

UNIVERSIDAD DE ÁLCALA DE HENARES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, ESCUELA POLITÉCNICA



**TESIS DOCTORAL**

EVALUACIÓN APRIORÍSTICA DE LA REUSABILIDAD DE  
LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE

**Autor:**

Javier Sanz Rodríguez  
*Licenciado en Informática*

**Directores:**

Dr. Salvador Sánchez Alonso  
*Doctor en Informática*  
*Universidad de Alcalá de Henares*

Dr. Juan Manuel Dodero Beardo  
*Doctor en Informática*  
*Universidad de Cádiz*

Alcalá de Henares, 2010



*A Amelia, por todo*



# Índice General

Índice General	I
Índice de Tablas	III
Índice de Figuras	V
Resumen	VII
Abstract	IX
Agradecimientos	XI
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	5
1.3. Método general . . . . .	6
1.4. Método de evaluación . . . . .	8
1.5. Estructura del documento . . . . .	9
<b>2. Estado de la cuestión</b>	<b>10</b>
2.1. E-learning . . . . .	10
2.2. Recursos educativos . . . . .	13
2.2.1. Recursos educativos abiertos . . . . .	13
2.2.2. Objetos de aprendizaje . . . . .	14
2.2.3. Estandarización . . . . .	16
2.2.4. Metadatos . . . . .	18
2.2.5. Empaquetado y organización de recursos educativos . . . . .	24
2.2.5.1. IMS Content Packaging Specification . . . . .	24
2.2.5.2. IMS Simple Sequencing Specification . . . . .	24
2.2.5.3. IMS Question and Test Interoperability . . . . .	24
2.2.6. SCORM . . . . .	25
2.2.7. Diseños de aprendizaje . . . . .	25
2.2.8. Competencias . . . . .	26

2.2.9.	Interacción entre sistemas . . . . .	27
2.3.	Repositorios . . . . .	28
2.3.1.	eLera . . . . .	31
2.3.2.	Merlot . . . . .	32
2.3.3.	Connexions . . . . .	33
2.3.4.	National Learning Network (NLN) . . . . .	33
2.3.5.	FREE . . . . .	34
2.3.6.	MIT OCW . . . . .	35
2.3.7.	Gateway to Educational Materials (GEM) . . . . .	36
2.3.8.	EducaMadrid . . . . .	36
2.3.9.	Educarex . . . . .	37
2.3.10.	Agrega . . . . .	37
2.3.11.	Problemas en el uso de los metadatos en los repositorios . . . . .	37
2.4.	Mecanismos de evaluación de los objetos de aprendizaje . . . . .	41
2.4.1.	Evaluación de los objetos de aprendizaje en repositorios . . . . .	44
2.4.1.1.	eLera . . . . .	45
2.4.1.2.	Merlot . . . . .	47
2.4.1.3.	Connexions . . . . .	48
2.4.1.4.	Dlnet . . . . .	48
2.4.2.	Carencias de las evaluaciones realizadas en repositorios . . . . .	49
2.4.3.	Integración de las diferentes medidas de calidad de los objetos de aprendizaje . . . . .	51
2.5.	Reutilización de los objetos de aprendizaje . . . . .	54
2.5.1.	Aspectos que influyen en la reusabilidad . . . . .	55
2.5.2.	Iniciativas para favorecer la reutilización de los objetos de aprendizaje . . . . .	57
2.5.3.	Propuestas de indicadores de reusabilidad . . . . .	63
2.6.	Resumen . . . . .	67
<b>3.</b>	<b>Planteamiento del problema</b>	<b>69</b>
3.1.	Carencias en las iniciativas para favorecer la reutilización de los objetos de aprendizaje . . . . .	69
3.2.	Limitaciones de los indicadores actuales de reusabilidad . . . . .	71
3.2.1.	Medida de esfuerzo de adaptación de Zimmermann . . . . .	72
3.2.2.	Métricas de relevancia de Ochoa y Duval . . . . .	73
3.2.3.	Métrica de índice de reusabilidad de López et al. . . . .	73
3.2.4.	Métricas de reusabilidad de Cuadrado y Sicilia . . . . .	74
3.3.	Razones que justifican la propuesta de nuevas métricas de reusabilidad . . . . .	74
3.4.	Resumen . . . . .	76
<b>4.</b>	<b>Diseño de la solución: Evaluación de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje</b>	<b>77</b>
4.1.	Definición de las métricas elegidas para medir la reusabilidad . . . . .	78

4.1.1.	Cohesión . . . . .	79
4.1.2.	Acoplamiento . . . . .	82
4.1.3.	Tamaño y complejidad . . . . .	82
4.1.4.	Portabilidad . . . . .	84
4.1.4.1.	Portabilidad tecnológica . . . . .	84
4.1.4.2.	Portabilidad educativa . . . . .	85
4.1.5.	Facilidad de comprensión . . . . .	86
4.1.6.	Cumplimiento de estándares . . . . .	87
4.2.	Formulación del modelo . . . . .	87
4.2.1.	Media ponderada . . . . .	89
4.2.2.	Integral de Choquet . . . . .	90
4.2.3.	Regresión lineal múltiple . . . . .	91
4.3.	Integración de las diferentes medidas de calidad de los objetos de aprendizaje en una medida de relevancia . . . . .	92
4.4.	Resumen . . . . .	97
<b>5.</b>	<b>Evaluación</b>	<b>99</b>
5.1.	Introducción . . . . .	99
5.2.	Evaluación de la medida de reusabilidad de los objetos de aprendizaje . . . . .	100
5.2.1.	Muestra de datos . . . . .	100
5.2.1.1.	Caso C1 – eLera . . . . .	100
5.2.1.2.	Caso C2 – Merlot . . . . .	101
5.2.2.	Evaluaciones en Merlot y eLera . . . . .	101
5.2.2.1.	Recolección de datos . . . . .	101
5.2.2.2.	Caso C1 – eLera . . . . .	101
5.2.2.3.	Caso C2 – Merlot . . . . .	102
5.2.3.	Valoración de las métricas de reusabilidad . . . . .	102
5.2.4.	Carencias encontradas en el uso de metadatos . . . . .	103
5.2.4.1.	Origen de los metadatos . . . . .	103
5.2.4.2.	Corrección de los metadatos . . . . .	104
5.2.4.3.	Correspondencia entre los <i>perfiles de aplicación</i> de eLera y Merlot y el estándar LOM . . . . .	106
5.2.4.4.	Metadatos desestructurados . . . . .	107
5.2.4.5.	Diferentes espacios de valores . . . . .	107
5.2.4.6.	Compleción de los metadatos . . . . .	108
5.2.5.	Técnicas de validación de la eficacia del modelo . . . . .	109
5.3.	Resultados caso C1 – eLera – . . . . .	111
5.3.1.	Media aritmética ponderada . . . . .	111
5.3.1.1.	Magnitud media del error absoluto . . . . .	112
5.3.1.2.	Magnitud media del error relativo . . . . .	112
5.3.1.3.	Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada . . . . .	112
5.3.1.4.	Calidad de la Predicción . . . . .	113

5.3.2.	Integral de Choquet . . . . .	113
5.3.2.1.	Magnitud media del error absoluto . . . . .	115
5.3.2.2.	Magnitud media del error relativo . . . . .	116
5.3.2.3.	Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada . . . . .	116
5.3.2.4.	Predicción de nivel 1 . . . . .	116
5.3.3.	Regresión lineal múltiple . . . . .	116
5.3.3.1.	Magnitud media del error absoluto . . . . .	120
5.3.3.2.	Magnitud media del error relativo . . . . .	120
5.3.3.3.	Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada . . . . .	120
5.3.3.4.	Calidad de la predicción . . . . .	120
5.3.3.5.	Ajuste del modelo de regresión lineal. Detección de valores anómalos . . . . .	121
5.3.3.6.	Magnitud media del error absoluto . . . . .	126
5.3.3.7.	Magnitud media del error relativo . . . . .	126
5.3.3.8.	Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada . . . . .	127
5.3.3.9.	Calidad de la predicción . . . . .	127
5.3.4.	Resumen de los métodos de agregación en el caso C1 –eLera– . . . . .	128
5.4.	Resultados caso C2 – Merlot – . . . . .	129
5.5.	Evaluación de la correlación entre los diferentes indicadores de calidad de los objetos de aprendizaje . . . . .	132
5.5.1.	Correlación entre las valoraciones explícitas provenientes de expertos y usuarios. . . . .	132
5.5.2.	Correlación entre las valoraciones explícitas y las valoraciones empíricas. . . . .	133
5.5.3.	Correlación entre las diferentes valoraciones empíricas . . . . .	133
5.5.4.	Correlaciones con el indicador de reusabilidad basado en metadatos . . . . .	134
5.5.5.	Correlación entre indicadores de las tres categorías . . . . .	135
5.6.	Integración de los indicadores de calidad en una medida de relevancia . . . . .	136
5.6.1.	Agregación de indicadores de calidad mediante SFO . . . . .	138
5.7.	Resumen . . . . .	138
<b>6.</b>	<b>Conclusiones</b> . . . . .	<b>141</b>
6.1.	Resumen de objetivos y de su evaluación . . . . .	141
6.1.1.	Limitaciones . . . . .	142
6.2.	Conclusiones . . . . .	143
6.2.1.	Referentes a metadatos . . . . .	143
6.2.2.	Referentes al cálculo de la reusabilidad basada en metadatos . . . . .	143
6.2.3.	Referentes a la integración de los indicadores de calidad en una medida de relevancia . . . . .	144
6.3.	Aportaciones originales . . . . .	145



6.4. Líneas de trabajo futuras . . . . .	145
6.5. Publicaciones derivadas de la investigación . . . . .	146
<b>A. Tablas de valoración</b>	<b>149</b>
A.1. Ejemplo de valoración de métricas por expertos . . . . .	149
A.2. Tablas de valoraciones de las métricas de reusabilidad e indicadores de calidad de los objetos de aprendizaje . . . . .	150
A.2.1. Caso E1 –eLera– . . . . .	151
A.2.2. Caso E2 –Merlot– . . . . .	156
<b>Bibliografía</b>	<b>177</b>



# Índice de tablas

1.1. Resumen de los métodos de evaluación . . . . .	8
2.1. Características de los repositorios. . . . .	31
4.1. Resumen de los aspectos que determinan la reusabilidad. . . . .	78
4.2. Valores posibles para medir la cohesión de un objeto de aprendizaje. . . . .	81
4.3. Valores posibles para medir el tamaño de un objeto de aprendizaje. . . . .	83
4.4. Valores posibles para medir la portabilidad tecnológica de un objeto de aprendizaje. . . . .	85
4.5. Valores posibles para medir la portabilidad educativa de un objeto de aprendizaje. . . . .	86
4.6. Ponderación de cada métrica . . . . .	90
5.1. Caracterización de los expertos de eLera . . . . .	102
5.2. Elementos de metadatos del perfil de aplicación de eLera . . . . .	103
5.3. Elementos de metadatos del perfil de aplicación de Merlot . . . . .	105
5.4. Elementos de metadatos de LOM, Merlot y eLera necesarios para el cálculo de cada métrica. . . . .	106
5.5. Formato de los valores de los metadatos en LOM, Merlot y eLera. . . . .	108
5.6. Presencia de valores en elementos de metadatos opcionales. . . . .	109
5.7. Criterios de calificación de modelos de estimación . . . . .	111
5.8. Magnitud media del error absoluto –Media aritmética ponderada– . . . .	112
5.9. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Media aritmética ponderada– . . . . .	113

5.10. Correlación de Spearman entre métricas . . . . .	114
5.11. Correlación Tau de Kendall entre métricas . . . . .	114
5.12. Tabla de capacidades Choquet . . . . .	115
5.13. Magnitud media del error absoluto –Choquet– . . . . .	115
5.14. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Choquet–	116
5.15. Regresión lineal múltiple –Ajuste inicial– . . . . .	118
5.16. Análisis de Varianza –Ajuste inicial– . . . . .	119
5.17. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Ajuste inicial– . . . . .	120
5.18. Residuos atípicos . . . . .	122
5.19. Regresión lineal múltiple –Ajuste final– . . . . .	123
5.20. Análisis de Varianza –Ajuste final– . . . . .	123
5.21. Magnitud media del error absoluto –Regresión lineal múltiple– . . . . .	127
5.22. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Regresión lineal múltiple– . . . . .	127
5.23. Comparación de resultados del caso C1 . . . . .	128
5.24. Correlación entre la reusabilidad estimada y las evaluaciones de los expertos	130
5.25. Correlación entre la reusabilidad estimada y Colecciones personales . . . . .	130
5.26. Correlación entre la reusabilidad estimada y Colecciones personales nor- malizado . . . . .	131
5.27. Indicadores de calidad estudiados . . . . .	132
5.28. Correlación entre las valoraciones explícitas provenientes de expertos y usuarios. . . . .	133
5.29. Correlación entre las valoraciones explícitas y las valoraciones empíricas.	134
5.30. Correlación entre las diferentes valoraciones empíricas . . . . .	134
5.31. Correlaciones Tau de Kendall con el indicador basado en metadatos . . . . .	134
5.32. Ponderaciones de los indicadores de calidad . . . . .	136
5.33. Correlaciones con la medida de Relevancia . . . . .	136
5.34. Análisis de la distribución de la medida de Relevancia . . . . .	137

6.1. Resumen de objetivos y de su evaluación . . . . .	141
A.1. Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– . . . . .	151
A.2. Métricas de reusabilidad –Merlot– . . . . .	157
A.3. Medidas de calidad –Merlot– . . . . .	165



# Índice de figuras

2.1. Cuestionario de evaluación de objetos de aprendizaje en eLera . . . . .	46
2.2. Facetas de la reusabilidad. . . . .	55
4.1. Relación entre factores de reusabilidad, métricas y metadatos LOM. . . . .	88
4.2. Modelo de evaluación de la reusabilidad . . . . .	89
4.3. Indicadores de calidad de la categoría valorativa . . . . .	94
4.4. Indicadores de calidad de la categoría empírica . . . . .	95
4.5. Indicadores de calidad de la categoría característica . . . . .	96
5.1. Modelo de regresión lineal múltiple –Ajuste inicial– . . . . .	121
5.2. Análisis de Residuos –Ajuste inicial– . . . . .	122
5.3. Modelo de regresión lineal múltiple –Ajuste final– . . . . .	124
5.4. Análisis de Residuos –Ajuste final– . . . . .	125
5.5. Comparación de resultados del caso C1 . . . . .	128
5.6. Relación entre indicadores de calidad de las tres categorías –Valorativa, característica y empírica– . . . . .	135
5.7. Histograma para la medida de Relevancia . . . . .	137
5.8. Distribución de la medida de Relevancia . . . . .	138
5.9. Comparación de los métodos de agregación para la medida de relevancia	139
A.1. Ejemplo de valoración de las métricas por expertos . . . . .	149





# Resumen

La aplicación de las nuevas tecnologías a la educación – *e-learning* – ha cambiado los procesos de aprendizaje proporcionando numerosas ventajas de carácter pedagógico. Sin embargo, desarrollar materiales educativos de calidad para utilizarlos en estos sistemas es un trabajo costoso en tiempo y en recursos.

La solución a esta limitación consistiría en poder reutilizar los materiales educativos actualmente disponibles en diferentes repositorios. De esa forma se disminuirían los costes garantizando a su vez la calidad.

Para intentar facilitar la reutilización, esta tesis tiene como objetivo principal definir un modelo que permita estimar de forma apriorística, y utilizando los metadatos como fuente de información, la capacidad de reutilización de los objetos de aprendizaje.

Para alcanzar esta meta, se estudian las iniciativas existentes referentes a la evaluación de objetos de aprendizaje y las iniciativas de mejora de la reutilización que distintos estudios proponen. Basándose en estos estudios se identifican los diferentes factores que influyen en la capacidad de reutilización. Se determina cómo se pueden evaluar cuantitativamente utilizando la información contenida en los metadatos y se desarrolla un conjunto de métricas, inspiradas en las medidas de reusabilidad del software, que den soporte a esta tarea.

Posteriormente se realiza una evaluación del modelo de predicción de la reusabilidad, estudiando los repositorios Merlot y eLera. Se analiza el grado de interrelación de los

diferentes indicadores propuestos y se analizan comparativamente diferentes formas de agregación de los mismos para proporcionar un único valor de reusabilidad final.

Para garantizar la efectividad de esta propuesta de estimación de la reusabilidad, se comparan los datos de reusabilidad calculados con las evaluaciones y datos de uso provenientes de los repositorios estudiados.

La principal aportación de esta propuesta radica en que permite determinar la capacidad de reutilización de los objetos de aprendizaje de forma automática utilizando como fuente de información únicamente los metadatos. Esto ayudará a los usuarios en la tarea de buscar materiales educativos reutilizables.

Adicionalmente se estudia cómo se relacionan entre sí la medida de reusabilidad propuesta, las valoraciones realizadas por usuarios y expertos, y los datos de uso. Basándose en este análisis se propone una medida de relevancia que integre todos los indicadores de calidad existentes.

Una aportación de la medida de relevancia consistirá en que aumentaría la fiabilidad de las recomendaciones al integrar diferentes perspectivas de la calidad. Además al poderse calcular de forma automática garantizará su sostenibilidad, ya que no necesitará de la intervención humana para su cálculo, permitiendo que todos los materiales educativos ubicados en repositorios estén valorados.

**Palabras clave:** objeto de aprendizaje, reusabilidad, e-learning, recursos educativos abiertos, relevancia

# Abstract

The use of new technologies in education –*e-learning*– has changed learning processes providing numerous educational advantages. However, developing quality educational materials for use in these systems is a costly task in terms of both time and resources.

The solution to this limitation lies in the reuse of educational materials currently available in different repositories. In this way costs would be reduced while quality would be guaranteed.

In an attempt to facilitate this reuse, the main aim of this thesis is to define a model that allows automatic estimation of the reusability of learning objects, using metadata as a source of information.

To achieve this goal, we will look other authors' initiatives regarding the evaluation of learning objects and aimed at improving reusability. Based on these studies, different factors that influence reusability are identified. We go on to determine how they might be evaluated quantitatively using the information contained in the metadata, and to develop a set of measures, inspired by software reusability metrics, that support us in this task.

Later an evaluation of the reusability prediction model is carried out, studying the Merlot and eLera repositories. The level of interrelation between the various indicators proposed was analyzed, as were comparatively different ways of aggregating them to provide a single final reusability value.

To ensure the effectiveness of this proposal for estimating reusability, calculated reusability data is compared with evaluations and usage data taken from the repositories studied.

The main contribution of this proposal is that it allows us to determine the reusability of learning objects automatically using metadata as our source of information. This will help users in the task of searching for reusable educational materials.

Also were studied the relationships between the proposed reusability measure, user and expert evaluations, and usage data. Based on this analysis we propose a measure of relevance that integrates all the existing quality indicators.

One contribution of the measure of relevance is that it would boost the reliability of recommendations, since it integrates different views of quality. In addition it can be calculated automatically, so its sustainability is assured, allowing all educational materials in repositories to be rated.

**Keywords:** learning object, reusability, e-learning, open educational resources, relevance

# Agradecimientos

Mi más sincero y profundo agradecimiento a mis directores de tesis, Juan Manuel Doder Beardo y Salvador Sánchez Alonso. Formaron un equipo perfecto complementándose en todos los aspectos y lograron que mi etapa de formación como investigador culminara en esta tesis doctoral. Gracias por vuestra disponibilidad, por la ayuda en los momentos más difíciles y por todo lo que he aprendido trabajando con vosotros.

En lo personal, no puedo olvidar a Amelia, a quién dedico la tesis por su apoyo incondicional. También quiero dar las gracias a mis padres, por su ejemplo de honestidad que me acompañará siempre. Y al resto de mi familia, mis hermanos Mikis y Miguel, mis tías y a mi abuelo Miguel. Con los que siempre puedo contar en cualquier situación. Tampoco quiero olvidarme de mis amigos en los que siempre encuentro apoyo.

Finalmente recordar que esta tesis doctoral ha sido realizada gracias a una licencia por estudios concedida por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.

Alcalá de Henares, 25 de marzo de 2010

Javier Sanz Rodríguez



# Capítulo 1

## Introducción

*All I ask of a book is to give me energy and courage to tell me there's more life than I can take and to remind me of the need to act.*

***Leolo***

El objetivo de este capítulo es ofrecer una síntesis del problema que se pretende resolver, ayudar a los usuarios en la tarea de buscar materiales educativos reutilizables. Se describen pormenorizadamente tanto los objetivos como el método de trabajo utilizado en la investigación. También se resumen las principales aportaciones, que se irán posteriormente detallando a lo largo del documento.

### 1.1. Planteamiento del problema

La aplicación de las nuevas tecnologías de la información al mundo de la educación ha originado una nueva forma de enseñar denominada *e-learning*.

*“Se puede definir **e-learning** como el aprendizaje que utiliza herramientas relacionadas con las tecnologías de la información y las comunicaciones” (Morrison 2002).*

Dentro de esta revolución de la educación propiciada por el *e-learning* está incluido el movimiento de desarrollo de materiales educativos abiertos. La sociedad del conocimiento demanda competencias y habilidades que requieren el empleo de nuevas prácticas educativas basadas en compartir *recursos educativos abiertos* (Schaffert & Geser 2008).

Es necesario que las instituciones educativas hagan un esfuerzo en desarrollar iniciativas que permitan compartir estos *recursos educativos abiertos* para poder dar respuesta a la demanda de los mismos que existe en la sociedad actual (Wiley & Hilton III 2009).

En este nuevo marco de trabajo se consideran a los recursos educativos como unidades independientes que pueden ser reutilizadas en distintas situaciones de aprendizaje. Estos materiales son comúnmente denominados *objetos de aprendizaje* y para ellos se propone la siguiente definición:

*“Cualquier material educativo independiente y autocontenido, de carácter digital, identificado con unos metadatos que lo hacen accesible y diseñado para ser reutilizado en diferentes contextos educativos.”*

La reutilización de estos materiales educativos en sistemas de *e-learning* permite mejorar la calidad de los procesos educativos facilitando aprendizajes significativos, permitiendo que las tareas que realicen los estudiantes sean activas, constructivas, con una intencionalidad, y de naturaleza cooperativa (Jonassen et al. 2008).

Adicionalmente a la mejora de calidad que proporcionan los objetos de aprendizaje, se puede hablar de otro beneficio derivado de su potencial de reutilización. Se espera que contribuyan al desarrollo de los sistemas de *e-learning*, aumentando la productividad, disminuyendo los costes y mejorando la calidad de los mismos (Koper 2003). Esta reutilización de los objetos de aprendizaje, entendida como la utilización de un objeto de aprendizaje de forma efectiva por diferentes usuarios en diferentes entornos tecnológicos y en distintos contextos educativos (Palmer & Richardson 2004), es un hecho empírico y observable, mientras que se puede introducir el concepto de *reusabilidad* como un atributo intrínseco del objeto que da una medida de calidad a priori, y que puede ser contrastado por datos de reutilización a posteriori (Sicilia & García-Barriocanal 2003). Este concepto de reusabilidad puede definirse como:



*“El grado en que un objeto de aprendizaje puede funcionar de forma eficaz para distintos usuarios en distintos entornos digitales y en distintos contextos educativos a lo largo del tiempo, teniendo siempre presente que existen factores técnicos, educativos y sociales que afectarán a la reutilización (Palmer & Richardson 2004), y que en la mayoría de las situaciones será necesario, en mayor o menor medida, un proceso de adaptación para poder reutilizarlo (Meyer 2008).”*

Determinar el grado de reusabilidad de los objetos de aprendizaje nos ayudará en el proceso de seleccionarlos para poder reutilizarlos en diferentes situaciones educativas. Sin embargo, en la actualidad nos encontramos en una situación que no ayuda a alcanzar el beneficio potencial de la reutilización: no existen suficientes estudios sobre indicadores de reusabilidad ni sobre criterios de diseño que la garanticen (Sicilia 2005). La mayoría de iniciativas para mejorar la reutilización se han limitado a abordar la dimensión tecnológica de la misma, esforzándose en definir estándares educativos para que los objetos de aprendizaje puedan ser empleados en distintas plataformas sin problemas de interoperabilidad (Duval 2004). Sin embargo la reutilización no está siendo tan grande como se esperaba (Ochoa & Duval 2008a). Esto podría ser debido a que tener acceso a información de interés no significa que su contenido sea de calidad. Tampoco se han desarrollado iniciativas que aborden la dimensión educativa de la reutilización. Los esfuerzos por estandarizar los objetos de aprendizaje se han limitado a estructurar los datos para su creación, empaquetamiento, identificación y organización con sentido pedagógico. Sin embargo no existe un patrón que ayude a determinar la calidad del contenido de estos objetos (Sicilia et al. 2006).

Para facilitar su reutilización, los objetos de aprendizaje son agrupados y almacenados en repositorios. De éstos, se identifican dos tipos: los que contienen objetos de aprendizaje y sus metadatos –en éstos los objetos y sus descriptores se encuentran dentro de un mismo sistema– y los que contienen sólo los metadatos –en este caso el repositorio contiene sólo los descriptores y se accede al objeto a través de una referencia

a su ubicación física que se encuentra en otro sistema o repositorio de objetos—. Una búsqueda de objetos de aprendizaje en estos repositorios podría devolver una enorme lista de resultados. Sin un indicador de calidad que añada algo de luz a esta información, buscar objetos de aprendizaje puede convertirse en una pérdida de tiempo y esfuerzo (Kumar et al. 2005).

Si lo que más interesa de los objetos de aprendizaje es su capacidad de reutilización, poder estudiar qué factores la determinan será de gran interés, ya que ayudará en el proceso de desarrollo y facilitará la búsqueda de objetos reutilizables, que podrán ser usados en distintos contextos educativos y bajo distintos entornos tecnológicos.

Con el objetivo de intentar facilitar la reutilización, esta tesis tiene como propósito principal definir un modelo que permita, de forma automática o asistida, estimar apriorísticamente y utilizando únicamente los metadatos, la capacidad de reutilización de los objetos de aprendizaje. El empleo de los metadatos como fuente de información para estimar la reusabilidad avalaría la posibilidad de automatizar su cálculo, garantizando la sostenibilidad de la medida.

A la hora de buscar objetos de aprendizaje en repositorios, esta estimación de la reusabilidad podría constituir un indicador de calidad, que permita ordenar los resultados de las búsquedas en repositorios, priorizando aquellos con mayor posibilidad de ser reutilizados. Esta estimación de la reusabilidad ayudaría al usuario final en el proceso de selección de objetos de aprendizaje para su reutilización.

Para alcanzar esta meta, se estudian las iniciativas existentes referentes a la evaluación de objetos de aprendizaje y las iniciativas de mejora de la reutilización que distintos estudios proponen. Basándose en estos estudios, se identifican los diferentes factores que influyen en la capacidad de reutilización, determinando cómo se pueden evaluar cuantitativamente utilizando la información contenida en los metadatos y desarrollando un conjunto de métricas, inspiradas en las medidas de reusabilidad del software, que ayuden

en la realización de esta tarea.

Para garantizar la efectividad de la propuesta se realiza una evaluación del modelo de predicción de la reusabilidad, estudiando los repositorios Merlot y eLera. Se analiza el grado de interrelación de los diferentes indicadores propuestos y se estudian comparativamente diferentes formas de agregación de los mismos para proporcionar un único valor de reusabilidad final. En este proceso de evaluación se contrastan los datos de reusabilidad estimados con las evaluaciones realizadas por expertos y usuarios, y con los datos de uso existentes en los repositorios estudiados.

Finalmente se propone una medida de relevancia que utilice la información proveniente de los metadatos, las valoraciones de usuarios y expertos y los datos de uso de los objetos de aprendizaje. Esta medida permitirá que todos los objetos tengan un indicador de relevancia aunque existieran carencias en alguna de las fuentes de información anteriormente citadas.

El desarrollo de esta investigación está inspirado en las propuestas de métodos de investigación de Glass (1995) y Hevner et al. (2004), y en la metodología definida por Eitzkorn (2001) para medir la reusabilidad del software orientado a objetos. Mientras que algunos autores sugieren que la teoría orientada a objetos tiene poco que ofrecer para definir y comprender los objetos de aprendizaje (Sosteric & Hesemeier 2002), Downes (2001) propone, a la hora de diseñar objetos de aprendizaje, utilizar como referencia el modelo de diseño de software de orientación a objetos, en el cual se definen entidades que pueden ser clonadas y adaptadas para ser reutilizadas en nuevos contextos. Esta afirmación ha servido como inspiración para utilizar como referencia las medidas de reusabilidad del software a la hora de definir las medidas de reusabilidad de los objetos de aprendizaje.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal de la tesis consiste en elaborar un modelo efectivo de predicción de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje.

Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes subobjetivos:

- (O1) Determinar aquellos aspectos que tienen mayor influencia en la reusabilidad de los objetos de aprendizaje.
- (O2) Establecer las bases para cuantificar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje.
- (O3) Proporcionar un método de medición semi-automatizada de la reusabilidad utilizando metadatos y utilizando las bases establecidas en el objetivo O2.
- (O4) Proponer una medida automática de relevancia de los objetos de aprendizaje que utilice los metadatos que los describen, las valoraciones realizadas por los usuarios y expertos y los datos de uso de los mismos.

