluating Compliance with Metadata Standards. *Metadata and Semantic Research. Communications in Computer and Information Science*, 108, 342–353.
- Vidal, C., Segura, A., & Prieto, M. (2008). Calidad en Objetos de Aprendizaje. *V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables, SPEDECE 08*, 9126(parte 1).
- Weibel, S. L., & Koch, T. (2000). The Dublin Core Metadata Initiative: Mission, Current Activities, and Future Directions. *D-Lib Magazine*, 6(12).
- Wiley, D. A. (2001). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy, 2830(435), 1–35.
- Wooldridge, M. (1999). *Multiagent Systems Intelligent Agents. Prologue Quarterly Of The National Archives* (p. 609).
- Wooldridge, M., Jennings, N. R., & Kinny, D. (1999). A methodology for agent-oriented analysis and design. *Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents - AGENTS '99*, 69–76. doi:10.1145/301136.301165
- Yen, N. Y., Shih, T. K., Member, S., Chao, L. R., & Jin, Q. (2010). Ranking Metrics and Search Guidance for Learning Object Repository. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3(3), 250–264.