## 1.3. Método general

Para desarrollar el modelo de evaluación de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje se seguirá un método de investigación compuesto por las siguientes fases:

### 1. Estudio del estado de la cuestión, utilizando como fuente de información las investigaciones actuales.

Se analiza el concepto y los usos actuales de los objetos de aprendizaje, los estándares relacionados y los metadatos que los describen. También se abordan los repositorios que albergan los objetos y la evaluación de la calidad de los mismos. Por último, se estudian las iniciativas existentes para mejorar la reutilización y las propuestas de indicadores de reusabilidad realizadas por distintos autores.

### 2. Descripción del problema. Análisis de las soluciones existentes.

Se detallan las carencias de las iniciativas para la mejora de la reutilización y de los

indicadores de reusabilidad propuestos, identificando la necesidad de unos criterios de diseño y unos indicadores de reusabilidad que faciliten la reutilización.

### **3. Formulación de hipótesis sobre los aspectos que influyen en la reusabilidad.**

Se identifican aspectos que influyen en la reusabilidad, basándose en los estudios existentes al respecto.

### **4. Propuesta del modelo, basado en la formulación de hipótesis sobre el cálculo de la reusabilidad.**

Se identifican los elementos de metadatos de los objetos de aprendizaje que tienen información sobre cada aspecto que influye en la reusabilidad, utilizándose como referencia el estándar de metadatos IEEE LOM (2002). Se proponen unos indicadores de reusabilidad que miden los diferentes factores que la determinan en función de sus metadatos. Por último, se formula un modelo agregando todas las métricas según su significación a la hora de determinar la reusabilidad, estudiándose diferentes métodos de agregación.

### **5. Evaluación y ajuste del modelo de estimación de la reusabilidad.**

En esta fase se evaluará la efectividad del modelo. Se realizarán las iteraciones necesarias, revisando la formulación del mismo, hasta ajustar la calidad de los resultados proporcionados. Para determinar la calidad de los resultados se utilizarán diferentes métodos estadísticos empleados en la evaluación de modelos de predicción. Además, como paso previo se realiza una evaluación de los perfiles de aplicación de metadatos definidos en los repositorios eLera y Merlot, que constituirán la fuente de datos para el modelo. También se analiza el grado de interrelación existente entre las diferentes métricas de reusabilidad para poder ajustar los mecanismos de agregación del modelo. Finalmente, se evalúa la efectividad del modelo comparando los datos de reusabilidad obtenidos con los proporcionados en las evaluaciones realizadas por expertos en los repositorios eLera y Merlot. Como propone Nesbit (2006) *“los datos de las evaluaciones realizadas en eLera podrán*

*ser usados para verificar la validez y fiabilidad de herramientas y modelos de evaluación de objetos de aprendizaje*". Se realizarán diferentes iteraciones en el uso de los métodos de agregación hasta definir el modelo de cálculo de la reusabilidad que mejor ajuste proporciona. Adicionalmente, como proponen Kumar et al. (2005), para completar la información de la calidad de objetos de aprendizaje, además de las evaluaciones disponibles en los repositorios, se pueden utilizar datos sobre el uso de los objetos, que se utilizarán como un segundo contraste para medir la efectividad del modelo.

#### **6. Integración del modelo con otros métodos de valoración.**

Se estudiará como la medida de reusabilidad se relaciona con otras medidas de calidad, como las valoraciones realizadas por usuarios y expertos, y la información proveniente del uso de los objetos. Finalmente se propondrá una medida de relevancia que integre toda la información existente sobre la calidad de un objeto de aprendizaje.

## **1.4. Método de evaluación**

A continuación, en la tabla 1.1, se detallan los métodos de evaluación utilizados y su relación con cada objetivo. Se han utilizado como referencia para establecer los mecanismos de evaluación los trabajos al respecto desarrollados por Hevner et al.(2004) y Glass(1995).

## **1.5. Estructura del documento**

Esta memoria de tesis doctoral está dividida en las siguientes secciones:

1. El primer capítulo consiste en esta introducción en la que se expone la motivación de la tesis, sus objetivos, método de evaluación y plan de trabajo.
2. En el segundo capítulo se detallan los estudios existentes relativos a los objetos de aprendizaje, sus estándares, repositorios donde son ubicados, metadatos que los

Método de evaluación	Objetivo	Descripción
E1	O1	Evaluación descriptiva. Utilizando investigaciones relevantes sobre el tema se determinarán los aspectos con mayor influencia en la reusabilidad de los objetos de aprendizaje.
E2	O2	Evaluación experimental cuantitativa. Correlación entre los aspectos seleccionados y las medidas de reusabilidad. Análisis de regresión lineal múltiple.
E3	O3	Evaluación analítica de optimalidad donde se tomarán las medidas de valoración proporcionadas por los expertos como referencia para asegurar que no existen desviaciones según unos límites preestablecidos y ajustables, que determinan la eficacia del modelo de predicción.
E4	O3	Evaluación experimental cuantitativa. Correlación entre las medidas de la métrica de reusabilidad, las medidas aportadas por expertos y los datos de uso.
E5	O4	Evaluación experimental cuantitativa. Correlación entre todos los indicadores existentes sobre la calidad de los objetos de aprendizaje.

Tabla 1.1: Resumen de los métodos de evaluación

describen, cómo son evaluados, cómo facilitar su reutilización y de qué maneras se puede medir su reusabilidad.

3. En el tercer capítulo se enumeran las carencias encontradas en los indicadores de reusabilidad existentes.
4. En el capítulo 4 se expone la solución propuesta para estimar a priori la reusabilidad de los objetos de aprendizaje a partir de sus metadatos y se propone la medida de relevancia que englobe toda la información existente sobre la calidad del objeto de aprendizaje.
5. En el capítulo 5 se evalúa la calidad de los perfiles de aplicación de metadatos de los repositorios Merlot y eLera, se analiza el grado de interrelación en las métricas de reusabilidad propuestas y se demuestra la efectividad del modelo de cálculo de reusabilidad, aplicándolo a un conjunto significativo de objetos en los repositorios estudiados. También se aplica el indicador de relevancia al mismo conjunto de objetos previamente seleccionado.

6. Finalmente, en el capítulo 6, se exponen las conclusiones y las futuras líneas de investigación.



# Capítulo 2

## Estado de la cuestión

*Openness is a fundamental value underlying significant changes in society and is a prerequisite to changes institutions of higher education need to make in order to remain relevant to the society in which they exist.*

*David Wiley*

En este capítulo se ofrece una descripción del estado actual de las investigaciones y trabajos desarrollados en el área de los objetos de aprendizaje. Se analizan los diferentes estándares existentes, los metadatos que permiten describirlos y los repositorios donde son ubicados. Así mismo, se describen las diferentes iniciativas de evaluación existentes para objetos de aprendizaje y los estudios realizados sobre cómo medir la reusabilidad de los mismos. La discusión se centra fundamentalmente en aquellos aspectos que resultan relevantes para los objetivos del presente trabajo.

### 2.1. E-learning

Aunque conviven diferentes definiciones del término *e-learning*, en todas aparecen dos factores comunes: el uso de las tecnologías de la información (indicado por el prefijo 'e-', del inglés *electronic*) y la existencia de un proceso de aprendizaje (representado mediante el término *learning*). En particular, el *Post-16 E-learning Strategy Task Force*<sup>1</sup> define *e-learning* en (Morrison 2002) como:

---

<sup>1</sup>Grupo de trabajo perteneciente al departamento de educación del gobierno británico, formado por expertos en diferentes campos relacionados con la educación.

*“Aprendizaje que utiliza herramientas relacionadas con las tecnologías de la información y las comunicaciones”*

Una definición más adecuada a las circunstancias actuales en que se encuentra inmersa la enseñanza actual es la de Cisco Systems<sup>2</sup>:

*“E-learning es el aprendizaje facilitado por (o realizado a través de) Internet”*

La definición dada por Ally (2004) resulta más completa y consecuente con la forma actual de entender el término *e-learning*:

*“Enseñanza en línea es utilizar Internet para acceder a materiales didácticos, interactuando con los contenidos, el instructor y otros alumnos, y obteniendo ayuda durante el proceso de aprendizaje con el objetivo de adquirir conocimientos, crear un sentido propio y desarrollarse personalmente a partir de la experiencia educativa”*

El Consejo Europeo, en la reunión de Lisboa en 2001, determina que es necesario mejorar la calidad y la eficacia de los sistemas de educación y formación y facilitar el acceso a los mismos. Este objetivo se pretende conseguir gracias al *e-learning*:

*“La utilización de las nuevas tecnologías multimedia e Internet para la mejora en la calidad de la enseñanza, proporcionando el acceso a recursos y servicios así como la colaboración e intercambio a distancia de los mismos”*

Esta modalidad de enseñanza puede llevarse a cabo de manera síncrona o asíncrona, pero comúnmente se desarrolla mediante un modelo mixto basado en la existencia

---

<sup>2</sup>Cisco Systems, Inc., <http://www.cisco.com>

de un sistema software –*Learning Management System*, LMS– que apoya el proceso de aprendizaje mediante el acceso al material didáctico y al resto de recursos. En *e-learning* síncrono, los alumnos se conectan en tiempo real con el profesor o tutor, por ejemplo mediante videoconferencia, chat o un espacio de tutorías. En la modalidad asíncrona, los alumnos se conectan, de acuerdo con sus disponibilidades de tiempo, a un sistema gestor de aprendizaje donde acceden a materiales didácticos siempre listos para ser utilizados.

Un LMS sirve para administrar la actividad de los usuarios (inscripción, control del aprendizaje, historial, generación de informes, etc.), gestionar y llevar a cabo los cursos, realizar un registro de la actividad del usuario (resultados de las evaluaciones, control de los tiempos y accesos al material formativo, etc.) y albergar el resto de servicios síncronos, como foros de discusión, chats y videoconferencia.

El concepto de *e-learning* trata con dos disciplinas bien diferenciadas: las relativas a los procesos de aprendizaje y las relativas a las herramientas informáticas y de comunicación utilizadas para dar soporte al proceso educativo. Los estudios referidos al primer campo pertenecen al ámbito de la pedagogía, la sociología y la psicología, e incluyen la psicología cognitiva, las teorías de diseño de materiales educativos y los estudios sobre las relaciones sociales entre los sujetos inmersos en una actividad educativa. En lo referente a la tecnología necesaria para hacerlo posible, la informática y las telecomunicaciones son las disciplinas que describen, entre otros aspectos, las infraestructuras necesarias (hardware y conectividad) y la definición de estándares para la creación, empaquetado y transmisión de los contenidos.

Aunque algunos autores consideran que la tecnología sólo actúa como soporte a la instrucción y que por sí sola no influye en los resultados del alumno (Clark 1983), el *e-learning* está cambiando la enseñanza tal y como la conocíamos. La revolución que introduce no consiste únicamente en la utilización de las nuevas tecnologías como apoyo de la enseñanza tradicional, sino en la creación de nuevas formas de enseñanza. Los modelos educativos constructivistas que soporta se muestran más efectivos que los modelos

educativos tradicionales (Pagan 2006, Krauss & Ally 2005). Y si bien resulta evidente que los contenidos educativos y el diseño “*pedagógico*” de los mismos es la parte más importante (Schramm 1977), la tecnología utilizada y los medios de transmisión tienen una influencia mucho más allá del mero rol de vehículo de transmisión. Su utilización tiene un profundo impacto en el proceso educativo, resultando evidentes los beneficios que puede aportar su aplicación a la educación (Dalziel 2003).

## 2.2. Recursos educativos

En esta sección se estudiarán los diferentes tipos de recursos educativos empleados en los sistemas de *e-learning*, los metadatos empleados para describirlos y las diferentes iniciativas existentes sobre la estandarización de los mismos.

### 2.2.1. Recursos educativos abiertos

Dentro de la revolución del mundo de la educación propiciada por el *e-learning* está incluido el movimiento de desarrollo de recursos abiertos. La sociedad del conocimiento demanda competencias y habilidades que requieren el empleo de nuevas prácticas educativas basadas en compartir *materiales educativos abiertos* (Schaffert & Geser 2008). Al igual que se ha hecho en el desarrollo del software abierto con proyectos como Linux, Apache, Firefox, etc., en el mundo de la educación se intenta desarrollar *recursos educativos abiertos*, de calidad y con los derechos para que el usuario pueda reutilizarlos y modificarlos para adaptarlos a su contexto (Kelty et al. 2008).

En la misma línea Wiley y Hilton (2009) recuerdan que es necesario que las instituciones educativas hagan un esfuerzo en desarrollar iniciativas que permitan compartir estos *recursos educativos abiertos* para poder dar respuesta a la demanda de los mismos que existe en la sociedad actual.

A diferencia de los *recursos educativos abiertos* en la definición de los objetos de aprendizaje no se realiza una declaración explícita de su carácter abierto y si se detallan

más características de carácter tecnológico como su carácter digital, modular, autocontenido y reutilizable (Friesen 2009). A continuación se explican pormenorizadamente los objetos de aprendizaje.

### 2.2.2. Objetos de aprendizaje

Un elemento de vital importancia en los sistemas de *e-learning* son los objetos de aprendizaje, que permiten considerar a los recursos educativos como unidades independientes que pueden ser reutilizadas en distintas situaciones de aprendizaje. Gracias a los estándares educativos esas unidades pueden ser empleadas en distintas plataformas sin problemas de interoperabilidad (Sánchez-Alonso et al. 2006).

Aunque el concepto de objeto de aprendizaje parece claro, actualmente conviven diferentes definiciones del mismo. Para IEEE (2002):

*“Un objeto de aprendizaje se puede definir como una entidad, digital o no, que puede ser usada para el aprendizaje, la educación o la enseñanza”*

Esta definición, deliberadamente genérica, presenta un concepto de objeto de aprendizaje débil desde el punto de vista teórico (Boyle & Cook 2001). Polsani (2003) formula una definición más concreta y ampliamente usada:

*“Una unidad didáctica, independiente y autocontenida predispuesta para su reutilización en diversos contextos educativos”*

Para Wiley (2002) se reduce la granularidad de lo que se puede considerar objeto de aprendizaje para formular la siguiente definición:

*“Objeto de aprendizaje es cualquier recurso digital que pueda ser reutilizado como soporte para el aprendizaje”*

Como síntesis de estas definiciones y considerando la aportada en (Sánchez-Alonso 2005) se propone la siguiente definición de objeto de aprendizaje:

*“Unidad didáctica independiente y autocontenida, de carácter digital, identificada con unos metadatos estandarizados que la hacen accesible y diseñada para ser reutilizada en diferentes contextos educativos”*

Es posible encontrar una analogía entre el concepto de objeto de aprendizaje y el paradigma de la programación orientada a objetos, que buscaba alcanzar la modularidad, extensibilidad y por ende, la reutilización de los componentes software (Dahl & Nygaard 1966). Esto es debido a que también es deseable que los objetos de aprendizaje sean modulares, modificables y fáciles de reutilizar (Downes 2001, Friesen 2001, Robson 1999, Wiley 2002).

De igual manera, existen otras analogías que permiten explicar el concepto de objeto de aprendizaje:

- Los recursos pedagógicos utilizados habitualmente en la educación presencial. Como, por ejemplo, los libros de texto elaborados por editoriales que se reutilizan en el aula. Existe un paralelismo entre esta idea y la reutilización de los objetos de aprendizaje en los sistemas de *e-learning*.
- Los materiales prefabricados utilizados para la construcción de una casa, como puertas, ventanas, suelos, vigas, etc. Estos elementos son fabricados con unas características predeterminadas y, siguiendo un proyecto, son acoplados para formar una casa. Este proyecto de diseño seguirá unos estándares que garanticen un mínimo nivel de seguridad, funcionalidad y calidad y ofrecerá muchas posibilidades de innovación y creatividad que darán como resultado una casa única (Hodgins 2004). Del mismo modo, la agrupación de los objetos de aprendizaje proporcionará un resultado que va más allá de la simple secuenciación de los objetos.
- Modelo Lego. Según esta metáfora un objeto de aprendizaje ideal se combinaría fácilmente con cualquier otro, al igual que ocurre con los bloques de construcción

Lego<sup>3</sup> (Hodgins & Conner 2001). Los bloques Lego se fabrican con unos pines de ensamblado cuya forma y tamaño es estándar, lo que permite combinarlos de una forma sencilla.

- Modelo atómico. Wiley (1999) encuentra el modelo anterior excesivamente simplista y propone en su lugar una metáfora basada en el concepto de átomo. En este modelo, un objeto de aprendizaje es una pequeña pieza de construcción de elementos superiores de cuya estructura interna se derivan restricciones sobre el tipo y número de objetos con el que puede relacionarse: un átomo no puede combinarse con cualquier otro. Además, la combinación no se considera una tarea de niños, pues resulta evidente que para asociar átomos es necesaria cierta experiencia.

Una vez acotado el concepto de objeto de aprendizaje se analizarán las diferentes iniciativas de estandarización que se han desarrollado para facilitar su reutilización en los sistemas de *e-learning*.

### 2.2.3. Estandarización

La fragmentación de los materiales educativos en objetos de aprendizaje es un gran avance con respecto al concepto previo de enseñanza basada en cursos. El nuevo enfoque aporta, según Longmire, beneficios innegables como la flexibilidad, la facilidad para realizar actualizaciones, búsquedas y gestión de los contenidos, la personalización, la interoperabilidad, la facilidad para dirigir el aprendizaje a unos objetivos concretos y el incremento en el valor de los contenidos desarrollados según este modelo (Longmire 2000). Para alcanzar todos estos beneficios es necesario que el proceso de elaboración de los objetos de aprendizaje siga un conjunto de especificaciones técnicas documentadas que garanticen su estandarización, permitiendo la interoperabilidad y compatibilidad entre objetos desarrollados por distintas entidades.

En la misma línea, los estándares técnicos desarrollados en el ámbito del *e-learning*

---

<sup>3</sup><http://www.lego.com>

persiguen la interoperabilidad y compatibilidad entre componentes (Duval 2004), y aseguran la reusabilidad de los objetos de aprendizaje (Shaw & Sniderman 2002), aunque limitada a un enfoque meramente técnico. En particular, la interoperabilidad es considerada por algunos autores una precondition para la reusabilidad, pues supone un lenguaje común que permite la comunicación de sistemas distintos (Boyle & Cook 2001).

La existencia de estándares que definan particularidades como la estructura y contenido de los metadatos, la forma de empaquetar los objetos de aprendizaje o la secuenciación de los contenidos resulta pues esencial para el desarrollo con éxito de los sistemas de *e-learning*. Los beneficios derivados de la estandarización han sido descritos en varios trabajos y coloquialmente se conocen como *-ilities*<sup>4</sup> (Singh 2000, Hamel & Ryan-Jones 2002, Sicilia & García-Barriocanal 2003):

- Accesibilidad del contenido, que estará disponible en cualquier momento y desde cualquier lugar.
- Interoperabilidad, entendida como la capacidad de que componentes desarrollados por distintas entidades puedan intercambiar información y ser utilizados conjuntamente.
- Reusabilidad de los contenidos como forma de economizar esfuerzos a la hora de crear nuevos contenidos educativos.
- Extensibilidad, o capacidad de ampliación, gracias a la construcción modularizada de contenidos.
- Facilidad de localización de los contenidos almacenados en repositorios que utilizan metadatos como forma de catalogación.
- Coste razonable, pues la estandarización reduce los costes de desarrollo.

---

<sup>4</sup>En inglés dichos términos coinciden en el sufijo “ility”: *accessibility, affordability, durability, extensibility, discoverability, interoperability, manageability* y *reusability*.



- Facilidad de gestión de los contenidos, pues el diseño en pequeñas unidades modulares facilita los cambios y actualizaciones.
- Perdurabilidad, pues el desarrollo de contenidos estándar evita la obsolescencia de los mismos ante cambios en las plataformas.

En la actualidad, diversos organismos participan activamente en el desarrollo de propuestas de estandarización. El proyecto ASPECT – Adopting Standards and Specifications for Educational Content – <sup>5</sup>, patrocinado por la Unión Europea a través del programa eContentplus, tiene como objetivo favorecer la adopción de estándares para los materiales educativos (Massart 2009).

También existen en la literatura sobre el tema dos revisiones de referencia, la realizada por Anido (2002) y la de Duval (2004); todas abordan la mayoría de los esfuerzos realizados. Otro trabajo más exhaustivo al respecto es el del observatorio sobre estándares de tecnologías educativas del CEN<sup>6</sup>.

Tras estudiar las ventajas generales que la estandarización proporciona se profundiza en el estudio de las iniciativas de estandarización para los metadatos, que son los encargados de describir a los objetos de aprendizaje y facilitar su localización y uso por parte de los usuarios.

#### **2.2.4. Metadatos**

Los metadatos son datos acerca de los datos. Formalmente, se definen como datos relativos a ciertas propiedades asociadas a una entidad, que permiten dotar a la misma de la capacidad de crear información superior a la que podría generar por sí sola. En el ámbito de los objetos de aprendizaje, el uso de metadatos es universalmente aceptado como medio para aumentar su calidad y reusabilidad (Sicilia & García-Barriocanal 2003), ya que una correcta anotación de metadatos permite conocer los contenidos y objetivos

---

<sup>5</sup><http://aspect-project.org/>

<sup>6</sup><http://www.cen-ltso.net>

didácticos de cada objeto y facilita tanto el almacenamiento de los mismos en repositorios, como los procesos de búsqueda, selección y recuperación (Singh 2000).

Aunque existe consenso acerca de la necesidad de utilizar un registro de metadatos que describa el contenido de los objetos de aprendizaje, en la literatura se pueden encontrar dos posturas divididas sobre la forma de asociación entre ambos:

- Un primer modelo postula que el objeto de aprendizaje final se compone en realidad de dos partes: el contenido real del objeto (texto, imágenes, vídeo, etc.) y un registro de metadatos que describe dicho contenido. Para la mayoría de autores, el registro de metadatos resulta esencial cuando se trata de reutilizar el objeto, y por tanto debe almacenarse “empaquetado” junto con el contenido formando una unidad dispuesta para ser archivada en un repositorio y posteriormente reutilizada (Longmire 2000), (Smythe 2003).
- Otros autores, mantienen que aunque los metadatos puedan ser asociados al contenido, no tienen por qué necesariamente ir asociados con ellos ni almacenarse conjuntamente (Robson 2002, McGreal & Roberts 2001). Este modelo se caracteriza por la separación de funciones entre los creadores del contenido y las personas que crean los metadatos, existiendo una relación de relativa independencia entre los metadatos y el contenido, similar a la separación entre el registro de un catálogo en una biblioteca y el libro al que hace referencia. Un estudio comparativo de los más importantes repositorios en línea demuestra que la mayoría de ellos sigue este modelo (Neven & Duval 2002), en el cual se proporcionan miles de referencias sobre elementos didácticos pero no se almacenan los objetos de aprendizaje en sí. Estos repositorios, entre los que destacan Merlot (Cafolla 2006) y eLera (Nesbit & Li 2004), sólo guardan información de metadatos sobre los objetos de aprendizaje y un enlace que permite acceder a los mismos. Los contenidos finales se encuentran distribuidos por todo Internet.

El estudio y definición de los metadatos para los objetos de aprendizaje es uno de los

principales campos de investigación dentro del *e-learning*. Todos los esfuerzos importantes derivan del conjunto de elementos de metadatos de Dublin Core Metadata Initiative (DCMI 2003), organización dedicada a promover la adopción generalizada de estándares de metadatos interoperables y el desarrollo de vocabularios especializados de metadatos para describir recursos, con el objetivo de facilitar la creación de sistemas inteligentes de búsqueda de información.

En el caso particular de los objetos de aprendizaje, los metadatos resultan especialmente importantes de cara a poder compartirlos y reutilizarlos (Downes 2001). Por ello, IEEE Learning Technology Standards Committee ha desarrollado Learning Object Metadata (LOM) (LTSC 2002), una especificación estándar de metadatos para objetos de aprendizaje basada en Dublin Core y llevada a cabo con el esfuerzo conjunto de destacadas organizaciones como IMS<sup>7</sup>, ARIADNE<sup>8</sup> o AICC<sup>9</sup>.

Analizando el estándar LOM, se puede observar como determina un esquema de datos conceptual que define la estructura de una instancia de metadatos para un objeto de aprendizaje. La estructura básica del esquema de LOM se divide en nueve categorías:

1. *General*: categoría que agrupa la información general que describe a un objeto de aprendizaje. Engloba atributos básicos de localización y administración (identificador, título, lenguaje, descripción, palabras clave, contexto de aplicación, estructura, nivel de agregación).
2. *Lifecycle*: agrupa atributos relacionados con la evolución y el estado actual del objeto de aprendizaje. También describe quién ha realizado las ampliaciones o cambios en el objeto.
3. *Meta-Metadata*: grupo de atributos que describe la información relativa al propio registro de metadatos LOM, tales como autor de los metadatos, fecha de creación o formato, entre otros.

---

<sup>7</sup>IMS Learning Global Consortium – <http://www.imsglobal.org/>

<sup>8</sup>ARIADNE – <http://www.ariadne-eu.org/index.php>

<sup>9</sup>Aviation Industry CBT Committee – <http://aicc.org/>

4. *Technical*: conjunto de atributos relativos a los requisitos y características técnicas necesarias (formato, tamaño, localización, requerimientos técnicos, descripción del proceso de instalación y duración).
5. *Educational*: grupo de atributos que describen las características pedagógicas del objeto de aprendizaje, tales como el tipo de interactividad, el tipo de recurso, la densidad semántica, contexto en el cual debe ser usado, rango de edad típico, nivel de dificultad, tiempo de aprendizaje típico, etc.).
6. *Rights*: categoría que agrupa atributos relativos a los derechos de propiedad intelectual y licencia de uso del objeto de aprendizaje.
7. *Relation*: grupo de atributos que describen las relaciones del objeto de aprendizaje con otros objetos de aprendizaje. Las relaciones están basadas en la especificación Dublin Core Qualifiers (DCMI 2000).
8. *Annotation*: proporciona un conjunto de atributos que aportan comentarios sobre el uso del objeto de aprendizaje, además de quién y cuándo lo ha comentado.
9. *Classification*: describe el objeto de aprendizaje en relación a un sistema particular de clasificación.

El propósito de LOM es facilitar la búsqueda, evaluación, adquisición y uso de objetos de aprendizaje por parte de los alumnos, instructores o sistemas automatizados, así como el intercambio de los mismos y su uso compartido, permitiendo el desarrollo de catálogos e inventarios (LTSC 2002).

No obstante, en general LOM no es utilizado directamente como esquema final, sino como referencia fundamental para esfuerzos de estandarización a nivel local o regional basados en LOM tales como CanCore (Fisher et al. 2002), FAILTE (Slater 2001), The Le@rning Federation Metadata Application Profile (TLF 2003) o UK LOM Core (Campbell 2004). Estos esfuerzos se constituyen generalmente en *perfiles de aplicación*, término utilizado para definir caracterizaciones del estándar dirigidas a una comunidad

particular de implementadores con requisitos de aplicación comunes (Lynch 1997). Un *perfil de aplicación* se define pues como “*un compendio de elementos de metadatos seleccionados a partir de uno o más esquemas existentes para formar un nuevo esquema combinado*” (Duval et al. 2002). El nuevo esquema constituye un nuevo conjunto de metadatos cuyo propósito es cubrir los requisitos funcionales de una aplicación concreta o de una comunidad de práctica y proporcionar directrices a los creadores de metadatos, manteniendo la capacidad de interoperar con aplicaciones que trabajan con recursos definidos según los esquemas originales. Por ejemplo, el *perfil de aplicación* LOM-ES realizado en el ámbito de la entidad de normalización AENOR – Agencia Española de Normalización y Certificación – con la colaboración de Red.es<sup>10</sup>, con la finalidad de adecuar la especificación LOM a la realidad y problemática del sistema educativo español no universitario. En este sentido el perfil extiende LOM con nuevos elementos y vocabularios, lo que ha hecho necesario la implementación de nuevos esquemas XML para su uso y la adaptación de las herramientas de autoría existentes (Canabal et al. 2008).

Para realizar un *perfil de aplicación*, que adapte LOM a una determinada comunidad se pueden emplear técnicas como las siguientes (Duval & Hodgins 2003):

- Definir el carácter obligatorio de algunos elementos. Mientras que en LOM todos los elementos son opcionales, los *perfiles de aplicación* pueden establecer qué elementos serán de obligatorio cumplimiento.
- Restringir los elementos utilizados. El estándar LOM está diseñado para ser utilizado de forma general contemplando el mayor número de situaciones posibles. Sin embargo algunos elementos pueden no tener sentido en el contexto de algunas comunidades. Por ejemplo, en el elemento *2.3.1 LifeCycle – Contribute – Role* el valor *educational validator* puede ser omitido en aquellas situaciones en las que no se contemple la utilización de esta figura. Dado el carácter opcional de todos los

---

<sup>10</sup>Entidad Pública Empresarial adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información que tiene, con carácter general, legalmente encomendadas una serie de funciones con el objeto de contribuir al fomento y desarrollo de la sociedad de la información en España

elementos de LOM será cada comunidad quien defina los elementos elegidos para su *perfil de aplicación*.

- Establecer relaciones entre elementos. En el contexto de algunas comunidades puede tener sentido imponer relaciones adicionales entre elementos de LOM; por ejemplo el *perfil de aplicación* de ARIADNE si el valor del elemento *6.1:Rights – Cost* es *yes*, entonces los elementos *publisher* y *autor* en el apartado *2.3.1 LifeCycle – Contribute – Role*, se convierten en obligatorios.
- Definir taxonomías y clasificaciones. LOM incluye la categoría 9 para emplear taxonomías y clasificaciones que caractericen al objeto de aprendizaje. Cada *perfil de aplicación* puede utilizar su propia jerarquía de clasificación.

Una vez determinado el *perfil de aplicación* necesario para una comunidad concreta, será necesario establecer el proceso mediante el cual se van a rellenar esos metadatos. Respecto a la fuente de los metadatos, éstos podrán ser rellenados por los autores, por revisores especializados o generados de forma automática. Esta última posibilidad es una opción realista en la actualidad y existen iniciativas de automatización que pueden ayudar en el proceso de generación de los metadatos (Benneker 2006). Para facilitar el proceso de relleno de los metadatos de un objeto de aprendizaje puede ser útil considerar las siguientes fuentes de información: El contenido del objeto de aprendizaje, su contexto, su nivel de agregación y posición en una determinada estructura y la utilización que se hace del mismo (Cardinaels et al. 2005).

Una iniciativa promovida por ASPECT (Massart 2009) es la utilización de estándares como XVD, VDEX, ZTHES y SKOS, que permiten el mapeo entre diferentes vocabularios de diferentes *perfiles de aplicación*.

Por otra parte, existen interesantes aportaciones para estandarizar la búsqueda de información de metadatos, como el protocolo de recuperación de metadatos en repositorios de objetos de aprendizaje de la Open Archives Initiative<sup>11</sup> (Lagoze et al. 2003).

---

<sup>11</sup><http://www.openarchives.org>

Una vez estudiados los metadatos que describen a los objetos de aprendizaje se analizarán las diferentes iniciativas sobre empaquetado y organización de recursos educativos.

### **2.2.5. Empaquetado y organización de recursos educativos**

Un factor clave en el proceso de intercambio de recursos educativos entre diferentes sistemas es la preservación de las relaciones existentes entre las distintas unidades que componen la agregación. Así, es indispensable la definición de modelos de datos que permitan la representación de la estructura de las agregaciones de recursos educativos, con el fin de facilitar el intercambio de cursos completos o partes de los mismos. La recomendación más destacada en este campo es la propuesta por el consorcio IMS: la especificación IMS Content Packaging, cuyo elemento clave es el paquete.

#### **2.2.5.1. IMS Content Packaging Specification**

Los paquetes IMS se componen de dos elementos. El primero es el “manifiesto”, un documento XML en el que se describen los contenidos encapsulados y su organización. El segundo son los propios contenidos educativos, descritos en el manifiesto. Dentro del manifiesto existe el sub-elemento *metadatos* utilizado para describir en general el contenido empaquetado bajo un esquema de metadatos de objetos de aprendizaje.

#### **2.2.5.2. IMS Simple Sequencing Specification**

El modelo de secuenciación simple de actividades de aprendizaje aporta un esquema base utilizado para especificar la navegación entre las distintas actividades de aprendizaje existentes en un objeto de aprendizaje.

#### **2.2.5.3. IMS Question and Test Interoperability**

La especificación IMS-QTI está enfocada a la interoperabilidad de los cuestionarios, evaluaciones y preguntas almacenados en los sistemas LMS (Lay 2004).

Recientemente IMS Global Learning Consortium ha desarrollado la iniciativa IMS Common Cartridge que intenta englobar a diferentes estándares educativos como IMS Content Packaging, IMS Question and Test Interoperability (QTI), IEEE LOM y SCORM (Massart 2009).

### **2.2.6. SCORM**

Pero sin duda el esfuerzo más relevante y que más interés suscita en la comunidad *e-learning* es SCORM (Sharable Content Object Reference Model)(ADL 2003), modelo común de objetos de aprendizaje basado en componentes, cuyo principal objetivo es permitir que los contenidos educativos estándar puedan compartirse entre diferentes sistemas *e-learning*. SCORM engloba varios estándares y especificaciones de entre las mencionadas anteriormente, como LOM, las especificaciones de IMS sobre secuenciación y diseño de contenidos o el EML de la Universidad Abierta de Holanda (OUNL).

Una vez estudiadas diferentes iniciativas sobre como agrupar recursos educativos, se va a analizar un concepto que permite representar todos los elementos presentes en el proceso educativo, los diseños de aprendizaje.

### **2.2.7. Diseños de aprendizaje**

Aunque se pueden encontrar diferentes definiciones de diseño de aprendizaje, en todas subyace el concepto de personas realizando actividades, utilizando recursos en un entorno determinado (Olivier & Tattersall 2005). No se está hablando sólo de contenidos cursados de forma individual, sino de secuencias colaborativas de actividades realizadas en un entorno determinado y utilizando unos recursos concretos. Esta es una visión del *e-learning* basada más en la actividad que en los contenidos, que además contempla la colaboración entre múltiples alumnos y con el profesor. El núcleo de este concepto consiste en que los alumnos realizan actividades en un determinado entorno, en el que se pueden definir diferentes aspectos: Los alumnos y profesores son representados mediante roles, las actividades son organizadas siguiendo una secuencia, la unidad de aprendizaje es diseñada para alcanzar unos objetivos educativos y se establecen los prerrequisitos



necesarios para realizarla (Hummel et al. 2004).

Para modelar estos materiales se pueden utilizar los denominados EML —Educational Modelling Languages— (Rawlings et al. 2002). Entre ellos, el más relevante y maduro es el de la Universidad Abierta de Holanda (Koper 2001), base de la especificación para el diseño de materiales educativos de IMS (Koper et al. 2003).

Mediante la utilización de los EML es posible personalizar los materiales educativos para cada alumno —actividades, recursos, objetivos y evaluaciones—. Además permiten que los diferentes elementos implicados en la experiencia educativa —roles, objetivos, resultados, actividades, recursos y servicios— sean representados en unidades de aprendizaje (Torres et al. 2009).

Otra iniciativa relevante en el campo de los diseños de aprendizaje es LAMS (Learning Activity Management System). LAMS es un entorno virtual de enseñanza/aprendizaje de orientación constructivista para la creación y gestión de actividades educativas colaborativas. Las secuencias de aprendizaje LAMS representan las actividades realizadas en una clase pudiéndose utilizar en primaria, secundaria y estudios superiores. El tamaño de las secuencias puede variar de unas pocas actividades secuenciales que cubren un objetivo educativo sencillo, a secuencias formadas por múltiples actividades que siguen un flujo de trabajo complejo. LAMS incluye diferentes entornos que permiten a los profesores crear y compartir nuevas secuencias, adaptar y reutilizar secuencias existentes, y monitorizar en tiempo real la realización de las mismas (Dalziel 2003).

### **2.2.8. Competencias**

En lo que se refiere a la definición y estandarización de competencias, existen dos esfuerzos principales. *Competency Definitions* de LTSC (Archambeau 2004) es un trabajo en curso cuyo objetivo es definir un modelo de datos para las definiciones de competencia, creando identificadores únicos para los llamados “objetivos didácticos” que faciliten la referencia no ambigua desde los recursos didácticos. Un trabajo similar es IMS-RDCEO

—Reusable Definition of Competency or Educational Objective— que persigue la definición de competencias que aparecen como prerrequisitos para la realización de experiencias educativas o como objetivo didáctico de las mismas (Cooper & Ostyn 2002).

### 2.2.9. Interacción entre sistemas

En cuanto al soporte para la interacción entre los contenidos en forma de objetos de aprendizaje y los sistemas que los manejan, existen diversos trabajos importantes. El modelo estándar de datos para la comunicación de contenidos de LTSC (Lewis 2004), que describe la información que se puede transmitir desde y hacia un objeto de aprendizaje por parte de los LMS cuando un usuario está interactuando con el objeto de aprendizaje, bien para transmitir contenidos sobre las puntuaciones del alumno, etc. o bien para recabar información sobre el alumno que el objeto necesita para funcionar. Adicionalmente, la normalización de la arquitectura de los sistemas de *e-learning* está reflejada en el estándar LTSA (Farance & Tonkel 2001), que especifica una arquitectura junto con el diseño de los sistemas y los componentes de los mismos.

Respecto a la interoperabilidad entre los repositorios que almacenan los objetos de aprendizaje existen diferentes iniciativas:

- *IMS Digital Repositories Specification*: La especificación Digital Repositories (IMS 2003) tiene como objetivo la elaboración de recomendaciones que permitan la interoperabilidad entre diferentes repositorios digitales. El propósito es poder acceder a cualquier almacén de recursos educativos utilizando los metadatos como elemento principal para la identificación de los mismos.
- Otra aproximación es la iniciativa de interoperabilidad del CEN/ISSS apoyada por PROLEARN –Network of Excellence in Professional Learning, European Commission Sixth Framework Project–, cuyo objetivo es el de proporcionar una interfaz simple de acceso – SQI (Simple Query Interface (CEN 2005*b*))– . SQI es parte de Learning Object Repository Interface (CEN 2005*a*), una arquitectura que define los servicios necesarios para conseguir la interoperabilidad entre repositorios, como

por ejemplo consultas o petición de contenidos.

- Por último, CORDRA (Content Object Repository Discovery and Registration/Resolution Architecture) <sup>12</sup> es un modelo de arquitectura distribuida abierta para repositorios, que define una serie de servicios para el descubrimiento, compartición y reutilización de recursos didácticos.

A continuación se analizan con más profundidad los repositorios de recursos educativos.

## 2.3. Repositorios

La principal forma de compartir recursos educativos consiste en ofrecer objetos de aprendizaje a través de diferentes repositorios educativos accesibles en Internet. Estos objetos de aprendizaje están descritos y categorizados mediante unos registros de metadatos que facilitan una búsqueda estructurada del conocimiento existente. Creadores de objetos de aprendizaje, estudiantes o profesores pueden obtener las referencias a estos objetos como resultado de una búsqueda detallada que hace uso de los metadatos almacenados en el repositorio. En los repositorios actuales, la mejora en los resultados sobre búsquedas específicas para objetos de aprendizaje no es la única ventaja. Un elemento importante que justifica por sí mismo la existencia de este tipo de repositorios, lo constituyen las revisiones que ciertos expertos realizan (y publican) a los objetos en algunos repositorios. También resulta relevante destacar que, aunque existen numerosos repositorios, unos pocos acumulan la gran mayoría de los objetos de aprendizaje disponibles (Ochoa & Duval 2009).

Dentro de los repositorios de objetos de aprendizaje se diferencian dos tipos: los que contienen objetos de aprendizaje y sus metadatos, y los que contienen sólo los metadatos. Estos últimos constituyen la opción mayoritaria y permiten acceder al objeto a través de una referencia a otra ubicación.

---

<sup>12</sup>CORDRA – <http://cordra.net/docs/>

Este tipo de sistemas dan soporte a toda la teoría de reutilización de objetos de aprendizaje, ya que es posible componer nuevos objetos utilizando recursos ya existentes en el repositorio. La atomicidad de los objetos de aprendizaje siempre pasa por la unidad de recurso elemental utilizado en una actividad de enseñanza, así por ejemplo un texto, una imagen, una animación, un vídeo o un applet que sirvan para enseñar son objetos de aprendizaje. Para entender mejor esta idea se expone como ejemplo un applet capaz de elaborar la representación gráfica de una función a partir de su expresión matemática. Este recurso puede ser utilizado para enseñar a generar e interpretar gráficas de funciones o contrastar determinados resultados de algunos ejercicios. Cualquier persona que necesite este recurso para crear un objeto de aprendizaje más complejo puede localizarlo en el repositorio y referenciarlo. Aunque, como se ha expuesto, la existencia de repositorios facilita la reutilización, es necesario que los objetos de aprendizaje presenten unas determinadas características que faciliten la reutilización. Será un objetivo de esta tesis identificar esas características y la forma de medirlas.

Los repositorios de objetos de aprendizaje explotan la filosofía de compartición de recursos para conseguir un mayor grado de reutilización. En este escenario intervienen diferentes roles independientes a lo largo del ciclo de vida del objeto de aprendizaje:

- **Creador del objeto de aprendizaje:** agente encargado de crear el contenido mediante diferentes herramientas de autor.
- **Creador de metadatos:** agentes encargados de generar un conjunto de metadatos sobre el objeto de aprendizaje según un modelo y formato establecido.
- **Usuario final:** el usuario del repositorio que busca y usa el objeto de aprendizaje, que puede ser un profesor o estudiante. Además puede realizar comentarios sobre las experiencias como usuario.
- **Evaluador:** experto en el dominio, responsable de realizar la evaluación del objeto de aprendizaje. Sus evaluaciones son una valiosa aportación al repositorio.

Con los comentarios y evaluaciones realizados, el creador del objeto de aprendizaje

puede mejorar el contenido para incrementar el grado de efectividad requerido en sus objetivos. Este tipo de repositorios permiten por tanto conectar a los diferentes roles, creando así una nueva sinergia con el objetivo de mejorar la calidad en los procesos de aprendizaje.

Actualmente existen numerosos repositorios de objetos de aprendizaje que presentan diferentes características. Utilizando la caracterización realizada por Soto (2008) se identifican las siguientes características que los definen:

- **Acceso libre (AL):** característica referida al modo de acceso al contenido de los recursos del repositorio. Pueden existir repositorios únicamente privados para una red interna (PRI), o con todo el contenido público (PUB), con contenido privado y público (MX).
- **Conectividad con otros repositorios (ELOR):** se indican los repositorios con los que está conectado para la compartición de recursos didácticos.
- **API para clientes (API):** se refleja la existencia o no de un software intermedio que permita construir aplicaciones que utilicen los recursos del repositorio.
- **Esquema de metadatos (EM):** esta característica muestra si se utiliza un estándar de metadatos asociado a los registros almacenados en el repositorio (referido al almacenamiento o exportación de datos).
- **Creación de metadatos (CM):** se indica si un usuario registrado puede crear nuevos registros (USU) o si por el contrario los proveedores de contenidos del repositorio son los únicos responsables de los registros proporcionados (PROV).
- **Comentarios de los usuarios (CMU):** se refleja si los usuarios pueden o no realizar comentarios sobre los objetos de aprendizaje.
- **Evaluación por expertos (PREV):** se muestra si el repositorio permite introducir evaluaciones realizadas por expertos.

- **Búsqueda (BUS):** en esta característica se refleja el tipo de búsqueda que permite realizar el repositorio: simple (S) referida a la búsqueda sencilla sobre el nombre o descripción del objeto de aprendizaje, o avanzada (A) sobre atributos concretos de los registros.
- **Navegación (NAV):** esta característica indica si el repositorio posee alguna organización taxonómica navegable de su contenido.

La tabla 2.1 resume el análisis realizado por Soto (2008) completado y actualizado con nuevos repositorios:

Repositorio	AL	ELOR	API	EM	CM	CMU	PREV	BUS	NAV
eLera	PUB	SI	NO	SI	USU	SI	SI	A	SI
Merlot	PUB	SI	SI	NO	USU	SI	SI	A	SI
Connexions	PUB	NO	SI	SI	USU	SI	SI	A	SI
NLN	PUB	NO	NO	NO	PROV	NO	NO	A	SI
FREE	PUB	NO	NO	NO	PROV	NO	NO	S	SI
MIT OCW	PUB	NO	NO	NO	PROV	NO	NO	A	SI
GEM	PUB	NO	NO	NO	PROV	NO	SI	S	SI
EducaMadrid	PUB	NO	NO	SI	USU	NO	NO	A	SI
Educarex	PUB	NO	NO	SI	USU	NO	NO	A	SI
Agrega	PUB	SI	NO	SI	USU	SI	NO	A	SI

Tabla 2.1: Características de los repositorios.

A continuación se detallan las características de los repositorios citados.

### 2.3.1. eLera

El repositorio eLera<sup>13</sup> fue puesto en marcha en 2002 y forma parte de la red de repositorios eduSource<sup>14</sup> de Canada.

Su principal objetivo es servir de base a la investigación sobre temas como el diseño, la calidad y la evaluación de los objetos de aprendizaje. eLera almacena metadatos de objetos de aprendizaje junto con la referencia de los mismos y permite a los usuarios evaluar los objetos de aprendizaje con la herramienta LORI (Learning Object Review

<sup>13</sup><http://www.elera.net>

<sup>14</sup><http://www.edusource.ca>

Instrument) y añadir comentarios a los mismos (Nesbit & Li 2004). Ofrece la funcionalidad de búsqueda de objetos de aprendizaje usando los metadatos que los describen o las evaluaciones realizadas sobre los mismos. Estas evaluaciones se pueden ver de manera detallada o de forma agregada, obteniendo valores numéricos que resumen la evaluación de los mismos.

eLera define su propio *perfil de aplicación* de metadatos que está basado en cancore<sup>15</sup> y que es compatible con el estándar IEEE LOM. También permite a los usuarios mantener una colección personal de los objetos de aprendizaje que sean de su interés.

### 2.3.2. Merlot

Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching (Merlot)<sup>16</sup>, es un repositorio que ofrece recursos libres con contenidos educativos multidisciplinares para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior. Contiene miles de enlaces a materiales educativos, multitud de evaluaciones realizadas por usuarios individuales así como numerosos resultados de las encuestas realizadas a expertos. Permite que los usuarios contribuyan con sus materiales educativos. Merlot también es una comunidad de usuarios con el interés común de mejorar la forma de enseñar y compartir las experiencias de enseñanza. Posee un fuerte fondo pedagógico avalado por expertos en educación superior y corporativa. Los miembros asociados de Merlot dan un fuerte soporte a este proyecto.

La interfaz proporciona múltiples opciones de navegación y búsqueda de información. Además, cada objeto de aprendizaje posee asociado un nivel de calidad según las evaluaciones realizadas por expertos (en inglés *peer reviews*). En las interfaces aparece una media general de la evaluación realizada por los expertos, en función de la calidad del contenido, la efectividad y la facilidad de uso. También se pueden consultar los comentarios realizados por los usuarios finales y las tareas de trabajo (en inglés *exercises*)

---

<sup>15</sup><http://www.cancore.ca>

<sup>16</sup><http://www.merlot.org>

asociadas.

Los usuarios también pueden guardar en *personal collections* aquellos objetos que les son de interés para una posible reutilización. Muchos profesores plantean posibles escenarios de aprendizaje dentro de una clase utilizando el objeto de aprendizaje, en cuyo caso se puede decir que marcan el modo de “uso” del objeto.

### 2.3.3. Connexions

El repositorio Connexions<sup>17</sup> propone nuevas formas de desarrollar y compartir materiales educativos y nuevas maneras de mejorar los procesos de aprendizaje utilizando los mecanismos de la Web 2.0. Fue puesto en marcha por la Universidad de Rice en 1999 y en él se guardan tanto los materiales educativos como los metadatos que los describen.

En Connexions los usuarios tienen la posibilidad de:

- Crear nuevos materiales educativos y añadirlos al repositorio.
- Modificar los materiales existentes para adaptarlos a sus necesidades.
- Agrupar los materiales disponibles para formar colecciones o cursos.
- Publicar el material resultante en diferentes formatos: Web, DVD o Libro impreso.

El proyecto Community College Open Textbook Project (CCOTC),<sup>18</sup> que impulsa la adopción de libros de texto *abiertos* recomienda utilizar Connexions como la herramienta adecuada para compartir, reutilizar, personalizar y difundir los contenidos de los libros de texto *abiertos* (Baker et al. 2009).

### 2.3.4. National Learning Network (NLN)

National Learning Network (NLN) es una red destinada a fomentar el uso de las tecnologías de e-learning en Inglaterra. NLN aporta cientos de materiales didácticos de

---

<sup>17</sup><http://www.cnx.org>

<sup>18</sup><http://www.collegeopentextbooks.org>



gran calidad, además de estar apoyada por el LSC (Learning and Skills Council) y sus socios BECTA (British Educational Communications and Technology Agency), JISC (Joint Information Systems Committee), LSN (Learning and Skills Network), NILTA y UKERNA-JANET (Red de universidades, Colegios, Centros de investigación y comunidades de e-learning del Reino Unido).

Cada objeto de aprendizaje en el repositorio de materiales didácticos NLN tiene asociado un registro de metadatos llamado *Tutor documentation*, donde se incluye información adicional sobre el propósito, los objetivos didácticos, el tiempo de estudio aproximado, el tipo de unidad didáctica o los prerrequisitos de conocimiento, entre otros. Esta información, aunque es útil, no está formalizada dentro de un registro de metadatos de acuerdo con los estándares existentes (como LOM), y en consecuencia no proporciona una ayuda adicional en el esfuerzo para estandarizar y unificar los atributos requeridos para describir adecuadamente el objeto de aprendizaje dentro del repositorio.

### **2.3.5. FREE**

FREE (Federal Resources for Educational Excellence) es un repositorio de recursos e-learning apoyado por el departamento de educación de los EEUU. Más de treinta agencias federales se organizaron en 1997 con el objetivo de crear un sistema que permitiese una localización fácil y organizada de recursos utilizados en la enseñanza y el aprendizaje. A pesar de poseer una gran cantidad y calidad en el contenido de los objetos almacenados, existen diferencias relevantes con otros repositorios:

- Los usuarios no pueden crear nuevos registros de metadatos, si no que sólo pueden localizar los recursos navegando por un árbol de categorías generales o mediante una sencilla búsqueda por descripción.
- Tampoco hay ningún sistema de evaluación de la calidad de los contenidos por parte de los usuarios, sino que estos se ven supeditados a las directrices del grupo de trabajo de FREE.
- Los registros de metadatos no siguen un estándar de metadatos para objetos de

aprendizaje, si no que únicamente almacenan la dirección de localización (URL) y una breve descripción en lenguaje natural, aunque estén clasificados por áreas de conocimiento.

- El acceso se realiza únicamente por un cliente Web, por lo que resulta difícil crear módulos de programación que permitan acceder y utilizar el contenido del repositorio.

### 2.3.6. MIT OCW

El proyecto Open CourseWare (OCW) apoyado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y la fundación William y Flora Hewlett, tiene como principal objetivo poner a disposición de profesores y alumnos multitud de recursos educativos que puedan ayudar a las tareas de enseñanza o autoaprendizaje. En la fecha de realización de este estudio dispone de 1900 cursos publicados, con las expectativas futuras de seguir creciendo gracias al apoyo de las distintas facultades del MIT. Con este repositorio, se brinda la oportunidad de conocer y disfrutar de los materiales didácticos de uno de los más prestigiosos institutos tecnológicos del mundo.

El usuario no necesita registrarse para poder obtener cualquier tipo de material, ni tampoco interactúa con el repositorio aportando sus propios materiales. Este repositorio aporta un gran valor a la comunidad científica como recurso de autoaprendizaje y una visión global del beneficio de liberar los materiales didácticos en este tipo de repositorios.

El repositorio ofrece un mecanismo de búsqueda simple y otro de búsqueda avanzada detallando las características de búsqueda (frase exacta, al menos una de las palabras incluidas, o ninguna de las palabras especificadas) y el tipo de recurso a localizar. Los resultados ofrecidos son múltiples, desde recursos individuales hasta cursos completos con contenidos normalizados en un esquema de metadatos. También ofrece la posibilidad de navegar para localizar los recursos organizados por departamentos y disciplinas.

Friesen (2009) realiza un estudio sobre el uso de este repositorio e identifica cómo

los cursos disponibles son utilizados por usuarios de todo el mundo y principalmente en procesos de autoformación

Elogiando esta iniciativa, Wiley (2006) afirma que llegará un momento en que todas las instituciones de educación superior, al igual que sucede con el MIT, ofrezcan un catalogo de materiales educativos abiertos de la misma forma que ahora disponen de sitios web de carácter primordialmente informativo.

### **2.3.7. Gateway to Educational Materials (GEM)**

Este proyecto proporciona un repositorio como puerta de acceso libre a multitud de materiales y herramientas didácticas. GEM está apoyado por NEA (National Education Association), una importante asociación relacionada con la educación en EEUU, centrada en el apoyo las nuevas tecnologías para la enseñanza en el sector público. GEM recoge el esfuerzo conjunto de los organismos dedicados a mejorar la enseñanza pública.

Los usuarios pueden registrarse y ser miembros de la red GEM y además algunos pueden adquirir privilegios para realizar evaluación de materiales. Los recursos están descritos en un estándar propio que incluye campos que indican el nivel pedagógico al cual están orientados.

Por otro lado GEM facilita un árbol de categorías estructurado, cuya taxonomía interna permite realizar navegaciones óptimas dentro de las múltiples categorías de los objetos de aprendizaje que alberga. La búsqueda es simple y se realiza por tres atributos diferentes: título, descripción o palabras clave.

### **2.3.8. EducaMadrid**

La Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, ha creado un repositorio de objetos de aprendizaje disponible a través del portal <http://www.educa.madrid.org>. En él los profesores de Primaria y Secundaria pueden crear objetos de aprendizaje que se almacenan en el propio portal y que pueden ser compartidos con el resto de la comunidad

educativa. Los objetos de aprendizaje son descritos mediante metadatos que siguen el estándar IEEE LOM. Los objetos pueden ser exportados siguiendo el estándar SCORM para ser utilizados sobre otras plataformas.

### **2.3.9. Educarex**

La Junta de Extremadura, a través de su Consejería de Educación, ha desarrollado el portal Educarex. En el sitio web <http://www.educarex.es> se proporcionan diferentes alternativas en el uso de materiales educativos tanto al profesorado que desea simplemente usar los recursos educativos digitales como a quienes, además, desean crearlos. Esta plataforma integra un banco de recursos, un gestor de aprendizaje y una herramienta de autor que funciona tanto en sistemas Linux como en Windows, y que permite la creación de objetos de aprendizaje empaquetados en SCORM (López 2007).

### **2.3.10. Agrega**

El proyecto Agrega<sup>19</sup> constituye un repositorio de objetos de aprendizaje basado en SCORM y en el *perfil de aplicación* LOM-ES. El repositorio está compuesto por una red de nodos distribuidos en las diferentes Comunidades Autónomas de España. Desde el punto de vista de la interoperabilidad, el proyecto tiene dos objetivos básicos: uno es poder ser utilizado por otras aplicaciones externas y el otro es poder interoperar con otros repositorios externos digitales. El primer objetivo se ha cumplido mediante la implementación de una arquitectura de servicios web, y con el fin de cumplir el segundo objetivo, se ha decidido aplicar las normas IMS DRI y SQI, que garantiza la interoperabilidad entre los repositorios (Sarasa et al. 2009).

### **2.3.11. Problemas en el uso de los metadatos en los repositorios**

Al escribir información en registros de metadatos sobre el contenido de los objetos de aprendizaje, se facilitan varios procesos, tales como el almacenamiento, la búsqueda y la recuperación desde repositorios distribuidos, así como la composición de nuevos materiales didácticos. Al aceptar las especificaciones de metadatos y los estándares, los

---

<sup>19</sup><http://www.proyectoagrega.es>

objetos de aprendizaje ubicados en repositorios son más operables y reutilizables. Sin embargo este beneficio teórico sólo es plenamente alcanzado si la calidad de los metadatos está garantizada. Existen diferentes iniciativas que evalúan la calidad de los *perfiles de aplicación* definidos en diferentes repositorios de objetos de aprendizaje, como la propuesta de Ochoa y Duval (2006a) que definen una serie de métricas para medir la calidad de los registros de metadatos, o el estudio de Sicilia et al. (2005) en el que se identifican los problemas encontrados en los metadatos de los repositorios Merlot y Careo.

En general, en los repositorios existen diversos problemas relativos a los metadatos que conviene reseñar. Aunque es necesario indicar que muchos de estos problemas no son exclusivos de los repositorios y se presentan cuando se describen objetos de aprendizaje con metadatos en cualquier contexto.

- **Cobertura parcial de IEEE LOM:** En los repositorios se utilizan *perfiles de aplicación* del estándar LOM (LTSC 2002), cubriendo cada perfil sólo una parte de todos los elementos definidos en LOM. Este hecho limita la posibilidad de realizar aplicaciones que puedan interactuar con cualquier repositorio de forma sistemática.
  
- **Dificultades en la interpretación de los elementos de metadatos:** Según Farance (2003), ciertos elementos de metadatos del estándar LOM tienen una definición imprecisa, frecuentemente basada en opiniones débiles acerca del significado del elemento y de su relación con los contenidos. La consecuencia más inmediata de lo anterior es la dificultad para realizar búsquedas o automatizar tareas que utilicen como criterio alguno de esos elementos. Farance hace referencia explícita a ciertos elementos como “particularmente problemáticos”: *1.7.Structure, 1.8.AggregationLevel, 2.2.Status, 2.3.1.Role, 4.7.Duration, 5.1.InteractivityType, 5.2.LearningResourceType, 5.3.InteractivityLevel, 5.4.SemanticDensity, 5.5.IntendedEndUserRole, 5.6.Context, 5.8.Difficulty, 5.9.TypicalLearningTime, 6.Rights, 7.Relation* y *9.Classification*.

- **Insuficientes metadatos definidos en un significativo número de categorías.** Según Mohan (2003), existe una falta de información sobre aspectos pedagógicos esenciales. Los metadatos actuales no permiten incluir información sobre el tipo de alumno al que se adaptan mejor los contenidos de un determinado objeto de aprendizaje, ni sobre los tipos de enseñanza o las estrategias didácticas que se emplean en el mismo. Bourda y Delestre destacan la falta de información referente a la valoración de los objetos de aprendizaje por parte de asociaciones profesionales, a la información sobre *copyright* o sobre el precio de utilización de los objetos, puesto que dichos valores tendrán una alta variabilidad dependiendo de diversos factores —culturales, geográficos, de tasación, etc. (Bourda & Delestre 2004).
  
- **Incertidumbre derivada de la opcionalidad de los elementos de metadatos:** En los registros de metadatos de cada *perfil de aplicación* no siempre aparecen rellenos los mismos campos, introduciendo la presencia de elementos opcionales una dificultad a la hora de realizar un tratamiento sistemático de los metadatos. El carácter opcional de todos los elementos de metadatos tal y como los describe el estándar LOM, y la subsiguiente disparidad de criterios en la elección de los elementos a rellenar según el *perfil de aplicación*, suponen un grave obstáculo para la interoperabilidad entre descripciones basadas en diferentes esquemas (Bourda & Delestre 2004)(Mohan & Brooks 2003). Es posible que éste sea el problema que subyace en la carencia actual de completión en los registros de metadatos y que afecta a la calidad de los mismos (Najjar et al. 2003) (Friesen 2004) (Sicilia et al. 2005).
  
- **Formato de los datos:** Gran parte de la información que describe a un objeto de aprendizaje aparece en un formato no estructurado, siendo en muchas ocasiones texto sin ninguna restricción. Esta situación incrementa posibles inexactitudes a la hora de rellenar los metadatos y dificulta cualquier posible tratamiento automatizado de los mismos (Sánchez-Alonso 2005).
  
- **Vocabularios:** Los estándares de metadatos definen, para algunos elementos, un

conjunto de vocabularios o valores posibles. Esta formalización limita el número de errores en la cumplimentación de los metadatos y facilita el tratamiento sistematizado de estos elementos de metadatos. Sin embargo existen varias carencias debidas a que sólo un número limitado de elementos tienen definidos vocabularios y a que en ocasiones diferentes *perfiles de aplicación* de LOM utilizan diferentes vocabularios para elementos que representan la misma información. Además, no existe un consenso respecto al uso de los términos utilizados como identificador de las categorías de los diferentes dominios de conocimiento de un objeto de aprendizaje, ni tampoco existen directivas de organización de los diferentes niveles de clasificación. Así por ejemplo, Merlot utiliza como categoría raíz Matemáticas y estadística, mientras que en eLera se utiliza la categoría Ciencia, dentro la subcategoría Matemáticas y dentro de esta, la subcategoría Probabilidad y Matemática aplicada. Este problema mencionado limita las capacidades de búsqueda y navegación dada la importancia de la clasificación de los registros de metadatos albergados en los repositorios. La existencia de un vocabulario general universal para todos los posibles términos utilizados en las diferentes categorías de conocimiento, capaz de ser procesado por una máquina, aportaría la base de una de las posibles propuestas de solución general a este problema.

- **Corrección de los metadatos** Margaritopoulos (2008) estudia el uso de los metadatos en los repositorios y define la corrección de los metadatos en dos niveles. En un primer nivel están los errores gramaticales o sintácticos del lenguaje, del estándar de metadatos utilizados o del *perfil de aplicación* usado. Entre estos errores están la omisión de alguna letra, palabras mal escritas, campos que contienen valores inapropiados según el estándar, etc. El segundo nivel abarca la corrección semántica de los valores de los campos de metadatos, entendidos la representación de la realidad del recurso sin ser posible ninguna objeción.
- **Compleción de los metadatos** Margaritopoulos (2008) define completación de un registro de metadatos en un repositorio como la suficiencia de los metadatos para describir completamente al recurso.

- **Relevancia de los metadatos** Margaritopoulos (2008) define que un registro de metadatos en un repositorio es relevante si aporta la información relativa a su contexto de uso.

Debido a los problemas enumerados, se puede concluir que las especificaciones de metadatos actuales no están orientadas al procesamiento de la información por parte de sistemas automatizados. Dicha información se dirige, por el contrario, a usuarios humanos. Los problemas de falta formalización de las citadas especificaciones dificultan la automatización total o parcial de ciertas tareas, como la elaboración de nuevos contenidos educativos a partir de otros existentes, la selección de objetos de aprendizaje almacenados en repositorios distribuidos basada en el cumplimiento de unos objetivos de aprendizaje previamente establecidos, la definición de directrices para la creación de materiales didácticos (Bohl et al. 2002), o la búsqueda de objetos de aprendizaje según diversos criterios, especialmente pedagógicos (Sicilia et al. 2004).

## **2.4. Mecanismos de evaluación de los objetos de aprendizaje**

Al igual que el empleo de estándares y directrices para el diseño, la evaluación de los objetos de aprendizaje constituye un medio importante para asegurar la calidad de los mismos (Krauss & Ally 2005, Friesen 2005, Varlamis & Apostolakis 2006). En la misma línea Li et al. (2006) afirman que la efectividad de los objetos de aprendizaje estará limitada si no se establecen unos principios para su diseño y unas medidas para su evaluación.

Reforzando esta idea, Nesbit (2004) enumera diferentes razones que justifican esta necesidad de evaluación:

- Ayudará a los usuarios a buscar y seleccionar objetos.
- Proporcionará información sobre la mejor manera de utilizar un objeto.
- Aumentará la calidad al aplicar una evaluación formativa en el proceso de diseño y desarrollo del objeto.



- Mejorará las prácticas de diseñadores y desarrolladores al establecer unos mecanismos estándares de evaluación que sirvan de referencia.
- Permitirá que las evaluaciones positivas otorguen un reconocimiento a los mejores diseñadores y desarrolladores.
- Mejorará la reutilización y permitirá alcanzar los beneficios potenciales de los sistemas de *e-learning*: la calidad y la disminución de los costes necesarios para su desarrollo.

Nesbit clasifica también las diferentes formas de realizar estas evaluaciones:

- Evaluaciones de consumo: Realizadas por usuarios, que habitualmente rellenan de forma individual un cuestionario suficientemente estructurado.
- Evaluaciones de expertos: Realizadas por expertos, que de forma individual o conjunta, realizan un cuestionario con una parte estructurada y otra parte de comentarios libres.
- Evaluaciones de objetivos: Orientadas a evaluar objetivos específicos y que utilizan datos empíricos cuantitativos, que pueden ser obtenidos de encuestas realizadas a estudiantes u otras fuentes.

Existen diferentes estudios que realizan propuestas adicionales sobre la evaluación de los objetos de aprendizaje:

- Morales et al. (2005) proponen evaluar los objetos de aprendizaje utilizando los metadatos que los describen y la inspección manual de los mismos. La evaluación debería ser llevada a cabo por diversos expertos relacionados con los objetos de aprendizaje: diseñadores instruccionales, diseñadores gráficos, profesores, etc.. Además, para aumentar la fiabilidad se propone la evaluación colaborativa donde al menos dos evaluadores sean expertos en la materia. Finalmente destacar que la evaluación abarcará cuatro dimensiones: psicopedagógica, didáctico-curricular, técnica y funcional.

- Nesbit (2002) diseña un modelo de evaluación en el que participan diferentes perfiles de evaluadores –alumnos, profesores, desarrolladores multimedia y desarrolladores de contenidos–. En una primera fase los evaluadores califican el objeto de aprendizaje, para posteriormente reunirse para acordar una evaluación final resultante.
- Williams (2000) expone una metodología para desarrollar todas las tareas necesarias en la evaluación: determinar evaluadores, establecer criterios a evaluar dependiendo de cada tipo de evaluador, elaborar los cuestionarios, desarrollar recursos para obtener los datos, planificar tiempos, etc. Además, afirma que una evaluación colaborativa de los objetos de aprendizaje acarreará múltiples ventajas al enriquecerse de la presencia de diferentes perspectivas. Finalmente, concluye que para completar la evaluación de los objetos de aprendizaje es necesario evaluar también el uso que hacen de los mismos estudiantes (de diferentes materias y niveles educativos) y diseñadores.
- Kay y Knaack (2009) proponen una herramienta de evaluación, denominada LOESS, basada en encuestas y dirigida primordialmente a los estudiantes. Las encuestas abarcan preguntas referidas a tres dimensiones: La calidad del objeto de aprendizaje (referida al diseño, aspectos técnicos y a la usabilidad), el aprendizaje logrado y la motivación alcanzada. La herramienta es utilizada por más de 1000 estudiantes de educación secundaria para concluir que existe una correlación entre las valoraciones de las tres dimensiones y el aprendizaje conseguido con los objetos de aprendizaje. Además, como mejora los autores proponen integrar estas evaluaciones con evaluaciones externas realizadas por expertos y con los resultados, en términos de aprendizaje, obtenidos.
- Haughey y Muirhead (2005) proponen una herramienta de evaluación basada en 14 puntos, agrupados en 5 dimensiones – integridad, usabilidad, aprendizaje, diseño y valor. Estos puntos abarcan cuestiones como: si el contenido del objeto de aprendizaje es correcto y está correctamente organizado, si los objetivos educativos son indicados de manera explícita a alumnos y profesores, si la tecnología empleada

mejora el aprendizaje, si el objeto de aprendizaje está preparado para ser usado por alumnos con diferentes necesidades, etc.

- Kurilovas y Dagiene (2009) proponen, basándose en las iniciativas de evaluación existentes, una herramienta de evaluación de objetos de aprendizaje que permite abarcar múltiples aspectos. A diferencia de otras propuestas esta herramienta permite evaluar a los objetos de aprendizaje de diferente manera en las distintas fases de su ciclo de vida. Antes de su inclusión en un repositorio se evalúan aspectos relativos al diseño, usabilidad, reusabilidad, etc.. Durante su inclusión en el repositorio se evalúan aspectos relativos a la autoría y derechos de uso del mismo. Finalmente, durante su uso una vez expuesto en el repositorio, se evalúan aspectos relacionados con los usuarios, como los relativos a la búsqueda y acceso a los mismos.
- Chang (2006) propone un modelo en dos fases para evaluar los objetos de aprendizaje. En una primera fase, mediante un cuestionario, se determina si el material educativo presenta las características necesarias para ser considerado un objeto de aprendizaje. La segunda fase está diseñada para evaluar pedagógicamente los objetos de aprendizaje utilizando cuestionarios. En concreto se evalúa la efectividad, entendida como los conocimientos y destrezas adquiridas por el alumno, y la eficiencia, referida al tiempo empleado por los alumnos y el profesor, y a los recursos utilizados.
- Velázquez et al. (2007) identifican los aspectos que es necesario evaluar para determinar la calidad de un objeto de aprendizaje. En una segunda etapa identifican como dichos aspectos pueden ser valorados a partir de los metadatos del estándar LOM. El objetivo final de su propuesta es demostrar la necesidad de realizar una extensión del estándar LOM con elementos de metadatos más descriptivos, que mejoren los procesos de búsqueda de los mismos.

Una vez identificada la necesidad de evaluar los objetos de aprendizaje y habiendo sido analizadas diferentes iniciativas sobre cómo llevarla a cabo, se pasará a estudiar distintas aproximaciones a la evaluación desarrolladas en diferentes repositorios de objetos

de aprendizaje.

### **2.4.1. Evaluación de los objetos de aprendizaje en repositorios**

Algunos repositorios han desarrollado iniciativas que permiten a expertos y usuarios evaluar los objetos de aprendizaje. Existen varias aproximaciones para proporcionar esta evaluación (Nesbit & Li 2004) (Sicilia et al. 2006). En concreto, Tzikopoulos et al. (2007) identifican cómo 23 de los 59 repositorios contemplados en su estudio ofrecían diversos mecanismos de evaluación de los objetos de aprendizaje.

A continuación se analizan las realizadas en los repositorios eLera, Merlot, Connections y Dlnet.

#### **2.4.1.1. eLera**

eLera permite a los usuarios evaluar los objetos mediante la herramienta LORI (Nesbit et al. 2003, Nesbit et al. 2006), que como ilustra la figura 2.1 permite evaluar nueve aspectos:

1. Calidad de contenidos. Veracidad, exactitud, buena presentación de las ideas y apropiado nivel de detalle.
2. Cumplimiento de objetivos. Adecuación entre los objetivos de aprendizaje previstos, las actividades, las evaluaciones y las características del alumno.
3. Realimentación y capacidad de adaptación. Capacidad de adaptación a diferentes tipos de alumnos y realimentación proporcionada.
4. Motivación. Capacidad de motivar y aumentar el interés por la materia tratada.
5. Presentación. Evalúa el diseño de la presentación.
6. Usabilidad. Facilidad de navegación, interfaz de usuario intuitiva y calidad del interfaz de ayuda.
7. Accesibilidad. Posibilidad de adaptación a discapacidades y a dispositivos móviles.

8. Reusabilidad. Posibilidad de ser reutilizado en diferentes contextos por alumnos con diferentes conocimientos.
9. Cumplimiento de estándares. Adecuación a estándares y especificaciones internacionales.

Cada aspecto se valora en una escala del 1 al 5, pudiendo omitirse la evaluación de algún aspecto.

Hay que reseñar que utilizando eLera se han desarrollado iniciativas de evaluación colaborativa, en las que participan grupos de expertos. En esta modalidad una primera fase sirve para evaluar los objetos de forma individual y asíncrona para posteriormente discutir las evaluaciones y acordar el resultado final (Vargo et al. 2003).

#### **2.4.1.2. Merlot**

Merlot ofrece objetos de aprendizaje clasificados en siete grandes categorías: artes, economía, educación, humanidades, matemáticas, ciencia y tecnología. Con la intención de asegurar la calidad de los materiales ofrecidos en el repositorio estos son evaluados mediante un proceso de revisión por iguales o “peer reviews”. Para garantizar la validez de las evaluaciones todos los evaluadores son profesores expertos en el tema del que trata el objeto de aprendizaje y además utilizan habitualmente recursos educativos digitales en su actividad docente (Cafolla 2006). Con esta evaluación se consigue que los materiales con una valoración más alta puedan aparecer primero en la lista de resultados obtenidos tras realizar una búsqueda en el repositorio.

La evaluación de los objetos se realiza mediante tres dimensiones:

- Calidad del contenido. Incluye aspectos como la exactitud, veracidad, y aporte pedagógico del material educativo. También se estudia si el contenido es difícil de aprender o de enseñar.

### Scoring Sheet

Learning Object \_\_\_\_\_ Reviewer \_\_\_\_\_


<p><b>General Remarks</b></p>   	 <p>★ ★ ★ ★ ★</p>						
<p>Low <span style="font-size: 2em;">→</span> High</p>							
<p><b>1. Content Quality:</b> Veracity, accuracy, balanced presentation of ideas, and appropriate level of detail</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>2. Learning Goal Alignment:</b> Alignment among learning goals, activities, assessments, and learner characteristics</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>3. Feedback and Adaptation:</b> Adaptive content or feedback driven by differential learner input or learner modeling</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>4. Motivation:</b> Ability to motivate and interest an identified population of learners</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>5. Presentation Design:</b> Design of visual and auditory information for enhanced learning and efficient mental processing</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>6. Interaction Usability:</b> Ease of navigation, predictability of the user interface, and quality of the interface help features</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>7. Accessibility:</b> Design of controls and presentation formats to accommodate disabled and mobile learners</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>8. Reusability:</b> Ability to use in varying learning contexts and with learners from differing backgrounds</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							
<p><b>9. Standards Compliance:</b> Adherence to international standards and specifications</p>	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;">1</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">2</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">3</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px;">5</td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 40px; height: 20px;">NA</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	NA
1	2	3	4	5			
NA							

Figura 2.1: Cuestionario de evaluación de objetos de aprendizaje en eLera

- **Facilidad de uso.** Evalúa la dificultad que presenta utilizar el material educativo por primera vez. Abarca temas como la usabilidad del material, si proporciona realimentación durante su uso, si la presentación de los contenidos es atractiva y motivante, si es necesario mucha documentación para que los estudiantes puedan utilizarlo, etc.
- **Efectividad como herramienta de aprendizaje.** Evalúa la capacidad del material para conseguir los objetivos de aprendizaje propuestos para el contexto de utilización para el que ha sido diseñado.

Cada aspecto se valora en una escala numérica del 1 al 5, que califica los objetos desde “pobres” a “excelentes”. La media ponderada de las tres dimensiones será el valor final de evaluación del objeto de aprendizaje (Vargo et al. 2003). Los usuarios registrados también pueden evaluar los objetos en una escala del 1 al 5 y explicar mediante un comentario su evaluación.

#### **2.4.1.3. Connexions**

El repositorio Connexions propone una evaluación de la calidad a través de un mecanismo de “lentes”. Inicialmente cada usuario puede acceder a todos los materiales existentes en el repositorio cualquiera que sea su calidad. Sin embargo existen lentes que seleccionan a aquellos objetos que tienen mayor calidad, de tal manera que utilizando una o varias lentes superpuestas un usuario accederá a los materiales con mayor calidad.

El origen de cada lente puede ser diverso: pueden haber sido creadas por editores de materiales educativos, por profesionales de un determinado sector o constituidas de forma automática en base a datos como la popularidad, el número de reutilizaciones, el número de veces que es enlazado u otras métricas (Baraniuk 2007). Además de esta forma de evaluación, Connexions también permite que los usuarios valoren los materiales en una escala del 1 al 5 y que seleccionen sus materiales favoritos. Una novedad a la hora de acceder a los materiales de Connexions es que se pueden identificar los materiales

que han sido accedidos un mayor número de veces. Todos estos criterios de evaluación pueden ser utilizados de forma complementaria para acceder buscar los materiales más adecuados.

#### **2.4.1.4. Dlnet**

Como Merlot, Dlnet (Digital Library Network for Engineering and Technology) permite la evaluación a dos niveles: Por expertos y por usuarios. Pero difiere con Merlot en que los objetos no son publicados en el repositorio hasta que no son aprobados por la revisión entre iguales. La evaluación pública por parte de los usuarios permite ofrecer un ranking de objetos según la opinión de los usuarios.

Dlnet no realiza una agregación de las distintas evaluaciones, y durante el proceso de evaluación se contemplan 11 apartados valorados en una escala del 1 al 5. Además existe la posibilidad de añadir comentarios a la evaluación.

Una vez presentadas las iniciativas de evaluación de los objetos de aprendizaje en los repositorios se enumeraran las carencias que presentan.

### **2.4.2. Carencias de las evaluaciones realizadas en repositorios**

Las evaluaciones realizadas en los repositorios presentan diferentes problemas:

- El trabajo de revisión manual de los materiales es costoso y la cantidad de recursos educativos es enorme y crece cada día. Por ejemplo a la fecha de realizar este estudio –octubre de 2009– en el repositorio Merlot existían 21399 objetos de aprendizaje, de los cuales sólo 2867 –el 13 % –tenían su “peer review” realizada. De esta forma los objetos no evaluados aparecerán al final de los resultados de búsqueda como si fueran de pobre calidad.
- Boskic (2003) recuerda que la mayoría de las evaluaciones realizadas por expertos se elaboran de forma individual, lo que constituye una limitación a su validez. Para



paliar en parte esta limitación sería necesario desarrollar procesos colaborativos de evaluación en los repositorios, lo que incrementaría aún más el alto coste de evaluación de los recursos.

- Las revisiones realizadas por los usuarios –como el apartado *comments* en Merlot– tienen fuertes limitaciones derivadas de diferentes problemas como falta de formación de los mismos, la posible subjetividad de sus gustos, etc. (Han 2004). Además, sólo un pequeño número de usuarios realizan estas evaluaciones por lo que sus evaluaciones podrían no ser representativas de lo que el conjunto total de usuarios opinan (Kay & Knaack 2007).
- Akpınar (2008) realiza un estudio de validación de algunas áreas de evaluación de la herramienta LORI contrastando las evaluaciones con encuestas a estudiantes y profesores, y concluyendo que las evaluaciones de LORI no son suficientes para predecir los beneficios educativos que se obtendrán con los objetos de aprendizaje.
- Aunque existen diferentes iniciativas que permiten que una búsqueda se realice en diferentes repositorios como el realizado en el proyecto EduSource (McGreal et al. 2004), nos encontramos con el problema derivado de que los diferentes repositorios proporcionan diferentes sistemas de evaluación de los recursos que ofrecen (Carchiolo et al. 2009). Por ejemplo, los repositorios Merlot y eLera disponen de distintos sistemas de evaluación y con distinto nivel de detalle, lo que dificultará la ordenación de los resultados que impliquen a ambos repositorios. Al igual que ocurre con los distintos *perfiles de aplicación* de metadatos, es necesario desarrollar estrategias que permitan integrar los diferentes sistemas de evaluación de los repositorios (Li et al. 2006).
- Kelty et al. (2008) afirman que se están evaluando de forma estática (sin considerar sus posibles escenarios de uso) los objetos de aprendizaje, como se hacía con los materiales educativos tradicionales. Para paliar esta carencia propone que las evaluaciones no sólo estén centradas en el contenido sino que también contemplen los posibles contextos de uso.

- Kelty et al. (2008) también afirman que la evaluación tradicional basada únicamente en *peer reviews* no es factible y propone usar sistemas similares al mecanismo *lenses* utilizado en el repositorio Connexions. Cada lente es creada utilizando un criterio de evaluación: *peer reviews*, popularidad, número de reutilizaciones, número de veces que es enlazado u otras métricas. La aplicación de una lente permite filtrar los objetos de aprendizaje y el empleo de diferentes lentes superpuestas aumentan la fiabilidad en la evaluación de la calidad. Sin embargo, un inconveniente adicional del repositorio Connexions viene derivado de utilizar muy pocos elementos de metadatos, obtenidos la mayoría del estándar Dublin Core. Esta limitación disminuye la flexibilidad a la hora de poder identificar los recursos más adecuados para cada contexto de reutilización.
- Finalmente, se pueden identificar varios problemas adicionales en estas evaluaciones en repositorios, como por ejemplo que no existan suficientes evaluaciones, que estén incompletas o que un mismo recurso esté evaluado con diferentes metodologías en distintos repositorios. Ante esto Kumar et al. (2005) proponen utilizar redes bayesianas para solventar estas dificultades y unificar las diferentes evaluaciones en una única medida de calidad. Además Han et al. (2003) mantienen la hipótesis de que los atributos de calidad evaluados en Merlot y LORI están correlacionados, lo que abriría la posibilidad de reutilizar las evaluaciones realizadas en diferentes repositorios para buscar objetos de aprendizaje en distintos repositorios simultáneamente.

En cualquier caso, la disponibilidad de grandes bases de datos con evaluaciones de objetos de aprendizaje ha abierto nuevas posibilidades al desarrollo de métricas que deben complementar las técnicas de evaluación existentes, basadas en un gran esfuerzo realizado mediante la inspección manual, por otras que pudieran calcularse de forma automatizada y que facilitaran de forma menos costosa un indicador de calidad de los objetos de aprendizaje (García-Barriocanal & Sicilia 2009). Este acercamiento se ha realizado previamente para analizar la usabilidad de los sitios web (Ivory & Hearst 2001),

pero la calidad de un objeto de aprendizaje es algo más complejo que la usabilidad. Baste decir que la usabilidad es uno de los numerosos atributos evaluados en LORI. Además la usabilidad de los materiales educativos no puede ser medida de la misma forma que se ha hecho en otro tipo de productos software (Mayes & Fowler 1999).

### **2.4.3. Integración de las diferentes medidas de calidad de los objetos de aprendizaje**

Como se ha expuesto anteriormente, a la hora de recomendar aquellos materiales que puedan satisfacer mejor las necesidades de los usuarios se ha utilizado como referencia los datos procedentes de la evaluación explícita de los mismos. Sin embargo algunos autores propugnan no limitarse únicamente a la dimensión valorativa:

- Claypool et al. (Claypool et al. 2001) indica que resulta interesante utilizar los datos implícitos provenientes del comportamiento que tienen los usuarios. Estas medidas han sido utilizadas para mejorar las búsquedas en la web ya que reflejan los intereses y el grado de satisfacción de los usuarios y son menos costosas que las evaluaciones explícitas (Fox et al. 2005).
- En el caso particular de los objetos de aprendizaje en algunos repositorios como Merlot o Conexions está disponible información implícita como el acceso a los objetos de aprendizaje o el almacenaje en colecciones de favoritos. Kumar (2005) propone que para completar la información de la calidad de objetos de aprendizaje, además de las evaluaciones disponibles en los repositorios, se puede utilizar datos sobre el uso de los objetos.
- Yen (2009) propone para ordenar los objetos de aprendizaje usar información sobre referencias a los mismos inspirado por el algoritmo Page Rank que utiliza Google para devolver los resultados de las búsquedas. Además basándose en los conceptos de la Web 2.0 incorpora las opiniones de los usuarios como una información a tener en cuenta a la hora de ordenar los resultados.
- Ochoa y Duval (2006b, 2008b) proponen el uso de metadatos para ordenar los

resultados de una búsqueda de objetos de aprendizaje y poder recomendar los más adecuados.

- Duval (2005) propone incorporar de manera dinámica a los metadatos toda la información existente sobre el uso de los mismos: cuando aparece en un lista de búsqueda, cuando se consulta su descripción, cuando es descargado, cuando es asignado dentro de un curso, cuando es utilizado, etc.. Esta información podría ser utilizada posteriormente por usuarios y diseñadores de materiales educativos.

Como posible mejora a los mecanismos de recomendación usados hasta la actualidad Kely et al. (2008) proponen usar sistemas similares al mecanismo "lenses" utilizado en el repositorio Connexions, donde cada lente es creada utilizando un criterio de evaluación: "peer reviews", popularidad, número de reutilizaciones, número de veces que es enlazado, etc. y la aplicación de una o más lentes combinadas permite filtrar los materiales educativos.

De manera similar Han (2004) indica que los actuales sistemas de recomendación de materiales educativos adolecen de un mecanismo de ponderación que permita que los datos evaluativos provenientes de diferentes fuentes puedan ser tomados en cuenta aportando cada uno información de forma diferente y propone un indicador de calidad integrado que agrupe evaluaciones explícitas (de expertos y usuarios), evaluaciones anónimas y indicadores implícitos (favoritos, accesos). Siguiendo esta propuesta y aplicándola al repositorio Merlot, sería interesante contemplar las diferentes medidas de calidad disponibles, como la presencia de un objeto en la colección de favoritos de un usuario –*personal collections*– (García-Barriocanal & Sicilia 2009), las evaluaciones realizadas por expertos, las evaluaciones realizadas por los usuarios –*comments*– y la utilización de objetos de aprendizaje en ejercicios –*exercises*–. El sistema de evaluación de la calidad ideal debería integrar toda la información disponible proveniente de diferentes fuentes.

En lo relativo a la necesidad de una medida de relevancia, se pueden identificar tres dimensiones que proporcionan información sobre la calidad de los objetos de aprendizaje:

- **Característica.** Estimación de basada en las características del objeto obtenidas de sus metadatos.
- **Empírica.** Formada por los datos de uso del objeto, como accesos, número de usuarios que lo almacenan en favoritos, etc.
- **Valorativa.** Engloba todas las evaluaciones realizadas sobre el objeto por parte de expertos y usuarios.

Sin embargo, actualmente existe muy poco aprovechamiento de la evaluación característica basada en los metadatos, y que aprovechando su potencialidad contienen la información necesaria para poder describir perfectamente el objeto.

Una vez estudiados los aspectos relativos a la evaluación de los objetos de aprendizaje se analizan los aspectos relacionados con la reutilización de los mismos.

## 2.5. Reutilización de los objetos de aprendizaje

La reutilización de materiales educativos es la “razón de ser” de las tecnologías asociadas a los objetos de aprendizaje (Ochoa 2008). Desarrollar materiales educativos de calidad es un trabajo costoso en tiempo y en recursos (Meyer 2008), por lo que reutilizar los materiales de calidad ya existentes generará beneficios pedagógicos y económicos (Campbell 2003).

Para definir cuándo un objeto de aprendizaje es reutilizable, se puede utilizar la definición propuesta por Palmer y Richardson (2004):

*“Un objeto de aprendizaje es reutilizable cuando puede ser utilizado de forma efectiva por diferentes usuarios en diferentes entornos tecnológicos y en distintos contextos educativos”*

En algunas ocasiones estos objetos podrán ser reutilizados en una nueva situación sin realizar ninguna modificación, pero habitualmente tendrán que ser modificados para

poder ser reutilizados. De esta manera objetos ubicados en un sitio concreto y usados por usuarios concretos son adaptados a usuarios distintos y con propósitos diferentes. Las posibles modificaciones que se pueden realizar a un objeto para poder reutilizarlo (Meyer 2008) son la modularización, la adaptación y la agregación.

Un aspecto necesario para reutilizar objetos de aprendizaje es el relativo a la gestión de los derechos de uso de los materiales educativos. A este respecto el esquema proporcionado por Creative Commons <sup>20</sup> es el más ampliamente usado. Sin embargo y a pesar de su sencillez se cometen numerosos errores en su utilización como reporta ASPECT (Massart 2009).

Para poder profundizar en el problema de la reutilización de los objetos de aprendizaje se van a identificar qué características de los mismos influyen más en su capacidad de reutilización.

### 2.5.1. Aspectos que influyen en la reusabilidad

En diferentes estudios (Palmer & Richardson 2004), (Daniel & Mohan 2004), (Huddleston & Pike 2005), (Longmire 2000) y (Pitkanen & Silander 2004) se han analizado los factores que determinan la reusabilidad de un objeto. Estos factores pueden ser agrupados en tres dimensiones como muestra la figura 2.2.

Desde un punto de vista **estructural** un objeto de aprendizaje reutilizable debe ser:

- **Autocontenido.** Debe tener sentido por sí mismo. Las referencias a otros recursos pueden disminuir su reusabilidad y la presencia de prerrequisitos necesarios para ser realizado pueden dificultar su adaptación a otros contextos. Existe un consenso sobre el hecho de que un objeto de aprendizaje debe diseñarse pensando en su reusabilidad, y por tanto ser autocontenido (Duval et al. 2001).
- **Modular.** Para poder ser combinado con otros objetos formando lecciones o cursos.

---

<sup>20</sup><http://www.creativecommons.org/>

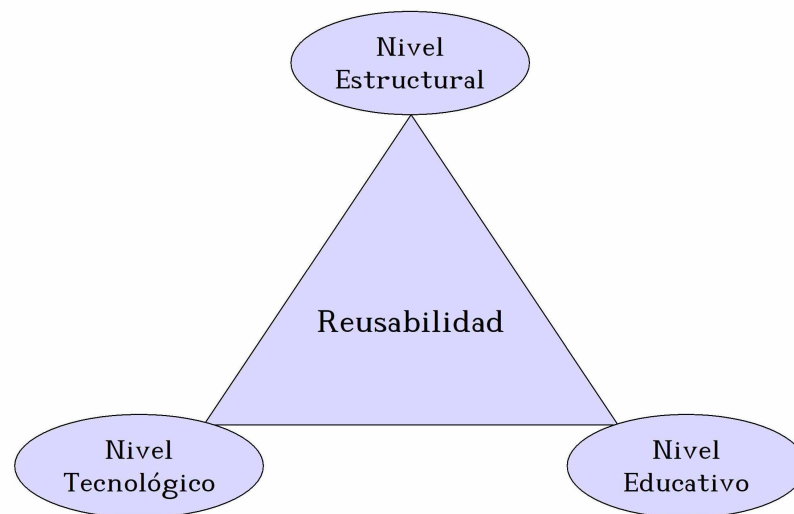


Figura 2.2: Facetas de la reusabilidad.

- De una granularidad adecuada. Un tamaño adecuado y un único objetivo educativo específico facilitarán su reutilización.
- Localizable. El objeto debe ser identificable a través de sus metadatos, que deben estar correctamente rellenos.
- Modificable. El objeto debe tener la capacidad de ser modificado para poder reformularlo adaptándolo a un determinado contexto, aumentando así las posibilidades de reutilización. La complejidad de comprensión de un objeto de aprendizaje puede dificultar su reformulación para poder reutilizarlo en una unidad de aprendizaje.
- Fácil de usar y con una interfaz intuitiva.
- Estandarizado: diseñado siguiendo unos estándares adecuados.

Desde un punto de vista **contextual**, las dependencias del objeto de aprendizaje de su contexto pueden limitar su capacidad de reutilización. Además cuanto más específico sea el contexto, menores serán las posibilidades de reutilización. Se puede hablar de factores contextuales en las dimensiones: tecnológica, educativa y social:

A nivel **tecnológico** existen:

- Dependencias de plataformas y de software necesario para acceder a los objetos.
- Dependencias de representación: Los objetos deberían separar los contenidos del formato de representación.

A nivel **educativo** y **social** el objeto de aprendizaje debería tener las siguientes características:

- **Genericidad.** Cuanto más genérico sea, más reutilizable será. Los objetos de aprendizaje que traten aspectos más generales, serán más fácilmente reutilizables que aquellos que sean más avanzados o especializados. Por ejemplo, un objeto de aprendizaje que explique la función trigonométrica seno tendrá más posibilidades de ser reutilizado que otro que explique la derivada del seno en el cálculo diferencial.
- Preparado para ser usado en diferentes niveles educativos, con diferentes contenidos y evaluaciones.
- Pedagógicamente neutral. Utilizable con cualquier metodología educativa.
- Carente de dependencias institucionales, legales, sociales y culturales.
- Independiente de la ubicación desde donde se cursa.
- Independiente del tiempo. No depende de la ocurrencia de determinados eventos.

Parece lógico que los diseñadores tiendan a crear objetos con múltiples dependencias para enriquecer el proceso de aprendizaje, frente a objetos independientes y autocontenidos pero que aportan un conocimiento poco significativo. Ante esta situación surge el reto de diseñar objetos cohesionados, desacoplados y con un contenido pedagógico significativo para que su reutilización sea provechosa (Boyle 2003).

Otro de los principales factores que influyen la reusabilidad de los objetos de aprendizaje es la posibilidad de ser localizados por parte de los usuarios, pero como sucede en los motores de búsqueda, la mayoría de las búsquedas devolverán un gran número de resultados dejando al usuario con el problema de decidir qué recursos pueden



cubrir mejor sus necesidades. Para solventar este problema y del mismo modo que se hace en cualquier sistema de búsqueda de información sería deseable realizar un proceso de filtrado que permita que la información suministrada satisfaga de la mejor manera posible las necesidades del usuario (Belkin & Croft 1992). En este sentido es necesario desarrollar un algoritmo que de forma automática ordene los recursos obtenidos de una búsqueda de objetos de aprendizaje. Sin una formalización del algoritmo de búsqueda que calcule la importancia relativa de cada objeto, las búsquedas en repositorios pueden devolver un gran número de recursos, lo que dificultará la elección del recurso más adecuado y por ende la reutilización (Brownfield & Oliver 2003).

Una vez identificados los factores que influyen en la reusabilidad de los objetos de aprendizaje, se analizan algunas iniciativas que se han llevado a cabo con el fin de mejorar la reutilización de los objetos de aprendizaje.

### **2.5.2. Iniciativas para favorecer la reutilización de los objetos de aprendizaje**

Existen diferentes autores que formulan distintas propuestas para mejorar la reutilización. Entre ellos se pueden destacar los siguientes:

- Verbert propone una ontología – ALOCoM – que modela las relaciones de composición entre tres tipos de materiales educativos (fragmentos, contenidos y objetos de aprendizaje) facilitando la descomposición de los mismos para su posterior reutilización (Verbert et al. 2005, Verbert et al. 2006). Además propone una extensión para Microsoft PowerPoint que permite reutilizar estos elementos para componer presentaciones (Verbert & Duval 2007).
- Sicilia y Lytras (2005) proponen describir los objetos de aprendizaje con metadatos que no sólo proporcionen información descriptiva, sino información funcional que defina los tipos de escenarios en los que el objeto puede ser reutilizado. Además se sugiere el empleo de una ontología para automatizar la especificación de dichos escenarios (Sicilia et al. 2008). De esta forma a la hora de localizar objetos de aprendizaje para reutilizarlos se establecería como criterio de búsqueda los parámetros que definen el escenario en el cual se quiere utilizarlo.

- Padrón et al. (2005) inciden en que es en el proceso de desarrollo de los objetos cuando se garantiza la reusabilidad y propone el uso de ontologías y el trabajo colaborativo como ayudas para lograrla. Proporciona un modelo para evaluar a priori los materiales educativos y una herramienta colaborativa – CASLO – para facilitar estas tareas.
- Sicilia y Sánchez Alonso (2004) transfieren el concepto de diseño por contrato de la Ingeniería del Software a la especificación de objetos de aprendizaje. Proponen una formalización del uso de los metadatos, de forma que cada objeto de aprendizaje es especificado mediante un contrato, que consiste en una serie de pre y pos condiciones. Para poder usar el objeto el estudiante y el contexto de utilización deben cumplir las precondiciones, mientras que las poscondiciones representan el aprendizaje obtenido tras utilizarlo.
- Señas y Moroni (2005, 2006) proponen utilizar mapas conceptuales hipermediales para crear un sistema de razonamiento basado en casos, donde los objetos de aprendizaje juegan el papel de casos o episodios almacenados a partir de los cuales se pueden construir secuencias o itinerarios de aprendizaje.
- Paris (2003) propone aprovechar las lecciones aprendidas en el proceso de desarrollo de software, particularmente en las tecnologías de orientación a objetos, para el desarrollo de objetos de aprendizaje. Según este autor, la comunidad científica de las tecnologías aplicadas a la educación debe mantener una cierta cautela en lo relativo a la reusabilidad de los materiales, pues la experiencia en el desarrollo de software orientado a objetos ha demostrado que no resulta fácil conseguir un proceso productivo que permita obtener objetos reutilizables. Finalmente, propone no concentrar los esfuerzos en el producto final —el objeto de aprendizaje— sino en el proceso en su conjunto, en lo que denomina *diseño orientado a la reusabilidad* que según este autor debe formar parte esencial del proceso de desarrollo.

- Wiley (2002) critica que la mayoría de los esfuerzos se hayan centrado en la elaboración de estándares técnicos, olvidando frecuentemente los aspectos pedagógicos. En su opinión, las teorías de diseño de contenidos educativos deben desempeñar un papel más relevante en la aplicación de los objetos de aprendizaje si se quiere que la tecnología tenga éxito. Enuncia pues, tres componentes que debe tener una implementación exitosa de objetos de aprendizaje: una teoría de diseño de materiales educativos, una taxonomía de los objetos de aprendizaje y un conjunto de prescripciones que permitan conectar la teoría con la taxonomía (Wiley 2000).
  
- Theng (2007) identifica que los estándares existentes no son suficientes para incrementar la reutilización. Para mejorar esta situación propone una herramienta – ReLOAMS – que facilite el proceso de reutilización, permitiendo la composición y descomposición de objetos de aprendizaje y permitiendo la evaluación de los mismos por usuarios y expertos.
  
- Desde el punto de vista de las organizaciones responsables de la creación de contenidos, y con el objetivo de la máxima reutilización, Thorpe y sus colaboradores de la Open University<sup>21</sup> enumeran los tres aspectos a tener en cuenta al diseñar cursos a partir de objetos de aprendizaje: la audiencia, la estructura y la coherencia (Thorpe et al. 2003).
  
- Hamel y Ryan-Jones (2002) resumen la literatura existente sobre reglas y recomendaciones de diseño de objetos de aprendizaje reutilizables en cinco principios. Primero: los objetos de aprendizaje deben ser autónomos e independientes del contexto de instrucción, haciendo uso de información lo más genérica posible. Segundo: deben seguir un formato estándar de contenidos. Tercero: en aras de una mayor reusabilidad, el tamaño de los objetos de aprendizaje debe ser “relativamente pequeño”. Cuarto: Una secuencia de objetos de aprendizaje debe tener un contexto. Quinto y último: los objetos deben incluir información de metadatos,

---

<sup>21</sup><http://www.open.ac.uk>

preferiblemente estandarizados.

- Saddik et al. (2001) definen el concepto de *smart multimedia learning object*, que representa materiales multimedia dinámicos. Este tipo de materiales no están adecuadamente descritos utilizando los estándares de metadatos actuales, por lo que propone una extensión al estándar IEEE LOM para describir correctamente sus características y facilitar la agregación y reutilización de los mismos.
- Meyer (2008) propone varias medidas para mejorar la reutilización:
  - Propone una extensión de la especificación SCORM que permite modularizar las partes de un paquete SCORM para poder ser reutilizadas.
  - Define un proceso genérico para facilitar la modularización de materiales educativos.
  - Establece las bases necesarias para realizar el proceso de agregación de materiales para conseguir nuevos recursos.
  - Proporciona un marco de referencia para realizar el proceso de adaptación de materiales para ser reutilizados en nuevos contextos.

Como aplicación de estas recomendaciones desarrolla un prototipo que incluye una herramienta de reutilización de materiales educativos, que permite la modularización, agregación y adaptación de los mismos, y un editor SCORM.

- El repositorio Connexions afirma que los formatos de los objetos de aprendizaje, por ejemplo un fichero pdf, son cerrados en el sentido de que son difícilmente editables para adaptarlos a una posible reutilización, con lo que se convierten en materiales de referencia únicamente, limitándose sus posibilidades de reutilización. Connexions intenta potenciar la reutilización utilizando dos enfoques distintos(Baraniuk 2007):
  - Utiliza materiales educativos, denominados módulos, que abarcan un concepto, un procedimiento, un conjunto de preguntas, etc. Estos materiales son

agregados fácilmente para formar colecciones que constituyen cursos en la web o libros de texto, resultando una tarea sencilla añadir, eliminar o modificar módulos.

- Todos los materiales están almacenados en formato XML, que permite separar los contenidos de la forma de representarlos. Por lo que será el usuario final de los mismos quién pueda decidir el formato de representación del módulo.
- El proyecto MELT (Van Assche et al. 2009), financiado por la Comisión Europea, intenta enriquecer los metadatos de la gran cantidad de recursos que están disponibles de forma abierta actualmente. También abarca conceptos como la generación automática de metadatos y el empleo de folcsonomías para la indexación social colaborativa de objetos de aprendizaje.
  - Abel et al. (2009) proponen aprovechar las herramientas de la Web 2.0 para facilitar la reutilización de materiales educativos. Proponen una plataforma –LearnWeb2.0– que integre las principales herramientas de la Web 2.0 y además utilice etiquetas, metadatos y búsqueda textual para localizar los recursos educativos.
  - El proyecto OLCOS –Open Educational Practices and Resources–, financiado por la Comisión Europea, incide en la idea de que la sociedad del conocimiento demanda competencias y destrezas que requieren nuevas prácticas educativas basadas en la reutilización de materiales educativos abiertos (Geser 2007). Para fomentar esta reutilización propone que:
    - Los contenidos educativos, incluyendo los metadatos, sean de acceso abierto.
    - Los contenidos educativos tengan un licencia que permita su reutilización, modificación y agregación.
    - Que el formato de los contenidos educativos sea abierto facilitando su reutilización.
    - Que los contenidos educativos estén realizados con software abierto.

Esta apuesta por el carácter abierto del e-learning como facilitadora de la reutilización es refrendada igualmente por Downes (2007).

- Paulsson y Naeve (2007) proponen seis áreas de trabajo necesarias para mejorar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje:
  - Definir concretamente qué es y qué no es un objeto de aprendizaje.
  - Definir taxonomías que permitan clasificar los objetos de aprendizaje.
  - Los estándares empleados hasta la actualidad para empaquetar, describir y secuenciar los objetos de aprendizaje se deben extender para contemplar conceptos como los relativos a las interfaces.
  - Es necesario descomponer lo que es la representación de los objetos de su contenido.
  - Finalmente se propone que las dependencias pedagógicas queden fuera del objeto de aprendizaje para lograr su independencia de estos aspectos.

Después de analizar las iniciativas llevadas a cabo para mejorar la reutilización se pasa a describir los indicadores de reusabilidad existentes, cuya función será la de ayudar en la reutilización.

### **2.5.3. Propuestas de indicadores de reusabilidad**

Además de las iniciativas anteriores, existen diferentes autores que abordan la evaluación de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje desde distintas perspectivas:

- Zimmermann (2006, 2007) recuerda que para reutilizar un objeto de aprendizaje que fue ideado para un escenario concreto frecuentemente es necesario adaptarlo al nuevo escenario en que va a ser utilizado y propone evaluar este esfuerzo de adaptación requerido para la reutilización. Esta adaptación a un nuevo contexto de aprendizaje puede acarrear la realización de tareas como: adaptar el objeto a un nuevo objetivo de aprendizaje o a un nuevo grupo de estudiantes distintos de para los que fue creado, extraer una parte del contenido del objeto o combinar el objeto con otros objetos de aprendizaje. Ante la pregunta de cómo se puede

encontrar el objeto de aprendizaje cuya adaptación a nuestro contexto sea menos costosa, Zimmermann propone medir la similaridad de los metadatos para deducir las necesidades de adaptación. En concreto, se define un perfil de metadatos que describe el objeto de aprendizaje ideal que se busca y se compara este perfil con los metadatos de los objetos de aprendizaje disponibles. Para poder aplicar esta medida de similaridad se utiliza el estándar IEEE LOM de metadatos y es necesario que los metadatos estén correctamente rellenos y con valores no descriptivos que puedan ser comparables (Sánchez-Alonso & Sicilia 2005). Para calcular este esfuerzo de adaptación se realizan tres tareas:

- Determinar la desviación entre los metadatos ideales y los encontrados. Depende del elemento de metadatos que se analice se utiliza una función de similaridad para medir esta diferencia. Por ejemplo para medir la densidad semántica, expresada en LOM con cinco valores posibles que van desde “very low” a “very high”, se calcula la diferencia entre el valor deseado y el encontrado, representando el valor 1 la mayor distancia de adaptación posible – por ejemplo de “very low” a “very high”–. Cuando no se puede medir la distancia entre dos valores, por ejemplo dos objetos de aprendizaje cuyo objetivo educativo no tiene nada en común, se utiliza el símbolo  $\infty$  para indicar que ese objeto no puede ser adaptado.

El resultado final de esta etapa es un vector de distancias que indica de forma numérica las diferencias entre los metadatos buscados y los encontrados en los recursos disponibles.

- Determinar los tipos de adaptación necesarios. En esta segunda fase se multiplican los vectores de distancias por una matriz en la que se indican los tipos de adaptaciones que se pueden realizar y cuándo es necesario realizarlas en función de las diferencias en los metadatos. El resultado de esta etapa proporciona un vector de esfuerzos que mide las adaptaciones necesarias a realizar a cada objeto de aprendizaje.

- Estimar el coste de las adaptaciones. Se multiplica el vector de esfuerzos obtenido anteriormente por un vector que proporciona el coste de cada adaptación, siendo esta de valor máximo si se tiene que realizar de forma manual.

El resultado de esta etapa proporcionará una medida del coste necesario para adaptar los objetos de aprendizaje analizados a nuestro escenario, lo que permitirá elegir el objeto que requiera el menor coste de adaptación, facilitando la reutilización.

- Ochoa y Duval (Ochoa & Duval 2007) proponen un conjunto de métricas de relevancia de los objetos de aprendizaje aplicando las ideas utilizadas para hacer rankings de páginas web, artículos científicos, etc.. Como el algoritmo PageRank (Page et al. 1998) que define la relevancia de las páginas web devueltas en una búsqueda. Saber qué objetos son más relevantes desde diferentes puntos de vista facilitará la elección del objeto de aprendizaje a reutilizar.

En los repositorios actuales el resultado de una búsqueda utilizando los metadatos no ordena los objetos obtenidos según su relevancia, simplemente muestra una lista de resultados que puede tener un tamaño considerable. Para solucionar este problema Ochoa y Duval proponen unas métricas que ordenen por relevancia los objetos de aprendizaje encontrados.

La información para estimar estas métricas de relevancia es obtenida de los valores de la consulta realizada por el usuario, de los metadatos de los objetos de aprendizaje, de registros de uso de los objetos y de información del contexto.

- *Basic Topical Relevance Metric*. Se supone que cada objeto de aprendizaje sólo cubre un tema y que todos los objetos resultantes de la consulta cubren el tema buscado, considera el número de veces que ha sido usado el objeto como medida de relevancia.
- *Course-Similarity Topical Relevance Ranking*. Se obtiene el tema para la consulta del curso donde va a ser utilizado el objeto de aprendizaje, y aquellos objetos que pertenezcan a cursos similares serán colocados por delante en el ranking. Dos cursos son considerados similares cuando comparten un número



elevado de objetos de aprendizaje.

- *Internal Topical Relevance Ranking*. Adaptando la métrica que mide la importancia de una página web viendo los enlaces que la enlazan, esta métrica contabiliza el número de cursos que han incluido a cada objeto de aprendizaje.
  - *Basic Personal Relevance Ranking*. Utiliza como información el registro histórico del uso de los objetos de aprendizaje por el usuario para decidir que aquellos objetos similares a los ya utilizados serán los más relevantes para el usuario.
  - *User-Similarity Personal Relevance Ranking*. Analiza cuántas veces usuarios similares han usado los objetos obtenidos en la búsqueda. Se supone que cuantos más objetos de aprendizaje hayan sido utilizados a su vez por dos usuarios, más similares serán.
  - *Basic Situational Relevance Ranking*. Se extraen las palabras que contiene el título y la descripción del curso o actividad donde va a ser usado el objeto de aprendizaje, y se buscan en los metadatos que describen a los objetos obteniendo una medida de relevancia.
  - *Course-Content Situational Relevance Ranking*. Se consideran los objetos de aprendizaje que componen el curso donde va a ser incluido el objeto buscado para ordenar los resultados de la búsqueda, siendo más relevantes los objetos de aprendizaje más similares a los ya existentes en el curso.
- López et al. (2008) proponen un índice para medir la reusabilidad potencial de los objetos de aprendizaje combinando dos medidas:
- *CompleccionLOM*: El porcentaje de elementos definidos en el estándar LOM rellenos.
  - *PotencialDeReutilizacion*: Se eligen los elementos de metadatos del estándar LOM que tienen una mayor influencia para la reutilización – 1.3. *Language*, 1.5. *Keyword*, 1.7. *Structure*, 1.8. *Aggregation level*, 2.2. *Status*, 4.1. *Format*, 4.4. *Requirement*, 5.8. *Difficulty*, 6.1. *Cost*, 6.2. *Copyright and other Restrictions and* 7.- *Relation* –, y para cada valor posible de cada elemento se

establece un peso que indica su aportación a la reusabilidad final del objeto. También se valora el grado de completación del registro de metadatos para determinar la reusabilidad del objeto de aprendizaje.

Tras un proceso de refinamiento del modelo, estas dos medidas se agregan mediante una media ponderada y el modelo resultante determina la reusabilidad de los objetos de aprendizaje eligiendo entre cuatro niveles –“no recomendable”, “completamente manual”, “automático supervisado” y “automático autónomo”– según su facilidad de reutilización.

- Cuadrado y Sicilia (2005) proponen realizar una analogía con métricas de reusabilidad de software y proponen las siguientes métricas para medir la reusabilidad de los materiales educativos:
  - *Weighted Methods per Class*. Mediría aspectos como el número de actividades del objeto, o el tamaño del mismo.
  - *Depth of Inheritance Tree*. Podría analizar si un objeto de aprendizaje es una especialización de uno más genérico.
  - *Coupling between Object Classes*. Vendría determinada por el número de relaciones que tiene el objeto y que son contempladas en sus metadatos.
  - *Lack of Cohesion in Methods*. Analizaría la adecuación de los objetivos de aprendizaje establecidos en el objeto.

## 2.6. Resumen

En este capítulo se ha analizado el estado actual de las investigaciones y trabajos desarrollados en el área de los objetos de aprendizaje. Se ha analizado el concepto de objeto de aprendizaje, los estándares relacionados, los metadatos que los describen y los repositorios en los que están ubicados. También se han abordado diferentes formas de evaluar los objetos de aprendizaje para garantizar su calidad y los aspectos relacionados con la reutilización de los mismos, para finalmente analizar las propuestas existentes

para estimar la reusabilidad.

El análisis del estado de la cuestión llevado a cabo permitirá, en el siguiente capítulo, explicar las carencias de las iniciativas existentes para mejorar la reutilización e identificar las limitaciones de los indicadores de reusabilidad existentes.



# Capítulo 3

## Planteamiento del problema

*The widely touted concept of the learning object was driven, at least in part, by the hope that sharable and reusable learning resources would reduce the cost needed to produce them.*

*Stephen Downes*

En este capítulo se analiza como las iniciativas desarrolladas hasta la fecha no han sido suficientes para mejorar la reutilización. A continuación, se plantea el problema que este trabajo pretende solventar, la ausencia de indicadores de reusabilidad que ayuden a los usuarios a elegir materiales educativos para su reutilización.

### 3.1. Carencias en las iniciativas para favorecer la reutilización de los objetos de aprendizaje

A pesar de existir numerosas iniciativas para favorecer la reutilización, Ochoa y Duval constatan como esta no está siendo tan grande como se esperaba (Ochoa & Duval 2008a), (Ochoa 2008). El alcance del estudio incluye objetos de distintas granularidades y distintos tipos de repositorios, que abarcan las diferentes formas existentes de publicar materiales educativos:

- Repositorios que contienen objetos de aprendizajes y metadatos, por ejemplo Ariadne<sup>1</sup>.
- Repositorios que contienen metadatos y un enlace al objeto de aprendizaje; por ejemplo Merlot.

---

<sup>1</sup>ARIADNE Foundation. <http://www.ariadne-eu.org>

- Materiales educativos que son publicados en LMS; por ejemplo moodle (Cole & Foster 2007).
- Materiales publicados en iniciativas Open CourseWare, por ejemplo MIT OCW<sup>2</sup>.

Tras desarrollar un detallado experimento cuantitativo el estudio formula las siguientes conclusiones:

- Sólo son reutilizados el 20 % de los objetos almacenados en los repositorios.
- El nivel de reutilización de los objetos de aprendizaje es similar al de otros recursos compartidos en repositorios, como imágenes, bibliotecas de software, APIs. Por lo que la reutilización de objetos de aprendizaje no es intrínsecamente más fácil o difícil que la de otros tipos de componentes.
- No se puede concluir que exista una relación entre la popularidad de un objeto y su grado de reutilización. Aquellos objetos más visitados no tienen por qué ser los más reutilizados.
- La granularidad de un objeto de aprendizaje influye en su reutilización dependiendo de la granularidad del contexto donde se vaya a reutilizar. Es decir, a la hora de crear un curso es más fácil que se reutilicen lecciones, mientras que cuando se quiere crear un curriculum completo se reutilizarán diferentes cursos.

Ochoa y Duval afirman que se pueden usar las teorías empleadas en la reutilización de otros tipos de componentes a la reutilización de objetos de aprendizaje, e indican que aunque la reutilización de materiales educativos se está produciendo actualmente, incluso sin la ayuda de un marco tecnológico que la favorezca, es necesario realizar un esfuerzo que solvete estas carencias para aumentar el nivel de reutilización.

En la misma línea Duncan (2009) realiza un estudio para identificar los patrones de reutilización del repositorio Connexions, constatando cómo 3519 de los 5221 materiales educativos publicados habían sido utilizados. Adicionalmente también comprueba como

---

<sup>2</sup>Repository of MIT. <http://dspace.mit.edu/>

sólo una cuarta parte de estos módulos utilizados han sido integrados en una nueva colección, modificados o traducidos.

Otro estudio sobre la reutilización de objetos de aprendizaje es el desarrollado por Petrides et al. (2008). En él se estudia la reutilización de materiales educativos en el repositorio Connexions desde 2000 a 2005 contrastando cómo el número de módulos se incrementa cada año en una media del 76 %, sin embargo el número de versiones de módulos existentes crece a un ritmo del 153 % anual. Es decir, se modifican más materiales para adaptarlos a un nuevo contexto que el número de nuevos materiales que son creados, existiendo por cada módulo una media de cuatro versiones. Esto da una idea de la potencialidad de la reutilización de materiales educativos y la necesidad establecer un marco que la favorezca.

Ante esta situación existen diferentes propuestas, enumeradas en la sección 2.5.2, para mejorar la reutilización. Sin embargo, la mayoría de estas propuestas constituyen iniciativas aisladas que no han sido desarrolladas. Además, en muchas ocasiones presentan soluciones que no son suficientemente genéricas y que aunque sirven de referencia, en la mayoría de los casos carecen de experimentos empíricos significativos que demuestren su eficacia.

Una vez descrita la situación actual, donde la reutilización no es tan alta como se esperaba, se identifican las carencias de los indicadores de reusabilidad existentes.

### **3.2. Limitaciones de los indicadores actuales de reusabilidad**

Existen diferentes iniciativas que tratan de satisfacer la necesidad de un indicador que permita filtrar los resultados de una búsqueda de recursos educativos y facilitar la reutilización.

Además de las evaluaciones realizadas en los repositorios, que habitualmente se emplean para seleccionar los materiales a reutilizar, es posible referenciar diferentes iniciativas de indicadores cuyo objetivo es determinar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje. Estas iniciativas fueron expuestas en el capítulo anterior y a continuación se presentan sus limitaciones.

### 3.2.1. Medida de esfuerzo de adaptación de Zimmermann

La medida de esfuerzo de adaptación propuesta por Zimmermann (2007) constituye una interesante aportación basada en permitir calcular el coste de las adaptaciones necesarias para reutilizar un material en un contexto determinado. Sin embargo también presenta las siguientes limitaciones:

- Sólo considera para su estudio los metadatos *LOM 1.3 Language*, *5.4 Semantic Density*, *9.1 Educational Objective*, *2.3 Contribute*, siendo necesario ampliar ese estudio a más elementos de metadatos que aportan información relevante para estimar la reusabilidad.
- La determinación del vector de distancias entre los metadatos ideales y los del objeto buscado requiere un cálculo manual que depende del metadato en cuestión. Por ejemplo, no será fácil estudiar la similaridad entre dos objetivos educativos a no ser que se interprete esta distancia por un experto.
- El vector de coste de las adaptaciones no será el mismo para todas las situaciones. Por ejemplo, dependiendo del contexto el esfuerzo requerido para adaptar la densidad semántica de un objeto de aprendizaje no será el mismo. Este esfuerzo implica una particularización del proceso de estimación de esfuerzos de reutilización dependiente de la organización y el escenario en que se quiere reutilizar el objeto de aprendizaje.
- No mide la reusabilidad de un objeto de aprendizaje en diferentes situaciones, sino el esfuerzo de adaptación necesario para utilizarlo en un escenario concreto. Esto implica que esta medida de esfuerzo de adaptación debe ser calculada para cada



posible situación de reusabilidad, mientras que la medida de reusabilidad propuesta en esta tesis se calcularía una vez y proporciona una estimación de la capacidad de reutilización del objeto de aprendizaje de forma general.

- No se evalúa la efectividad de las estimaciones propuestas, ni se contrasta con datos de uso reales, limitando la contribución de estas métricas.

### **3.2.2. Métricas de relevancia de Ochoa y Duval**

Las métricas de relevancia de objetos de aprendizaje propuestas por Ochoa y Duval (2007) constituyen una novedosa propuesta al utilizar los mecanismos de cálculo de la relevancia empleados en la búsqueda de documentos en la Web. A pesar de su innovador enfoque se pueden identificar algunas limitaciones:

- Utilizan como fuente de información los valores de la consulta realizada por el usuario, los metadatos de los objetos de aprendizaje, registros de uso de los objetos e información del contexto. Sin embargo resulta difícil obtener información sobre el contexto en el que se quiere utilizar el objeto o incluso información relativa al uso histórico de los objetos, o a su presencia en determinados cursos.
- No se realiza un experimento empírico sobre un número considerable de objetos provenientes de distintos repositorios y que demuestre la eficacia de la hipótesis propuesta.
- También adolece de un estudio de las posibles dependencias existentes entre las diferentes métricas de relevancia propuestas. Esta posible redundancia puede limitar la fiabilidad de la recomendación de los materiales más reutilizables.

### **3.2.3. Métrica de índice de reusabilidad de López et al.**

La métrica de índice de reusabilidad propuesta por López et al. (2008) presenta la ventaja de que podría ser fácilmente calculada de forma automática, lo que garantizaría su sostenibilidad. Sin embargo esta propuesta presenta las siguientes limitaciones:

- Adolece de un proceso de experimentación en el que se contraste con información que garantice la eficacia de esta medida de reusabilidad.

- Además el método utilizado para determinar los coeficientes no ha sido explicado suficientemente, lo que cuestiona su base científica.
- Tampoco se realiza un análisis de correlación que identifique dependencias entre diferentes elementos de metadatos que pueden introducir interferencias al resultado del modelo.

### **3.2.4. Métricas de reusabilidad de Cuadrado y Sicilia**

Las métricas propuestas por Cuadrado y Sicilia (2005) proponen un acercamiento al cálculo de la reusabilidad trasladando los conceptos de reusabilidad de Ingeniería del Software al mundo de los objetos de aprendizaje. Sin embargo, para su cálculo sería necesaria una costosa inspección manual de los objetos. Además, y como ocurre con otras iniciativas anteriormente expuestas, tampoco están validadas bajo ningún experimento y únicamente abordan el concepto de cohesión del objeto, sin considerar aspectos educativos o tecnológicos. Tampoco se estudia la interdependencia que puede existir en los diferentes indicadores. Esta posible redundancia presente en los modelos propuestos puede limitar la fiabilidad de la recomendación de los materiales más reutilizables.

## **3.3. Razones que justifican la propuesta de nuevas métricas de reusabilidad**

Después de analizar diferentes estudios de evaluación de reusabilidad de los objetos de aprendizaje encontramos diferentes razones que justifican la necesidad de proponer unas métricas de evaluación de la reusabilidad y una medida de relevancia:

1. Los esfuerzos realizados en análisis de reusabilidad se han enfocado principalmente en la reusabilidad tecnológica de los objetos de aprendizaje (Kay & Knaack 2007). Sin embargo, es necesaria una medida de reusabilidad global que abarque todos los factores que afectan a la reusabilidad.
2. Las iniciativas de evaluación existentes utilizan como principal fuente de información la inspección manual del objeto por parte de un experto, lo que resulta

muy costoso en tiempo e imposibilitaría una futura automatización del cálculo de reusabilidad. Utilizar los metadatos como fuente de información abriría nuevas perspectivas a la posibilidad de una evaluación automatizada.

3. No existe una sistematización de las evaluaciones de reusabilidad, quedando estas sujetas a la valoración de cada experto. Es necesario desarrollar un proceso sistematizado de evaluación de la reusabilidad, que proporcione una base teórica utilizable por cualquier evaluador evitando la subjetividad del mismo y que reproduzca siempre los mismos valores.
4. En las propuestas existentes de métricas de reusabilidad no se estudia la interdependencia que puede existir en las mismas. Esta posible redundancia presente en los modelos propuestos puede limitar la fiabilidad de la recomendación de los materiales más reutilizables.

En consecuencia, los modelos existentes presentan diferentes carencias: Algunos se basan en la costosa inspección manual del objeto por parte de un experto, otros no están suficientemente contrastados o carecen de una base científica sólida, finalmente otros no contemplan todos los factores que influyen en la reusabilidad. En la situación actual, un instructor que desee elaborar nuevos materiales a partir de otros ya existentes no tiene otra opción que ir al repositorio y evaluar manualmente la reusabilidad de los objetos, porque no existe un indicador que realice un filtro según un modelo científicamente sólido, sin redundancias, contrastado y específicamente orientado a la evaluación de reusabilidad.

Para solventar esta carencia, el modelo de evaluación de la reusabilidad aquí propuesto servirá como orientación a los autores de objetos de aprendizaje y ayudará a los usuarios a identificar los objetos de aprendizaje más adecuados para su reutilización. A diferencia de las iniciativas anteriormente citadas, este indicador calculará de forma automática y apriorística la reusabilidad basándose únicamente en los metadatos que describen al objeto. Además abarcará todos los factores que afectan a la reusabilidad

–estructurales, educativos y tecnológicos–. Además contemplará las posibles interdependencias entre las métricas que midan los diferentes factores para eliminar las posibles redundancias. Finalmente el modelo será contrastado en diferentes casos de estudio sobre distintos repositorios.

### **3.4. Resumen**

En este capítulo se han descrito los inconvenientes y carencias detectados en las iniciativas desarrolladas para mejorar la reutilización de los objetos de aprendizaje y en los indicadores de reusabilidad existentes para los mismos. Las conclusiones que pueden extraerse de esta exposición permiten proponer soluciones a los problemas planteados (ausencia de un medida de reusabilidad automática, contrastada, sin redundancias y que abarque todos los factores que afectan a la misma), lo que se abordará en el siguiente capítulo de este trabajo.

## Capítulo 4

# Diseño de la solución: Evaluación de la reusabilidad de los objetos de aprendizaje

*The knowledge society demands competencies and skills that require innovative educational practices based on open sharing*

*Schaffert, S. y Geser, G.*

Con el objetivo de intentar facilitar la reutilización, se va a definir un modelo que permita, de forma automática y apriorística, y utilizando los metadatos como fuente de información, la capacidad de reutilización de los objetos de aprendizaje. Este modelo se justifica en la necesidad, expresada en el capítulo anterior, de una medida de reusabilidad automática, contrastada, sin redundancias y que abarque todos los factores que afectan a la misma. El empleo de los metadatos para estimar la reusabilidad avalaría la posibilidad de automatizar su cálculo, garantizando la sostenibilidad del mecanismo de evaluación, aunque teniendo siempre presente que los metadatos presentarán los siguientes problemas (Sánchez-Alonso & Sicilia 2005):

- La información aparece desestructurada, rellena de forma fragmentaria y con problemas de integridad.
- Existe una necesidad de extender los metadatos con más información que facilite la reutilización. Esta información podría determinar de forma más formal en qué contextos y de que maneras puede ser usado el objeto, en definitiva facilitar el proceso de contextualización de los objetos de aprendizaje.

## 4.1. Definición de las métricas elegidas para medir la reusabilidad

Para elegir los criterios de evaluación que nos permitan medir la reusabilidad se ha utilizado como fuente de inspiración las métricas empleadas para tal propósito en Ingeniería del Software (Cervera et al. 2009). Estas métricas de reusabilidad de Ingeniería del Software trabajan con conceptos como dependencias o complejidad que tienen una clara correlación con los objetos de aprendizaje (Cuadrado-Gallego 2005).

Tradicionalmente, la Ingeniería del Software ha utilizado principios como la cohesión y el acoplamiento, que permitieran desarrollar un software fácilmente mantenible y que se adaptara fácilmente a nuevos requerimientos (Boyle 2003). Debido a la naturaleza de los objetos de aprendizaje además de su cohesión y acoplamiento, se van a analizar otros factores de reusabilidad como la portabilidad y el tamaño, complejidad y dificultad de comprensión. Basándonos en que los objetos de aprendizaje están diseñados para su reutilización y reformulación, se va a estudiar cómo la aplicación de estos principios permite determinar su capacidad de reutilización. Para ello se van a proponer unas métricas de reusabilidad que cuantifican los aspectos que influyen en la reusabilidad usando los metadatos que describen a los objetos. Estos aspectos han sido identificados en el apartado 2.5.1. y son resumidos en la tabla 4.1.

<b>Estructural</b>	<b>Tecnológico</b>	<b>Educativo</b>
Autocontenido	Independiente de plataformas y de software	Genérico
Modular	Independiente del formato de representación	Adaptable a diferentes niveles educativos
Granularidad adecuada		Pedagógicamente neutral
Localizable		Carente de dependencias institucionales, legales, sociales y culturales
Modificable		Independiente de la ubicación
Fácil de usar		Independiente del tiempo
Estandarizado		

Tabla 4.1: Resumen de los aspectos que determinan la reusabilidad.

Estas métricas tomarán valores en un rango que va del 1 al 5, siguiendo la misma escala utilizada en las evaluaciones hechas con la herramienta LORI y en el repositorio Merlot. De esta forma se facilitará el posterior contraste de las métricas con las evaluaciones. Además, hay que reseñar que las métricas tomarán valores a partir de la inspección por parte de un experto de los metadatos del objeto, aunque siempre con el ánimo de que este proceso pudiera ser automatizable.

#### 4.1.1. Cohesión

La cohesión analiza la naturaleza de las relaciones existentes entre módulos, que pueden ser diferentes cosas dependiendo del lenguaje –una clase, un paquete, etc.–. Cada módulo realizará una única tarea (Pressman 2004, Sommerville 2000) para maximizar la cohesión. Una mayor cohesión normalmente implicará una mayor capacidad de reutilización (Vinoski 2005).

La cohesión constituye un indicador de la calidad del software. Cuando es aplicada a los objetos de aprendizaje se puede medir utilizando los siguientes apartados de metadatos LOM:

- Un objeto de aprendizaje abarca una serie de **conceptos** (*LOM 9 Classification*). Cuanto menor sea su número mayor será la cohesión del objeto. Cuanto más conceptos abarque, menor cohesión presentará.
- Un objeto de aprendizaje debería tener un único y claro **objetivo de aprendizaje** (Boyle 2003). Cuanto mayor sea el número de objetivos, menos cohesión presentará. En *LOM 9 Clasification*, el subapartado *9.1 Purpose* nos permite definir objetivos de aprendizaje en *Educational objective*.
- El apartado *Semantic density* (*LOM 5.4 Educational category*) representa lo conciso que es un objeto de aprendizaje. La densidad semántica de un objeto de aprendizaje puede ser estimada en función de su tamaño, ámbito o –en el caso de recursos auto-regulados tales como audio y vídeo– duración (LTSC 2002). La densidad semántica de un objeto educativo es independiente de su dificultad, y

podría ser definida como la medida de la efectividad de un objeto de aprendizaje comparada con su tamaño y duración (Richards 2007). Que un objeto sea más conciso podría indicar que está más cohesionado.

- Un objeto de aprendizaje debe ser **autocontenido**, en el sentido de que todo lo necesario para su realización está contenido dentro de él. Cuanto más autocontenido sea, mayor será la cohesión del mismo. El apartado *7 Relation* de LOM nos permite crear tantas instancias como relaciones tenga el objeto. LOM permite categorizar la semántica de estas relaciones como: *is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by, is part of, has part*.

Un gran número de relaciones podría indicar que el objeto es poco autocontenido. Aunque habría que tener en cuenta el tipo de relación, ya que algunas representan dependencias, como las relaciones *references* o *requires*, y otras tienen un carácter meramente informativo, como *is version of*.

- Un objeto de aprendizaje puede contener otros objetos, formando relaciones de agregación. Cuanto menos objetos contenga, mayor será su cohesión (Yang & Yang 2005). El apartado *1.8 Aggregation level* de LOM: Indica el nivel de agregación de un objeto de aprendizaje, tomando valores que van desde el 1 al 4, representado desde un simple recurso como una imagen o texto, a una lección, un curso o un conjunto de cursos relacionados. Por tanto se puede afirmar que cuanto menor sea el nivel de agregación de un objeto, mayor cohesión presentará.
- El apartado *1.7 Structure* define la estructura del objeto pudiendo ser:
  - Atómico: Un objeto indivisible.
  - Colección: Conjunto de objetos sin una relación entre ellos.
  - Red: Conjunto de objetos con relaciones inespecíficas entre ellos.
  - Jerárquica: Conjunto de objetos con relaciones de naturaleza jerárquica entre ellos.



- Lineal: Conjunto de objetos ordenados por las relaciones siguiente y anterior.

Existe una relación entre el nivel de agregación de un objeto y su estructura. Por ejemplo un objeto con estructura atómica tendrá un nivel de agregación 1, mientras que los otros tipos de estructuras tendrán valores que van del 2 al 4 (LTSC 2002).

Se puede afirmar como hipótesis que la cohesión de un objeto de aprendizaje es directamente proporcional a la densidad semántica del mismo e inversamente proporcional al número de relaciones que tiene, al nivel de agregación que presenta, a la estructura del mismo, al número de conceptos que trata y a la cantidad de objetivos de aprendizaje que cubre. Medir la cohesión de un objeto de aprendizaje de esta forma, nos dará una información válida para estimar su capacidad de reutilización.

De forma análoga a la taxonomía presentada por (Wiley 2002), se pretende realizar una clasificación los objetos de aprendizaje, ponderando el grado de autocontención de los mismos en función de sus características. Se propone la clasificación de la tabla 4.2.

<b>Autocontención</b>	<b>Descripción del objeto de aprendizaje</b>	<b>Valor</b>
Muy alta	Objetos independientes y plenamente autocontenidos, que tratan un único objetivo de aprendizaje.	5
Alta	Objetos autocontenidos pero con alguna dependencia. Cubren un único objetivo de aprendizaje. Reutilizable con alguna adaptación.	4
Media	Objetos con alguna dependencia, que cubren pocos objetivos de aprendizaje.	3
Baja	Objetos con múltiples dependencias, que cubren diversos objetivos de aprendizaje.	2
Muy baja	Objetos totalmente dependientes de otros, y no pueden ser reutilizados por sí mismos.	1

Tabla 4.2: Valores posibles para medir la cohesión de un objeto de aprendizaje.

En cuanto a los aspectos que influyen en la reusabilidad que se analizaron en el capítulo anterior y todavía no han sido citados, es posible afirmar que la modularidad y modificabilidad están relacionadas con el grado de autocontención del objeto. En cuanto al aspecto localizable se facilitará si los metadatos están adecuadamente rellenos, evitando ambigüedades.

### 4.1.2. Acoplamiento

En programación el acoplamiento mide la interdependencia entre módulos, que deberá ser minimizada (Vinoski 2005). Un módulo debe comunicarse con el mínimo número de módulos y la mínima información que sea posible. Esto minimizará los efectos laterales, minimizando los cambios que pueden provocarse en unos debido a los cambios en los otros.

Aunque, como ya se ha citado, algunos autores sugieren que estas teorías tienen poco que ofrecer en el campo de los objetos de aprendizaje (Sosteric & Hesemeier 2002), si estudiamos que podría representar esta métrica aplicada a los objetos de aprendizaje se puede afirmar que el acoplamiento describe la interrelación existente entre los mismos. Así si un objeto tiene dependencias con otros objetos, dependiendo de la naturaleza de las mismas, podría dificultarse la reutilización (Boyle 2003). Por lo que se puede concluir que cuanto menor sea el acoplamiento, mayor será la posibilidad de reutilización.

El apartado *7 Relation* de LOM, nos indica el número de objetos con los que está relacionado el objeto y se puede concluir que el acoplamiento será directamente proporcional al número de relaciones que presente.

La métrica cohesión ya contemplaba el apartado *7 Relation* de LOM como fuente de información. Por esta razón sería redundante la utilización de esta métrica ya que no añadiría nueva información de reusabilidad. Esto provoca que se descarte el acoplamiento como medida de reusabilidad de los objetos de aprendizaje.

### 4.1.3. Tamaño y complejidad

El tamaño de un programa puede ser medido de diferentes maneras: líneas de código, medida de complejidad de McCabe, medida de dificultad Halstead, etc. Se puede utilizar esta medida para analizar factores como la extensibilidad y la capacidad de reutilización del software.

Para los objetos de aprendizaje el análisis de su tamaño o granularidad nos dará información clara sobre su capacidad de reutilización, ya que en términos generales cuanto menor sea su tamaño, mayor será su capacidad de reutilización (Wiley 2002).

El tamaño de un objeto de aprendizaje es directamente proporcional a los siguientes elementos de LOM.

- *4.2 Size*: indica el tamaño del objeto en bytes. Esta información tendrá que ser ponderada dependiendo del formato del objeto, ya que tendrá diferentes interpretaciones según su tipo. Mientras que un texto de 2Mb puede ser considerado grande un vídeo del mismo tamaño sería considerado pequeño. A la hora de medir el tamaño de elementos multimedia habrá que tener en cuenta también la resolución de los mismos.
- *4.7 Duration*: indica la duración, especialmente útil para animaciones o vídeos.
- *5.2 Resource Type*: indica el tipo de objeto que es: ejercicio, simulación, gráfico, etc.
- *5.9 Typical Learning Time*: indica el tiempo aproximado o típico que necesitan para asimilar el objeto educativo los destinatarios objetivo típicos (LTSC 2002). Este es el dato que se puede considerar como más fiable para estimar el tamaño de un objeto de aprendizaje, aunque dependerá de las características del estudiante.

Se puede clasificar a los objetos de aprendizaje según su tamaño, siguiendo la tabla 4.3:

<b>Tamaño</b>	<b>Descripción del objeto de aprendizaje</b>	<b>Valor</b>
Mínimo	Objetos atómicos como una imagen o un texto.	5
Pequeño	Lección breve.	4
Medio	Lección de tamaño medio. Diferentes apartados.	3
Grande	Lecciones formadas por varios objetos.	2
Elevado	Cursos formados por múltiples lecciones.	1

Tabla 4.3: Valores posibles para medir el tamaño de un objeto de aprendizaje.

#### 4.1.4. Portabilidad

Esta métrica mide la capacidad de transferir software de un sistema a otro, y se basa en analizar la modularidad y la independencia, hardware y software, del contexto (Poulin 1996).

Es necesario estudiar la medida de la dependencia del contexto (a nivel tecnológico y a nivel educativo-social) de los objetos de aprendizaje. Cuantas menos dependencias aparezcan más portable será el objeto de aprendizaje, y más fácilmente podrá ser reformulado en un nuevo contexto.

Se puede hablar de dos niveles de portabilidad de los objetos de aprendizaje: portabilidad tecnológica y portabilidad educativa.

##### 4.1.4.1. Portabilidad tecnológica

A nivel tecnológico se pueden analizar estos dos valores de LOM, que nos proporcionan información sobre portabilidad:

- *4.1 Format*: Determina el formato de los componentes del objeto de aprendizaje. Por ejemplo: *video/mpeg*, *application/x-toolbook*, *text/html*. Al estudiar este elemento se podría determinar si un objeto de aprendizaje es fácilmente portable dependiendo del tipo de componentes. Un formato *text/html* será más portable que *application/x-toolbook*. Además, aunque el uso conjunto de varios formatos (multimedia) estimula la percepción sensorial de los estudiantes y mejora el aprendizaje (Rodríguez-Ardura et al. 2009), los formatos empleados deben ser portables a cualquier contexto de reutilización. El empleo de un formato muy específico y difícilmente representable será un factor limitante de la reutilización y constituirá una razón para calificar como nula su portabilidad tecnológica.
- *4.4 Requirement*: Indica los requisitos hardware y software para utilizar el objeto. Cuanto más sean y más complejos, menos portable será el objeto.

Como se muestra en la tabla 4.4 y basándonos en estos datos se puede calificar la portabilidad tecnológica de un objeto de aprendizaje con los siguientes valores (Currier & Campbell 2002):

Portabilidad tecnológica	Descripción del objeto de aprendizaje	Valor
Muy alta	El recurso utiliza una tecnología presente en la práctica totalidad de los sistemas, como una página html.	5
Alta	Utiliza formatos presentes la mayoría de los sistemas. Por ejemplo un texto en formato pdf.	4
Media	Objetos con requerimientos tecnológicos no presentes en todos los sistemas.	3
Baja	Objetos difícilmente reutilizables a nivel tecnológico.	2
Muy baja	Objetos que dependen de una tecnología propia (por ejemplo un servidor propio) y no pueden ser reutilizados sin ella.	1

Tabla 4.4: Valores posibles para medir la portabilidad tecnológica de un objeto de aprendizaje.

#### 4.1.4.2. Portabilidad educativa

A nivel educativo es posible hablar de portabilidad vertical y portabilidad horizontal (Currier & Campbell 2002). La portabilidad vertical nos indica la posibilidad que tiene un objeto de ser utilizado en diferentes niveles educativos y la portabilidad horizontal nos determina la interdisciplinaridad del mismo. Para intentar determinar esta portabilidad a nivel educativo se pueden analizar los siguientes valores de LOM:

- *5.6 Context:* Indica los posibles contextos educativos en los que puede ser utilizado: *school, higher education, training, other*. Cuantos más contextos más posibilidades de portabilidad.
- *5.7 Typical Age Range:* Nos indica los posibles rangos de edades en los que puede ser utilizado. Cuanto más rangos de edad, más posibilidades de reutilización tendremos.
- *1.3 Language:* Representa los idiomas que soporta el objeto. Cuantos más idiomas estén disponibles y estos sean los más utilizados, más opciones de reutilización tendrá el objeto.

- *9. Clasificación:* Proporciona información para clasificar el objeto dentro la disciplina a la que pertenece. Cuanto más específico sea existirán menos situaciones en las que sea posible su reutilización.

Es necesario recordar que la clasificación de un material educativo utilizando los elementos del estándar LOM anteriormente citados no es una tarea sencilla. Además estará influenciada por una cierta subjetividad derivada del anotador que realice dicha clasificación.

Utilizando como referencia las clasificaciones de objetos de aprendizaje según su reusabilidad vertical y horizontal definidas por Currier (2002), se puede proponer una clasificación de objetos según su portabilidad educativa como se muestra en la tabla 4.5.

Portabilidad educativa	Descripción del objeto de aprendizaje	Valor
Muy alta	Objetos genéricos, pedagógicamente neutrales y utilizables en diferentes niveles educativos.	5
Alta	Objetos utilizables en varias disciplinas o niveles educativos.	4
Media	Objetos utilizables en un área y nivel educativo concreto.	3
Baja	Objetos muy específicos utilizables en un área y nivel educativo concreto.	2
Muy baja	Objetos con muchas dependencias a nivel educativo y difícilmente reutilizables.	1

Tabla 4.5: Valores posibles para medir la portabilidad educativa de un objeto de aprendizaje.

#### 4.1.5. Facilidad de comprensión

Esta métrica mide el esfuerzo que realiza un programador para entender un componente software y se basa en analizar la complejidad del componente, lo auto descriptivo que es y la calidad de la documentación (Poulin 1996).

Es posible afirmar que cuanto más compleja sea la comprensión del diseño de un objeto de aprendizaje, más difícil le resultará al diseñador del curso reformularlo para reutilizarlo en una unidad de aprendizaje.

Se puede afirmar que cuanto más completa sea la información de metadatos que presenta el objeto, más fácilmente será reutilizable y adicionalmente se puede considerar que cuanto menor sea *Aggregation Level*, más fácil de comprender será el objeto. Como este apartado de metadatos está incluido en la métrica de cohesión se desestima esta métrica.

#### 4.1.6. Cumplimiento de estándares

Para facilitar la reutilización de un objeto, éste debe tener los elementos de metadatos más importantes adecuadamente rellenos evitando ambigüedades. El no cumplimiento de esta condición en elementos de metadatos secundarios como por ejemplo *Meta-metadata* tendrá un menor impacto a la hora de reutilizar el objeto de aprendizaje.

Se puede concluir este apartado afirmando que estas métricas, tradicionalmente utilizadas en Ingeniería del Software, presentan una clara potencialidad para medir la reusabilidad de los objetos de aprendizaje, ya que los conceptos que miden (cohesión, acoplamiento, portabilidad, tamaño, facilidad de comprensión y cumplimiento de estándares) trabajan con conceptos como dependencias o complejidad que tienen una clara correlación con los objetos de aprendizaje.

La figura 4.1 resume el trabajo expuesto en esta sección.

## 4.2. Formulación del modelo

Se ha analizado en el apartado anterior que la reusabilidad depende fundamentalmente de la cohesión, de la portabilidad y del tamaño. Se descarta el acoplamiento y la facilidad de comprensión porque los metadatos que nos permitiría medirlos están incluidos en las demás métricas. Incluir los mismos apartados de metadatos en métricas repetidas sólo añadiría información redundante. De la misma manera se obvia la corrección de los metadatos ya que constituye en si misma un prerequisite imprescindible para la reutilización.

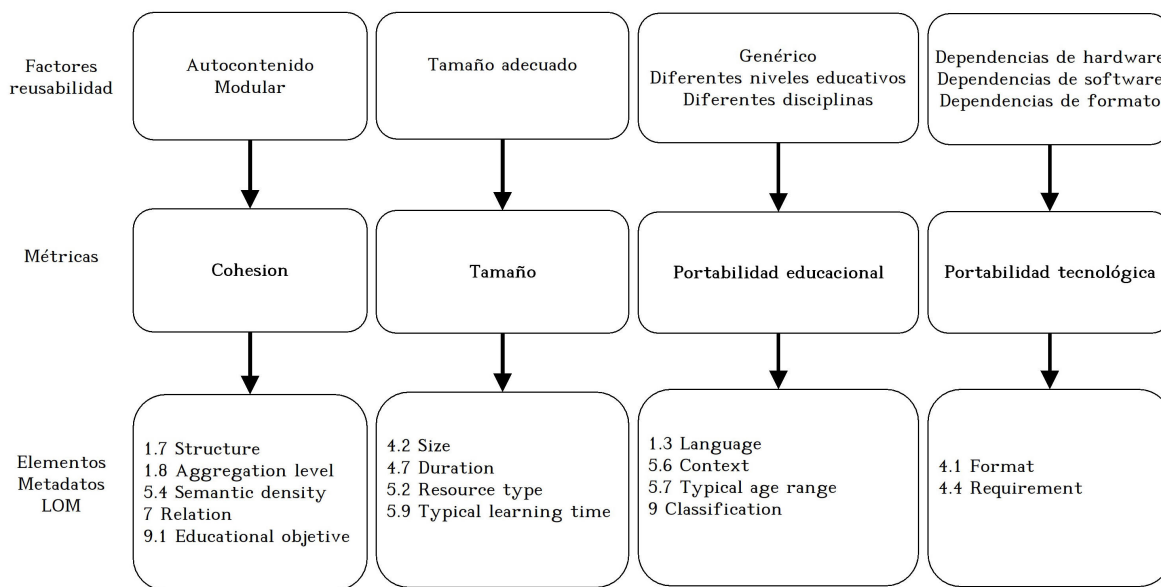


Figura 4.1: Relación entre factores de reusabilidad, métricas y metadatos LOM.

Para estimar la reusabilidad final es necesario un proceso de agregación que integre las métricas anteriormente citadas. Esta tarea se va a realizar mediante la media aritmética ponderada y mediante la integral de Choquet, que tiene en cuenta la posible interdependencia de los criterios a agregar (Dodero et al. 2004). Este análisis de la dependencia entre las diferentes métricas propuestas constituye una novedad no contemplada en las aproximaciones existentes sobre indicadores de reusabilidad.

Finalmente se empleará la regresión lineal múltiple para determinar como las métricas definidas explican la reusabilidad. Se comparará la reusabilidad proporcionada por los evaluadores con la reusabilidad proporcionada por la combinación lineal de las métricas –cohesión, tamaño y portabilidad–, determinándose los pesos que proporcionan el mejor ajuste.

La figura 4.2 ilustra el funcionamiento del modelo de cálculo de la reusabilidad. El experto analiza los metadatos que describen a los objetos de aprendizaje ubicados en los repositorios y según sean los valores de los mismos cuantifica las métricas (cohesión, tamaño, portabilidad tecnológica y portabilidad educativa) en un rango de valores que



va del 1 al 5. Finalmente se realiza un proceso de agregación de las métricas para obtener una medida de reusabilidad final.

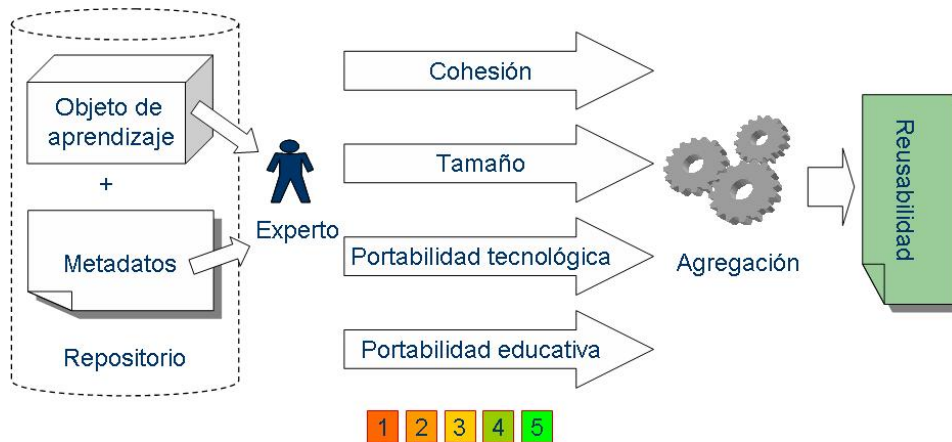


Figura 4.2: Modelo de evaluación de la reusabilidad

#### 4.2.1. Media ponderada

Dado el conjunto de criterios  $C = \{c_1, \dots, c_n\}$  cada objeto de aprendizaje tendrá unos valores de evaluación para cada criterio  $(x_1, \dots, x_n)$  donde  $x_i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ .

La media ponderada que nos dará la evaluación agregada del objeto vendrá dada por la fórmula (4.2.1):

$$M_w(x) = \sum_n^{i=1} w_i x_i \quad (4.2.1)$$

Donde:

$$\sum_i w_i = 1 \text{ y } w_i \geq 0 \forall i \in C \quad (4.2.2)$$

Los pesos indicados en la tabla 4.6, que indican la contribución de cada una de las métricas al valor final, han sido determinados por los autores basándose en una matriz de comparación de pares, que representa la importancia relativa de cada métrica frente a cada una de las demás (Barzilai 1997).

Tabla 4.6: Ponderación de cada métrica

Métrica	Ponderación
Cohesión	0,3
Portabilidad tecnológica	0,3
Portabilidad educativa	0,3
Tamaño	0,1

### 4.2.2. Integral de Choquet

Ante la posibilidad de que exista una interacción entre las métricas elegidas, la integral de Choquet es una candidata para modelizar el proceso de agregación. La media agregada no permite representar la posible interacción existente entre criterios, mientras que la integral discreta de Choquet puede ser usada como una generalización de la media aritmética ponderada que tiene en cuenta la interacción entre criterios (Marichal 2000).

La integral de Choquet permite representar diferentes interacciones existentes entre los criterios a agregar:

- *Correlación*: Dos criterios  $c_i$  y  $c_j \in C$  están correlacionados si existe una relación lineal entre sus valores, lo que introducirá un cierto grado de redundancia en el modelo.
- *Sustitutividad*: Dos criterios  $c_i$  y  $c_j \in C$  son sustitutivos, cuando la satisfacción de uno solo produce casi el mismo efecto que la satisfacción de los dos.
- *Complementariedad*: Dos criterios  $c_i$  y  $c_j \in C$  son complementarios cuando la satisfacción de uno solo aporta muy poco significado en relación a la satisfacción de ambos.

La expresión general de la integral es una particularización de la forma general del operador discreto de agregación en el dominio de los números reales como se indica en (4.2.3):

$$M_v : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R} \tag{4.2.3}$$

Que toma un vector de entrada  $X = (x_1, \dots, x_n)$  y devuelve un único valor resultante como se muestra en (4.2.4).

$$C_v(x) = \sum_n^{i=1} x_{(i)} [v(\{j|x_j \geq x_{(i)}\}) - v(\{j|x_j \geq x_{(i+1)}\})] \quad (4.2.4)$$

Donde  $x' = (x_{(1)}, \dots, x_{(n)})$  es una permutación no decreciente de la n-tupla de entrada  $x$ , donde  $x'_{(n+1)} = \emptyset$  por convención. La integral está expresada en términos de la capacidad de Choquet  $v$ . Esta medida aplicada sobre un conjunto  $X$  es una función monódica expresada en (4.2.5)

$$v : 2^x \rightarrow [0, 1] \quad (4.2.5)$$

Se cumple que  $v(S) \leq v(T)$  cuando  $S \subseteq T$ . Es conveniente recordar como la capacidad de Choquet permite asignar pesos no sólo a cada criterio, sino también a cada subconjunto de criterios.

Las relaciones entre las capacidades de los diferentes criterios deberán cumplir unas restricciones en función de las interacciones detectadas entre los criterios. En nuestro caso, que sólo se ha encontrado correlación de criterios, se debe cumplir la expresión (4.2.6) para dos criterios correlativos  $i$  y  $j$ .

$$v(\{i, j\}) < v(\{i\}) + v(\{j\}) \quad (4.2.6)$$

A partir de las características de la integral de Choquet anteriormente descritas se puede concluir que constituye una mejora a la media aritmética ponderada a la hora de agregar diferentes criterios que tienen dependencias entre sí.

### 4.2.3. Regresión lineal múltiple

En estadística la regresión lineal múltiple es un método matemático que modeliza la relación entre una variable dependiente  $Y$ , las variables independientes o predictoras  $X_i$  y un término aleatorio  $\epsilon$ . Este modelo puede ser expresado con la fórmula (4.2.7):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon \quad (4.2.7)$$

Donde  $\beta_0$  es un término constante, las  $\beta_i$  son los parámetros respectivos a cada variable independiente, y  $p$  es el número de parámetros independientes a tener en cuenta en la regresión.

Se puede utilizar la regresión lineal múltiple para diferentes fines:

- Estudiar cómo un conjunto de variables independientes predicen una dependiente.
- Construir una ecuación lineal con fines predictivos.
- Determinar el grado de contribución de cada variable al modelo.

Para nuestro problema, la regresión lineal múltiple permitirá determinar cómo contribuye cada una de las métricas a la reusabilidad, y por ende, determinar aquellos factores que más influyen en la reusabilidad, lo que constituía uno de los objetivos de la tesis.

En este punto es necesario recordar, cómo los modelos de regresión lineal múltiple constituyen la técnica más frecuentemente usada para obtener ecuaciones de predicción de métricas de calidad del software (Gray & MacDonell 1997*b*), por lo que también se utilizará la regresión lineal múltiple para determinar la ecuación de predicción de reusabilidad a partir de las métricas cohesión, tamaño, portabilidad educativa y portabilidad tecnológica.

### **4.3. Integración de las diferentes medidas de calidad de los objetos de aprendizaje en una medida de relevancia**

Una vez definido el indicador de reusabilidad basado en metadatos es necesario analizar como se relaciona con los demás indicadores de calidad existente. Seguidamente se formula un indicador de relevancia que englobe los indicadores de calidad disponibles, que pueda ser calculado de forma automática y que garantice que todos los recursos estarán valorados. Los indicadores de calidad de los objetos de aprendizaje se pueden clasificar en tres categorías:

- **Característica.** Información descriptiva de las características del material obtenidas de sus metadatos.
- **Empírica.** Procedente de los datos implícitos de uso del material, como accesos, número de usuarios que lo almacenan en su listas de materiales favoritos, etc.
- **Valorativa.** Engloba todas las evaluaciones explícitas realizadas por parte de expertos y usuarios.

De esta manera, al agrupar toda la información disponible sobre la calidad del objeto se aumentaría la fiabilidad de las recomendaciones y en el caso de que faltara algún indicador de calidad de alguna categoría, se podría obtener una medida de relevancia basada en las dimensiones existentes.

Además, como apuntan Ochoa y Duval (2006a) para que una medida de calidad de los objetos de aprendizaje sea útil, debe poder ser calculada de forma automática. Con nuestra aproximación se podría tener una medida de calidad obtenida de forma automática, ya que aunque no existieran datos en las evaluaciones de expertos o usuarios, se podría valorar su reusabilidad basada en metadatos y la información relativa a su uso. Esto solucionaría la situación actual, donde los objetos que no tienen una evaluación de expertos, que constituyen la mayor parte de los objetos alojados en repositorios, aparecen al final de cualquier búsqueda descartándose casi automáticamente.

La relevancia de un objeto de aprendizaje vendría dado por la expresión (4.3.1):

$$\begin{aligned}
 \text{Relevancia}(\text{Objeto}) = & \sum_n^{i=1} \alpha_i \text{Valorativa}_i(\text{Objeto}) + \\
 & \sum_m^{j=1} \beta_j \text{Caracteristica}_j(\text{Objeto}) + \\
 & \sum_l^{k=1} \gamma_k \text{Empirica}_k(\text{Objeto})
 \end{aligned} \tag{4.3.1}$$

Donde  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$ ,  $\gamma_k$  representaran los pesos de las diferentes relevancias valorativas, características y empíricas, y  $n$ ,  $m$  y  $l$  indicaran la cardinalidad de cada uno de los conjuntos de las tres dimensiones valorativas.

Además todas las relevancias están normalizadas en un rango de valores que van del 0 al 5, obteniéndose sus valores medios cuando existan varios datos disponibles. En el caso de que no exista alguno de los datos requeridos se ajustarán los pesos para no penalizar la ausencia del mismo en el cálculo de la relevancia, cumpliéndose siempre 4.3.2:

$$\sum_n^{i=1} \alpha_i + \sum_m^{j=1} \beta_j + \sum_l^{k=1} \gamma_k = 1 \quad (4.3.2)$$

A continuación se desglosan los diferentes indicadores que pueden contribuir a cada una de las categorías de la valoración. En la figura 4.3 se detallan las diferentes fuentes de información que pueden ser utilizadas para determinar el componente valorativo de la relevancia un material educativo.

En la figura 4.4 se detallan las diferentes fuentes de información que pueden ser utilizadas para determinar la valoración empírica de un material educativo.

En la figura 4.5 se detallan las diferentes métricas que pueden ser utilizadas para determinar la valoración característica –basada en metadatos– de un material educativo (Sanz, Dodero & Sánchez-Alonso 2009).

Para determinar los pesos de cada uno de los indicadores de calidad de las diferentes dimensiones – valorativa, empírica y característica – se pueden utilizar como referencia los pesos propuestos por Han et al. (2003) para integrar las diferentes medidas de calidad de un objeto de aprendizaje.

Otra forma de determinar la contribución de cada indicador de calidad a la ordenación final de recursos es la utilización de los algoritmos de ranking de resultados empleados en las búsquedas en la Web. Se podrían construir diferentes listas de ordenación de recursos en función de los distintos indicadores de calidad. Aunque con la particularidad de

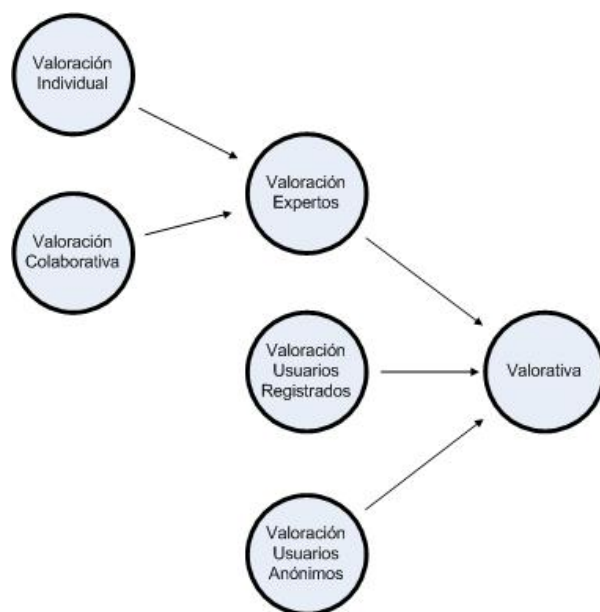


Figura 4.3: Indicadores de calidad de la categoría valorativa

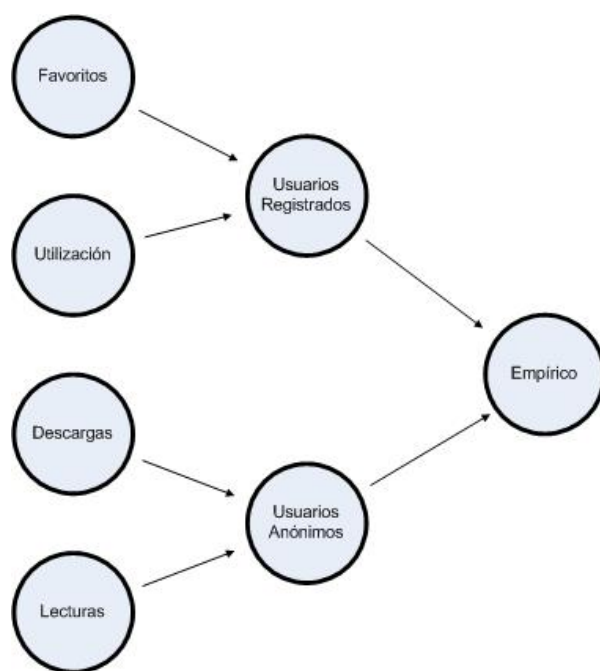


Figura 4.4: Indicadores de calidad de la categoría empírica

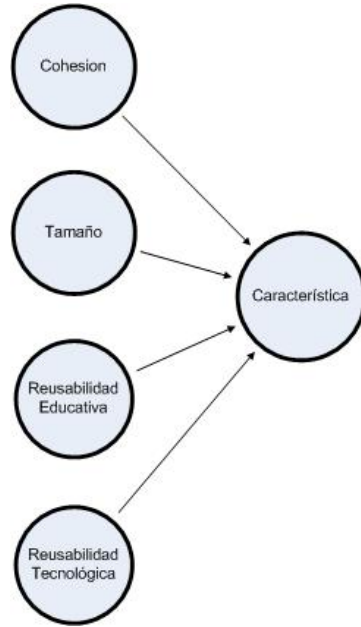


Figura 4.5: Indicadores de calidad de la categoría característica

que existirían listas parciales en aquellos casos en que existan materiales que no puedan ser valorados según algún indicador. Para solucionar el problema de unificar múltiples listas de ordenación se selecciona el método *scaled footrule aggregation* (SFO), porque es válido para el caso en existan listas parciales (Dwork et al. 2001).

Dadas las listas de ordenación  $\tau_1, \dots, \tau_k$  con las posiciones de los candidatos según los  $k$  criterios. Se define el grafo ponderado bipartito completo, *grafo*  $(C, P, W)$ , de la siguiente manera. El primer conjunto de nodos  $C = \{1, \dots, n\}$  representa el conjunto de materiales que quieren ser ordenados. El segundo conjunto  $P = \{1, \dots, n\}$  representa las  $n$  posibles posiciones donde pueden ser ubicados. El peso  $W(c, p)$  representa el total de las distancias a todas las listas  $\tau_i$  de una ordenación que coloca el elemento  $c$  en la posición  $p$  y se define en la expresión 4.3.3:

$$W(c, p) = \sum_k^{i=1} |\tau_i(c) / |\tau_i| - p/n| \quad (4.3.3)$$



Se puede demostrar que la permutación que minimiza la distancia total a las listas  $\tau_i$  es proporcionada por el grafo bipartito de mínimo coste.

## 4.4. Resumen

En este capítulo se ha descrito la métrica para estimar de forma apriorística y semi-automatizada la reusabilidad de los objetos de aprendizaje. De igual forma se ha definido una medida de relevancia que englobe todos los indicadores de calidad existentes sobre el objeto de aprendizaje. En el siguiente capítulo se aborda la validación de la métrica de reusabilidad y su correlación con los restantes indicadores de calidad, lo que avalará la formulación de la medida de relevancia.



# Capítulo 5

## Evaluación

*Learning is fundamental to improving the way we deal with the grand challenges of our times: if we can improve the way that we learn, then we can effectively get better (at getting better) at tackling problems.*

***Erik Duval***

Una vez definidas las métricas de reusabilidad (cohesión, tamaño, reusabilidad educativa y reusabilidad tecnológica) que utilizan los metadatos para ser cuantificadas y propuestos diferentes métodos de agregación (media aritmética ponderada, integral de Choquet y regresión lineal múltiple) se aborda la validación de la eficacia de la propuesta. También se estudia la eficacia de la medida de relevancia que agrupa todos los indicadores de calidad (empíricos, característicos y valorativos) de los objetos de aprendizaje. El objetivo fundamental es permitir examinar la consecución de los objetivos planteados en el primer capítulo del presente trabajo.

### 5.1. Introducción

Para garantizar la eficacia de la métrica de reusabilidad basada en metadatos se aplicará junto con los métodos de agregación previamente definidos, evaluando un conjunto de 95 objetos de aprendizaje obtenidos del repositorio eLera contrastando los resultados con evaluaciones de reusabilidad realizadas por los evaluadores. Con el mismo objetivo se aplicará la métrica a un conjunto de 141 objetos provenientes del repositorio Merlot, contrastado los resultados con evaluaciones de expertos y datos de uso.

Finalmente se aplicará la medida de relevancia al conjunto de objetos estudiado en Merlot y se concluirá verificando la eficacia de la misma.

## **5.2. Evaluación de la medida de reusabilidad de los objetos de aprendizaje**

Para abordar la evaluación de la eficacia de las métricas de reusabilidad se plantean dos casos de prueba. El primero analiza un conjunto significativo de objetos de aprendizaje del repositorio eLera (caso C1). Para este caso se calculan las diferentes métricas de reusabilidad (cohesión, tamaño, portabilidad educativa y portabilidad tecnológica) y se agregaran con los diferentes métodos propuestos (media aritmética ponderada, integral de Choquet y regresión lineal múltiple). Se comparan los valores obtenidos por los tres métodos con la evaluación de reusabilidad determinada por los evaluadores de eLera. Tras estas tres iteraciones de ajuste se elegirá el mejor modelo para ser aplicado a un segundo caso de estudio (caso C2). En este caso se analizaran un conjunto significativo de objetos de aprendizaje y se comparará las medidas de reusabilidad obtenidas con las evaluaciones de los expertos y los datos de uso.

### **5.2.1. Muestra de datos**

Para desarrollar nuestra investigación se selecciona un conjunto de objetos de aprendizaje significativo de los repositorios Merlot y eLera. El criterio de selección consiste en elegir aquellos los objetos de aprendizaje que tuvieran evaluaciones por parte de expertos, para poder utilizar esta valiosa información como contraste para evaluar las métricas propuestas.

#### **5.2.1.1. Caso C1 – eLera**

En el repositorio eLera, inicialmente se consideraron todos los objetos dados de alta en el mismo y que tenían al menos una evaluación. Este conjunto estaba formado por 120 objetos en el momento de realizar el estudio. Al examinar en detalle cada objeto fue necesario descartar 20, debido que algunos no estaban disponibles en la actualidad y que otros no tenían rellenados todos sus datos de evaluación. También se desecharon

aquellos objetos cuya evaluación de la calidad de contenidos fuera menor que 2.5 según la escala de evaluación de eLera. Así se evitó la presencia objetos atípicos que no tuvieran un mínimo de calidad y pudieran introducir una distorsión en la evaluación del modelo, quedando la población de estudio formada por 95 objetos. Aquellos objetos que no tienen un mínimo de calidad no serán candidatos a ninguna reutilización ya que ambos conceptos están intrínsecamente relacionados (Sicilia & García-Barriocanal 2003).

#### **5.2.1.2. Caso C2 – Merlot**

En el repositorio Merlot fueron seleccionados todos los objetos añadidos al repositorio en el período comprendido entre 2005 y 2008, que hubieran sido evaluados por los revisores y que tuvieran comentarios añadidos por los usuarios, obteniendo una población constituida por 141 objetos.

### **5.2.2. Evaluaciones en Merlot y eLera**

#### **5.2.2.1. Recolección de datos**

Se obtienen de los repositorios eLera y Merlot el valor medio de cada uno de los aspectos evaluados por los expertos, así como el número de evaluaciones realizadas a cada objeto. Estos datos se almacenan en una base de datos para agilizar su utilización como datos de validación.

#### **5.2.2.2. Caso C1 – eLera**

En el repositorio Elera, los usuarios registrados evalúan la reusabilidad de los objetos de aprendizaje. Esta fuente de datos permite realizar el proceso de validación de las métricas propuestas. Como propuso Nesbit (2006), los datos de las evaluaciones realizadas en eLera pueden ser usados para verificar la validez y fiabilidad de herramientas y modelos de evaluación de objetos de aprendizaje.

**Evaluadores:** El conjunto de evaluadores está formado por profesores de enseñanza primaria, secundaria y superior, así como investigadores en el área de e-learning y otros miembros de la comunidad educativa. En la tabla 5.1 se detalla la caracterización de

Tabla 5.1: Caracterización de los expertos de eLera

<b>Evaluadores</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
Profesores de Primaria	5	3,76 %
Profesores de Secundaria	16	12,03 %
Profesores de Universidad	8	6,01 %
Investigadores e-learning	23	17,29 %
Otros miembros comunidad educativa	18	13,53 %
Estudiantes	13	9,78 %
Desconocido	50	37,60 %

los evaluadores de eLera. Se puede afirmar que la presencia de evaluadores provenientes de diferentes áreas enriquecerá el resultado de las evaluaciones ya que estas abarcarán diferentes puntos de vista sobre los objetos de aprendizaje. Por otro lado la presencia de un porcentaje de evaluadores que no han dado a conocer su perfil podría constituir una amenaza a la validez de los resultados.

### **5.2.2.3. Caso C2 – Merlot**

En Merlot, para garantizar la validez de las evaluaciones, los objetos son evaluados por profesores que utilizan objetos de aprendizaje en su labor académica y son expertos en la materia de la que trata cada objeto, siendo el proceso de revisión dirigido por, al menos, dos profesores universitarios expertos en pedagogía (Cafolla 2006).

### **5.2.3. Valoración de las métricas de reusabilidad**

Para obtener los valores cuantitativos resultantes de aplicar las métricas a los objetos examinados, se analizan los metadatos del objeto y se realiza una inspección detallada de los objetos para completar las carencias de metadatos detectadas. Se utiliza una hoja de cálculo, como se ilustra en el anexo, con una hoja para la evaluación de cada objeto. Una vez rellenos los valores cuantitativos de las métricas en la hoja de cálculo se determina automáticamente el indicador de reusabilidad del objeto, utilizando diferentes métodos de agregación (Staron et al. 2009).

## 5.2.4. Carencias encontradas en el uso de metadatos

La calidad de los registros de metadatos es un punto crítico para poder buscar objetos de aprendizaje en repositorios. En concreto, para nuestro estudio es necesario un subconjunto de los elementos definidos en LOM, identificados en el capítulo 4, correctamente rellenos para poder aplicar nuestras métricas de reusabilidad. Desafortunadamente, los metadatos obtenidos en nuestro estudio de los repositorios Merlot y eLera presentan diferentes problemas que pueden ilustrar el uso actual de los metadatos en los repositorios abiertos de objetos de aprendizaje (Sanz, Sánchez-Alonso & Doderó 2009).

### 5.2.4.1. Origen de los metadatos

Respecto a la fuente que ha relleno los metadatos se encuentran diferencias entre los repositorios analizados:

En eLera, los autores rellenan los metadatos cuando el objeto es añadido al repositorio, y posteriormente cualquier usuario registrado puede añadir comentarios al evaluar los objetos, estando estos comentarios referidos a cada una de las nueve áreas de evaluación.

En la tabla 5.2 se muestran todos los elementos de metadatos del perfil de aplicación utilizado en eLera. Para cada elemento se muestra un ejemplo del valor para el objeto de aprendizaje “Human Anatomy Online”.

Elemento	Valor
Subject	Science–Biology and life sciences, Science–Biology and life sciences–Physiology, Technology–Medicine
Language	English
Educational context	School, Higher education, Training
Resource type	Diagram
Description	Human Anatomy online give a detailed overview of the skeletal, digestive, muscular, lymphatic, endocrine, nervous, cardiovascular, reproductive and urinary systems. The site allows you to visual the relationship of the various organ components to one another

Tabla 5.2: Elementos de metadatos del perfil de aplicación de eLera

En Merlot se han encontrado tres diferentes fuentes de metadatos:

- En *Merlot Material Detail*, los metadatos son rellenados por el autor al registrar en objeto en el repositorio.
- En *Merlot Peer Review*, los metadatos son proporcionados por los revisores.
- En *Comments*, los metadatos son facilitados por los usuarios. Estos comentarios han sido descartados porque sería muy costoso obtener de ellos información significativa para nuestro estudio, debido a que en único campo los usuarios incluyen comentarios sobre cualquier aspecto del objeto de aprendizaje.

En la tabla 5.3 se muestran todos los elementos de metadatos provenientes de *Merlot Material Detail* y *Merlot Peer Review*. Para cada elemento se muestra un ejemplo del valor para el objeto de aprendizaje “Coloring Multiples in Pascal’s Triangle”.

#### 5.2.4.2. Corrección de los metadatos

Respecto a la fiabilidad de la fuente de los metadatos, en nuestro estudio se ha constatado cómo los metadatos proporcionados por los revisores en Merlot son los que menos errores presentan y describen más exactamente al objeto de aprendizaje.

Otro problema encontrado, respecto a la corrección de los metadatos, es la presencia de valores por defecto para algunos metadatos. Por ejemplo, en eLera, en *Educational context*, la opción por defecto es *Higher education*, mientras que para el metadato equivalente en Merlot, *Primary audience*, el valor por defecto es *College General Ed*. Esta situación puede afectar a la correcta descripción de los objetos porque al rellenar los metadatos siempre será más fácil mantener el valor sugerido por defecto en vez de introducir el valor correcto.

También se ha detectado la presencia de valores incorrectos para algunos metadatos. Por ejemplo, en el metadato *Technical format*, en Merlot Material Detail, se han



<b>Origen</b>	<b>Elemento</b>	<b>Valor</b>
Merlot Material Detail	Description	This site allows the user to explore patterns in Pascal's Triangle through row 15 based on selected divisors
	Material Type	Simulation
	Technical Format	Java Applet
	Categories	Mathematics and Statistics, Mathematics, General and Liberal Arts Math
	Primary Audience	High School, College General Ed
	Language	English
Merlot Peer Review	Technical Requirement	
	Overview	This site consists of a Java applet for coloring multiples in Pascal's Triangle through the first 16 rows of the triangle. In addition, there are a number of related teacher and student resources
	Learning Goals	Demonstrate the surprising occurrences of the Fibonacci numbers in seemingly unrelated settings and invite students to explore the underlying reasons for these occurrences. Classroom enrichment for instructors and students
	Target Student Population	High school and entry-level college students who want to investigate the surprising appearances of the Fibonacci numbers
	Prerequisite Knowledge or Skills	Basic arithmetic
	Type of Material	Lecture, presentation
	Recommended Use	Classroom demonstration, student exploration. Good collection of materials for student projects
	Technical Requirements	None

Tabla 5.3: Elementos de metadatos del perfil de aplicación de Merlot

encontrado 20 objetos con el valor *other*, que poco aporta a la correcta descripción del objeto.

### 5.2.4.3. Correspondencia entre los *perfiles de aplicación* de eLera y Merlot y el estándar LOM

Los *perfiles de aplicación* definidos en Merlot y eLera, definen elementos de metadatos que sólo cubren de manera parcial todos los elementos definidos en LOM. La tabla 5.4 muestra los elementos de los metadatos de LOM necesarios para calcular las métricas de reusabilidad y los relaciona con sus equivalentes encontrados en Merlot y eLera. También se indica cuándo es necesario recurrir a una inspección manual del objeto para completar los metadatos LOM y poder así calcular las métricas de reusabilidad.

Métrica	LOM	eLera	Merlot Peer Re-	Merlot Detail	Material
Cohesion	Semantic den-	Resource type	Learning goals		Description
	Relation	Description	Overview		Inspección
	Aggregation level	Inspección	Inspección		
	Educational objective Structure				
Tamaño	Size	Resource type	Type of material		Material type
	Duration	Description	Overview		Description
	Typical learning time	Inspección	Inspección		Inspección
Portabilidad educativa	Context	Educational context	Target student population		Primary audience
	Typical age range	Description	Overview		Description
	Language	Language	Prerequisite (knowledge or skills)		Language
	Classification	Subject	Recommended use		Categories
Portabilidad tecnológica	Requirement	Description	Technical requirements		Technical requirements
	Format	Inspección			Technical Format

Tabla 5.4: Elementos de metadatos de LOM, Merlot y eLera necesarios para el cálculo de cada métrica.

Para el repositorio eLera, se puede observar cómo únicamente son cubiertos los metadatos requeridos para calcular la métrica de portabilidad educativa. Para el resto de

las métricas de reusabilidad fue necesario inspeccionar el objeto para obtener toda la información que proporcionarían los elementos de metadatos LOM requeridos.

En el caso de Merlot, con los metadatos encontrados es posible calcular las métricas de portabilidad educativa y portabilidad tecnológica. Para calcular las métricas de tamaño y cohesión será necesario inspeccionar el objeto de aprendizaje. Estas inspecciones manuales necesarias para calcular algunas de las métricas constituyen una limitación ante cualquier intento de automatización de las mismas.

#### **5.2.4.4. Metadatos desestructurados**

En nuestro experimento se ha podido constatar como mucha de la información que describe a los objetos en los repositorios presenta un formato desestructurado. A pesar de que estos elementos de metadatos son útiles, acarrear diferentes problemas: aumentan los errores en la cumplimentación de los metadatos y dificultan cualquier posible cálculo automático de la reusabilidad. La tabla 5.5 muestra los metadatos con formato estructurado y no estructurado encontrados en el estándar LOM y en los repositorios Merlot y eLera.

#### **5.2.4.5. Diferentes espacios de valores**

Aunque algunos metadatos comparten el mismo espacio de valores, como por ejemplo *Resource Type* en LOM y *Context* en eLera, la mayoría utilizan diferentes conjuntos de valores posibles y diferentes formas de estructurar la información. Sería útil, para facilitar la búsqueda de objetos de aprendizaje en repositorios, que aquellos metadatos que representan los mismos conceptos utilicen los mismos espacios de valores. Una iniciativa para intentar paliar esta dificultad es liderada por ASPECT (Massart 2009), que promueve la utilización de ciertos estándares que permiten el mapeo entre diferentes vocabularios de diferentes *perfiles de aplicación*.

	LOM	eLera	Merlot Peer Review	Merlot Material Detail
Estructurado	Semantic density Relation Aggregation level Size Context Language Structure	Subject Language Educational context Resource type		Material type Categories Primary audience Language Technical format
No estructurado	Format Requirement Typical age range Educational objective Duration Typical learning time Classification	Description	Overview Learning goals Target student population Prerequisite (knowledge or skills) Technical requirements Type of material Recommended use	Technical requirements Description

Tabla 5.5: Formato de los valores de los metadatos en LOM, Merlot y eLera.

#### 5.2.4.6. Compleción de los metadatos

Un aspecto que define la calidad de los metadatos es la compleción de los mismos, entendida como la capacidad para describir a un recurso (Margaritopoulos et al. 2009). Lógicamente si todos los metadatos están rellenos se garantizará la compleción y será posible calcular de forma precisa las métricas de reusabilidad propuestas. Sin embargo, se ha observado cómo algunos metadatos son opcionales. En concreto, en eLera no es obligatorio cumplimentar los siguientes: *Description*, *Resource type* y *Educational context*. Mientras que en Merlot, en Material Detail no son obligatorios: *Technical Requirements* y *Technical Format*. La tabla 5.6 muestra los resultados de analizar la presencia de metadatos opcionales en los objetos estudiados en Merlot y eLera.

Todos los problemas de metadatos enumerados anteriormente constituyen una limitación a la reutilización de los objetos de aprendizaje en los repositorios abiertos. Esto es debido a que dificultan las búsquedas de objetos de aprendizaje por parte de los usuarios y limitan cualquier iniciativa de tratamiento automatizado de los metadatos para

	Opcional	Completado	Porcentaje
eLera	Resource type	64	67 %
	Description	71	75 %
	Educational Context	95	100 %
Merlot Material Detail	Technical Requirements	65	46 %
	Technical Format	94	67 %
Merlot Peer Review	Overview	141	100 %
	Learning Goals	141	100 %
	Target Student Population	141	100 %
	Prerequisite Knowledge or Skills	137	97 %
	Technical Requirements	134	95 %
	Type of Material	138	98 %
	Recommended use	139	99 %

Tabla 5.6: Presencia de valores en elementos de metadatos opcionales.

localizar los objetos de aprendizaje más adecuados para la reutilización.

### 5.2.5. Técnicas de validación de la eficacia del modelo

A continuación se va a estudiar los tres modelos de agregación diferentes (media agregada ponderada, integral de Choquet y regresión lineal múltiple).

Para evaluar la eficacia de la estimación de cada modelo, comparando los valores actuales con los valores estimados, se van a utilizar cuatro métodos (Fenton & Pfleeger 1997):

- *Magnitud media del error absoluto.* Una forma de medir la eficacia de la predicción de reusabilidad es analizar la *Magnitud media del error absoluto (MMEA)*, que mide la diferencia, en valor absoluto, entre el valor predecido y el valor real. Cuanto menor sea su valor mayor será la exactitud del modelo (Khoshgoftaar & Seliya 2003). La fórmula 5.2.1 define el cálculo de la MMEA.

$$MMEA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|Reusabilidad Estimada_i - Reusabilidad eLera_i|) \quad (5.2.1)$$

- *Magnitud media del error relativo.* Otra forma de medir la eficacia de la predicción de reusabilidad es analizar la *Magnitud media del error relativo (MMER)*, que mide

la diferencia, en valor absoluto, entre el valor predecido y el valor real, dividido por el valor real. Cuanto menor sea este valor mayor será la exactitud del modelo (Khoshgoftaar & Seliya 2003). La fórmula 5.2.2 define el cálculo de la MMER.

$$MMER = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|Reusabilidad Estimada_i - Reusabilidad eLera_i| / Reusabilidad eLera_i) \quad (5.2.2)$$

- *Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada.* Se utilizan los índices Tau.b de Kendall y Rho de Spearman para determinar el grado de correlación entre los valores reales y los valores predecidos por el modelo.
- *Calidad de la Predicción.* Esta medida proporciona una indicación del ajuste del modelo basándose en la magnitud del error relativo. En concreto, representa el cociente del número de casos en los que las estimaciones están dentro del límite absoluto  $l$  de los valores reales entre el número total de casos (Conte et al. 1989). La fórmula 5.2.3 define el cálculo de la calidad de la predicción.

$$pred(l) = i/n \quad (5.2.3)$$

Donde  $l$  es la magnitud del error relativo seleccionada como tope,  $i$  es el número de datos cuya magnitud de error relativo es menor o igual que  $l$ , y  $n$  es el número de datos de la muestra. Por ejemplo si se obtiene  $pred(0,25) = 30\%$ , quiere decir que el 30% de los casos tiene estimaciones dentro del 25% de sus valores reales (Gray & MacDonell 1997a).

La tabla 5.7 enumera los criterios de evaluación de los modelos de estimación definidos por Conte et al. (1989) y que han sido adoptados para validar la eficacia del modelo de estimación de la reusabilidad. Para establecer la consistencia del modelo se analiza la magnitud media del error de la estimación relativo a la magnitud del valor real. Mientras que para definir la precisión del modelo se emplea el error relativo aceptable proporcionado por la *calidad de la predicción*.

Tabla 5.7: Criterios de calificación de modelos de estimación

Calificación	Consistencia	Precisión
Excelente	$MMER \leq 0,20$	$pred(0,20) \geq 80\%$
Bueno	$MMER \leq 0,25$	$pred(0,25) \geq 75\%$
Aceptable	$MMER \leq 0,30$	$pred(0,30) \geq 70\%$
Pobre	$MMER > 0,30$	$pred(0,30) < 70\%$

### 5.3. Resultados caso C1 – eLera –

Para validar la eficacia del modelo se estudian 95 objetos obtenidos del repositorio eLera y comparar las medidas de reusabilidad realizadas por la herramienta LORI por parte de los expertos con las evaluaciones resultantes de nuestra propuesta. Se analizan estadísticamente los datos utilizando las herramienta SPSS Statistics (Pallant 2007), (Field 2009) <sup>1</sup> y Statgraphics (Pérez 2003) <sup>2</sup>.

A continuación se analizan los resultados de los diferentes métodos de agregación.

#### 5.3.1. Media aritmética ponderada

Se procede a evaluar los resultados del modelo de estimación de reusabilidad utilizando la media ponderada como proceso de agregación. Se utilizan los pesos definidos en la tabla 4.5. –Cohesión 0,3, Tamaño 0,1, Portabilidad Educativa 0,3, Portabilidad Tecnológica 0,3–. Para medir la eficacia de este método de agregación se comparan los valores dados por los evaluadores de eLera y los proporcionados por el modelo, utilizando los cuatro métodos anteriormente expuestos (*MMEA*, *MMER*, Correlación, Calidad de la predicción). Conviene recordar que tanto las valoraciones de reusabilidad de los evaluadores como el valor de reusabilidad del modelo, toman valores en un rango del 0 al 5.

<sup>1</sup><http://www.spss.com>

<sup>2</sup><http://www.statgraphics.com>

### 5.3.1.1. Magnitud media del error absoluto

En la tabla 5.8 se describe el valor medio de la diferencia entre la valor otorgado por los expertos y el valor predecido por el modelo.

Datos	95
Media	0,647
Cuartiles	
25	0,20
50	0,50
75	0,90

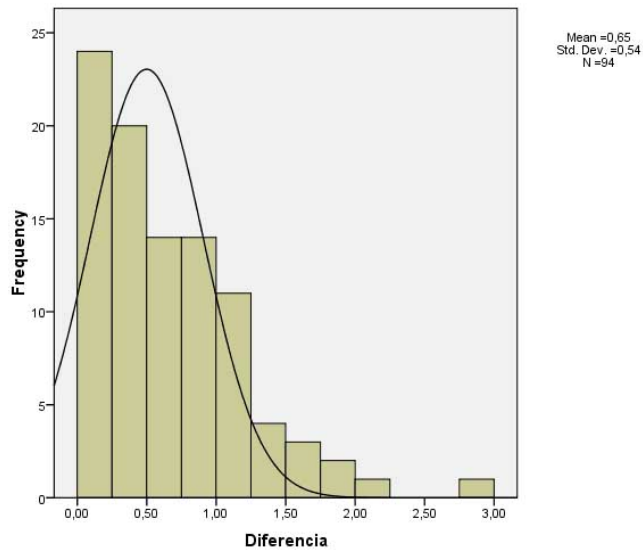


Tabla 5.8: Magnitud media del error absoluto –Media aritmética ponderada–

Si se analiza esta diferencia se puede ver que su valor medio es 0,647 y que para el 75 % de los objetos evaluados la diferencia es diferencia menor a 0,9. Estos resultados constituyen un buen punto de partida con la idea de mejorarlos en los posteriores ajustes que se realizaran al modelo.

### 5.3.1.2. Magnitud media del error relativo

Utilizando este método se constata como la magnitud media del error relativo es 0,222. Como se ha indicado anteriormente, sobre estos resultados iniciales moderadamente satisfactorios se realizaran los ajustes del modelo para mejorar su eficacia.

### 5.3.1.3. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada

Se utiliza la correlación como medida para cuantificar la eficacia de la predicción (Fenton & Pfleeger 1997). En concreto, se usan las medidas de correlación definidas por Kendall y Spearman, que pueden ser aplicadas sin necesidad de que los datos a estudiar sigan una distribución normal. Se descarta el índice de correlación de Pearson



que sí establece como prerrequisito el carácter normal de la distribución. En la tabla 5.9 se muestran las correlaciones, significativas al nivel 0,01, identificadas entre el valor de reusabilidad dado por los expertos y el valor predicho por el modelo:

<b>Indicador de correlación</b>	<b>Valor</b>	<b>Significación</b>
Tau_b de Kendall	0,278	0,01 (bilateral)
Rho de Spearman	0,366	0,01 (bilateral)

Tabla 5.9: Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Media aritmética ponderada–

#### 5.3.1.4. Calidad de la Predicción

Se analiza la calidad de la predicción realizada por el modelo obteniéndose el resultado mostrado en la fórmula 5.3.1:

$$pred(0,25) = 0,726 \quad (5.3.1)$$

Este valor indica que para el 72,6% de los casos la magnitud del error relativo es menor o igual a 0,25.

#### 5.3.2. Integral de Choquet

Una vez expuestos los resultados de la agregación mediante la media aritmética ponderada se procede a estudiar las posibles dependencias existentes entre las métricas de reusabilidad (cohesión, tamaño, reusabilidad educativa, reusabilidad tecnológica). El método de agregación que se va a emplear y que contempla estas posibles dependencias es la integral de Choquet. A continuación se analizan las interacciones existentes entre las métricas para poder caracterizar el funcionamiento de la integral de Choquet.

##### **Análisis de correlación de variables**

Se emplea la herramienta estadística SPSS para realizar un análisis de correlación entre las métricas utilizadas. En las tablas 5.10 y 5.11 se muestran los coeficientes de correlación de Spearman y Kendall respectivamente. El valor de estos indicadores mide la relación lineal existente entre variables cuantitativas.

Tabla 5.10: Correlación de Spearman entre métricas

	<b>Cohesión</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Portabilidad Educativa</b>	<b>Portabilidad Tecnológica</b>
<b>Cohesión</b>	1,000	0,388**	-0,010	-0,054
<b>Tamaño</b>	0,388**	1,000	-0,143	-0,008
<b>Portabilidad Educativa</b>	-0,010	-0,143	1,000	0,115
<b>Portabilidad Tecnológica</b>	-0,054	-0,008	0,115	1,000

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 5.11: Correlación Tau de Kendall entre métricas

	<b>Cohesión</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Portabilidad Educativa</b>	<b>Portabilidad Tecnológica</b>
<b>Cohesión</b>	1,000	0,362**	-0,010	-0,050
<b>Tamaño</b>	0,362**	1,000	-0,132	-0,008
<b>Portabilidad Educativa</b>	-0,010	-0,132	1,000	0,105
<b>Portabilidad Tecnológica</b>	-0,050	-0,008	0,105	1,000

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se puede observar como las métricas de cohesión y tamaño presentan una relación lineal estadísticamente significativa, lo que está introduciendo un cierto grado de redundancia en el modelo de agregación mediante la media aritmética ponderada. Para intentar evitar este efecto se va utilizar la integral de Choquet como método de agregación. Adicionalmente es necesario afirmar que no se han encontrado relaciones de sustitutividad ni complementariedad entre las métricas estudiadas.

Se construye la tabla de capacidades de Choquet 5.12, donde se indica la importancia de cada combinación de criterios, reflejando el símbolo + la presencia de un criterio. Cuando están presentes todos los criterios la contribución es 1, y cuando hay presencia de criterios correlacionados la contribución es menor que la suma de sus contribuciones por separado.

Una vez construida la tabla de capacidades de Choquet se empleará este método de agregación y se compararan los resultados con los valores otorgados por los expertos.

Tabla 5.12: Tabla de capacidades Choquet

<b>Cohesión</b>	+			+	+	+			+	+	+	+	
<b>Tamaño</b>		+			+		+	+		+	+	+	
<b>Portabilidad Tecnológica</b>			+			+		+	+		+	+	
<b>Portabilidad Educativa</b>				+			+	+		+	+	+	
$v(S)$	0,3	0,3	0,3	0,1	0,6	0,6	0,3	0,6	0,4	0,4	0,9	0,6	0,7

Los métodos utilizados para medir la bondad del nuevo modelo son los ya mencionados (*MMEA*, *MMER*, análisis de las correlaciones, calidad de la predicción).

### 5.3.2.1. Magnitud media del error absoluto

Se efectúa la agregación mediante la integral de Choquet obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 5.13:

Datos	95
Media	0,636
Cuartiles	
25	0,20
50	0,50
75	0,90

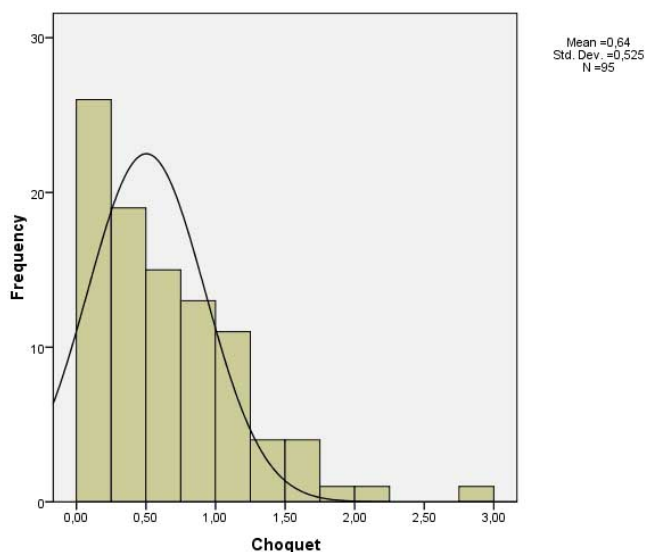


Tabla 5.13: Magnitud media del error absoluto –Choquet–

Si se comparan estos resultados con los obtenidos con la media aritmética ponderada, se puede observar que el uso de la integral de Choquet mejora mínimamente el resultado del modelo, pasándose de una *MMEA* de 0,647 a 0,636. Esta mejora marginal es debida a que, a pesar de la interrelación existente entre las métricas de cohesión y tamaño, la contribución de esta última es mínima (0,1) por lo que el grado de redundancia introducido también es mínimo.

### 5.3.2.2. Magnitud media del error relativo

Al aplicar la integral de Choquet como método de agregación la magnitud media del error relativo (*MMER*) pasa a ser de 0,217. Lo que representa una pequeña mejora respecto al valor obtenido con la media aritmética ponderada.

### 5.3.2.3. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada

La tabla 5.14 muestra las correlaciones, significativas al nivel 0,01, existentes entre los valores de reusabilidad otorgados por los expertos y los valores obtenidos utilizando la integral de Choquet como método de agregación. Reseñar la mejora producida respecto a las correlaciones obtenidas empleando la media aritmética ponderada.

Indicador de correlación	Valor	Significación
Tau_b de Kendall	0,330	0,01 (bilateral)
Rho de Spearman	0,428	0,01 (bilateral)

Tabla 5.14: Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Choquet–

### 5.3.2.4. Predicción de nivel 1

La calidad de la predicción obtenida aplicando la integral de Choquet es expresada en la fórmula 5.3.2

$$pred(0,25) = 0,747 \quad (5.3.2)$$

También con este método se observa la afinación que se produce en el modelo al utilizar la integral de Choquet.

### 5.3.3. Regresión lineal múltiple

Otra forma de determinar la contribución de cada métrica de reusabilidad –cohesión, tamaño, reusabilidad educativa y reusabilidad tecnológica– a la medida final de reusabilidad es utilizar la técnica de regresión lineal múltiple. Para el modelo aquí propuesto la reusabilidad obtenida de las evaluaciones del repositorio eLera es considerada la variable dependiente y las métricas de reusabilidad serán las variables independientes o

predictoras. Se calcularán los coeficientes que producen el mejor ajuste entre la reusabilidad calculada por la ecuación y la reusabilidad obtenida de eLera representando la función resultante una ecuación que representa de que manera la combinación lineal de las métricas explica la reusabilidad.

Como requisito previo para poder aplicar un modelo de regresión lineal múltiple es necesario que se satisfagan ciertas condiciones.

- Sobre el tamaño de la muestra –  $N$  – Tabachnick y Fidell (1996) establecen que debe cumplir la ecuación 5.3.3:

$$N > 50 + 8 * M \quad (5.3.3)$$

Donde  $M$  representa el número de variables independientes. Para nuestro modelo al tener cuatro variables predictoras (Cohesión, Tamaño, Reusabilidad Educativa y Reusabilidad Tecnológica) la ecuación quedaría como se muestra en 5.3.4:

$$N > 50 + 8 * 4 \quad (5.3.4)$$

Luego el tamaño de la muestra -  $N$  - debe ser mayor que 82, condición garantizada al utilizar de una muestra de 95 objetos de aprendizaje seleccionados del repositorio eLera.

- Ausencia de colinealidad. Esta se produce cuando las variables independientes están altamente correlacionadas relación mayor que 0.9, es decir, existe relación lineal casi exacta entre algunas de las variables independientes. En nuestro caso aunque existe una relación lineal, estudiada anteriormente, entre Cohesión y Tamaño, no se puede catalogar como colinealidad.
- Ausencia de singularidad. Esta se produce cuando una variable independiente es una combinación lineal de otras variables independientes. Tampoco aparece este problema en nuestro caso.
- Ausencia de datos anómalos. La regresión múltiple es muy sensible a datos extremos, cuya presencia alterara el ajuste del modelo. Posteriormente se realiza un

estudio de la presencia de datos anómalos y como su eliminación puede mejorar la bondad del ajuste.

Después de aplicar el modelo de regresión lineal múltiple ha sido necesario realizar un análisis de los residuos – diferencia entre datos obtenidos y predecidos –. Como resultado de este análisis se ha observado que cumplen las siguientes condiciones:

- Independencia: Los residuos han de ser independientes entre si.
- Normalidad: Los residuos se distribuyen normalmente con media cero.
- Homocedasticidad Para cada valor de la variable independiente la varianza de los residuos es constante.
- Linealidad. Los residuos deben tener una relación lineal con los valores predecidos.

#### **Aplicación de la regresión lineal múltiple a toda la muestra**

En las tablas 5.15 y 5.16 se muestran los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las variables independientes o predictoras.

- Variable dependiente: Reusabilidad eLera
- Variables independientes: Cohesión, Tamaño, Reusabilidad Educativa y Reusabilidad Tecnológica

<b>Parámetro</b>	<b>Estimación</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Estadístico T</b>	<b>Valor-P</b>
Constante	0,10375	0,85655	0,121126	0,9039
Cohesión	0,387759	0,142584	2,71951	0,0078
Tamaño	0,018939	0,128717	0,147137	0,8834
Reusabilidad Educativa	0,611899	0,1255	4,87568	0,0000
Reusabilidad Tecnológica	-0,0384425	0,112515	-0,341664	0,7334

Tabla 5.15: Regresión lineal múltiple –Ajuste inicial–

$R - cuadrada = 26,995\%$

$R - cuadrado ajustado = 23,7503\%$

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	20,9627	4	5,24068	8,32	0,0000
Residuo	56,6915	90	0,629906		
Total (Corr.)	77,6542	94			

Tabla 5.16: Análisis de Varianza –Ajuste inicial–

*Error estándar del est.* = 0,793666

*Error absoluto medio* = 0,608484

*Estadístico Durbin – Watson* = 1,58096 ( $P = 0,0186$ )

*Autocorrelación de residuos en retraso 1* = 0,204363

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 26,995 % de la variabilidad en Reusabilidad eLera. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 23,7503 %. El error estándar del valor estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,793666.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0 %.

Finalmente la ecuación del modelo ajustado obtenida vendrá dada por la expresión 5.3.5:

$$\begin{aligned}
 \text{Reusabilidad} = & 0,10375 + 0,387759 * \text{Cohesion} - 0,018939 * \text{Tamaño} + \\
 & 0,611899 * \text{Reusabilidad Educativa} - 0,0384425 * \text{Reusabilidad Tecnologica}
 \end{aligned}
 \tag{5.3.5}$$

Una vez obtenida la nueva expresión de agregación de las métricas de reusabilidad se procede a estudiar la eficacia del modelo empleando las técnicas ya conocidas (*MMEA*, *MMER*, análisis de correlaciones y calidad de la predicción)

### 5.3.3.1. Magnitud media del error absoluto

La magnitud media del error absoluto (*MMEA*) es de 0,608, y se corresponde con el valor promedio de los residuos. Este valor constituye una mejora frente a los obtenidos con los métodos de agregación anteriormente analizados.

### 5.3.3.2. Magnitud media del error relativo

La magnitud media del error absoluto (*MMER*) es de 0,199. Este valor constituye una mejora frente a los obtenidos con los métodos de agregación anteriormente analizados.

### 5.3.3.3. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada

La tabla 5.17 muestra las correlaciones existentes, significativas al nivel 0,01, entre los valores de reusabilidad otorgados por los expertos y los valores obtenidos utilizando la fórmula obtenida mediante regresión lineal múltiple como método de agregación. Reseñar la mejora producida respecto a las correlaciones obtenidas empleando los métodos de agregación anteriores.

<b>Indicador de correlación</b>	<b>Valor</b>	<b>Significación</b>
Tau_b de Kendall	0,351	0,01 (bilateral)
Rho de Spearman	0,462	0,01 (bilateral)

Tabla 5.17: Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Ajuste inicial–

### 5.3.3.4. Calidad de la predicción

La calidad de la predicción aplicando la fórmula obtenida mediante regresión lineal múltiple es expresada en la fórmula 5.3.8

$$pred(0,25) = 0,789 \quad (5.3.6)$$



También con este método se observa la afinación que se produce en el modelo al utilizar la regresión lineal múltiple.

### 5.3.3.5. Ajuste del modelo de regresión lineal. Detección de valores anómalos

Como ya se expuso al definir este método, la presencia de valores anómalos puede distorsionar el funcionamiento del modelo. Para evitarlo se realiza un estudio de residuos para identificar los valores anómalos y excluirllos. En las figuras 5.1 y 5.2 se ilustra el comportamiento de los residuos.

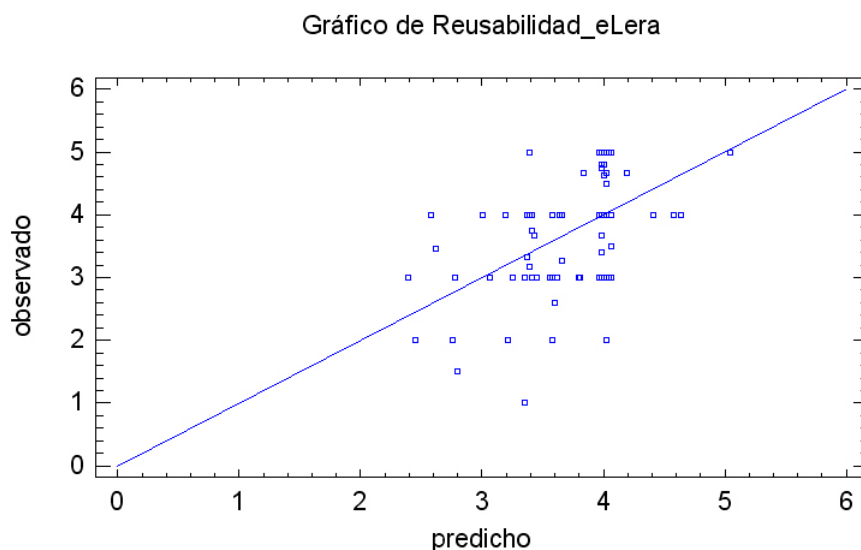


Figura 5.1: Modelo de regresión lineal múltiple –Ajuste inicial–

La tabla de residuos atípicos 5.18 enlista todas las observaciones que tienen residuos estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de reusabilidad eLera del modelo ajustado, utilizando todos los datos excepto esa observación. En este caso, hay tres residuos estudentizados mayores que 2 y uno mayor que 3. Se consideran estos elementos como aberrantes y son eliminados del modelo.

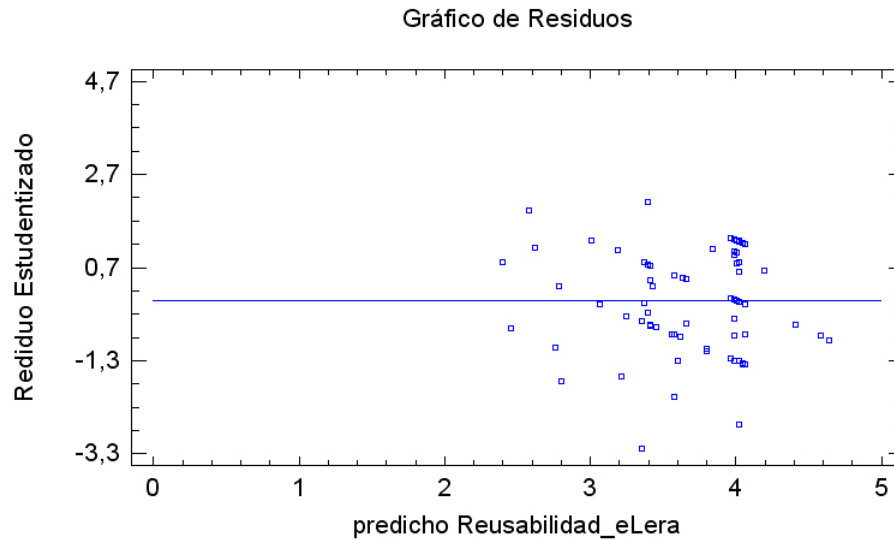


Figura 5.2: Análisis de Residuos –Ajuste inicial–

Fila	Y	Y Predicha	Residuo	Residuo Estudentizado
9	1,0	3,35509	-2,35509	-3,20
11	2,0	3,57923	-1,57923	-2,07
31	5,0	3,39353	1,60647	2,10
83	2,0	4,02437	-2,02437	-2,67

Tabla 5.18: Residuos atípicos

Este mismo proceso es realizado en posteriores iteraciones detectándose otros dos valores atípicos que fueron eliminados.

En las tablas 5.19 y 5.20 se muestran los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las variables independientes o predictoras.

- Variable dependiente: Reusabilidad eLera

- Variables independientes: Cohesión, Tamaño, Reusabilidad Educativa y Reusabilidad Tecnológica

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
Constante	-0,195832	0,745089	-0,26283	0,7933
Cohesión	0,447439	0,127242	3,51644	0,0007
Tamaño	0,0321788	0,110584	0,290991	0,7718
Reusabilidad Educativa	0,585191	0,113158	5,17144	0,0000
Reusabilidad Tecnológica	0,0043059	0,0974666	0,0441782	0,9649

Tabla 5.19: Regresión lineal múltiple –Ajuste final–

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	19,0356	4	4,75891	10,57	0,0000
Residuo	37,8028	84	0,450034		
Total (Corr.)	56,8384	88			

Tabla 5.20: Análisis de Varianza –Ajuste final–

$$R - cuadrada = 33,4908 \%$$

$$R - cuadrado ajustado = 30,3237 \%$$

$$Error estándar del est. = 0,670845$$

$$Error absoluto medio = 0,539955$$

$$Estadístico Durbin - Watson = 2,2104 (P = 0,8302)$$

$$Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,119042$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0 %.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 33,4908 % de la variabilidad en Reusabilidad eLera. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 30,3237 %. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,670845.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Recordar que R-cuadrada no es la medida más adecuada para evaluar la predicción de un modelo ya que, en el mejor de los casos se trata de medidas del ajuste de la ecuación a los datos, no de la capacidad predictiva del mismo. Desde este punto de vista los métodos más adecuados son *calidad de la predicción*, *MMER* y *MMEA*.

En las figuras 5.3 y 5.4 se ilustra la bondad del ajuste.

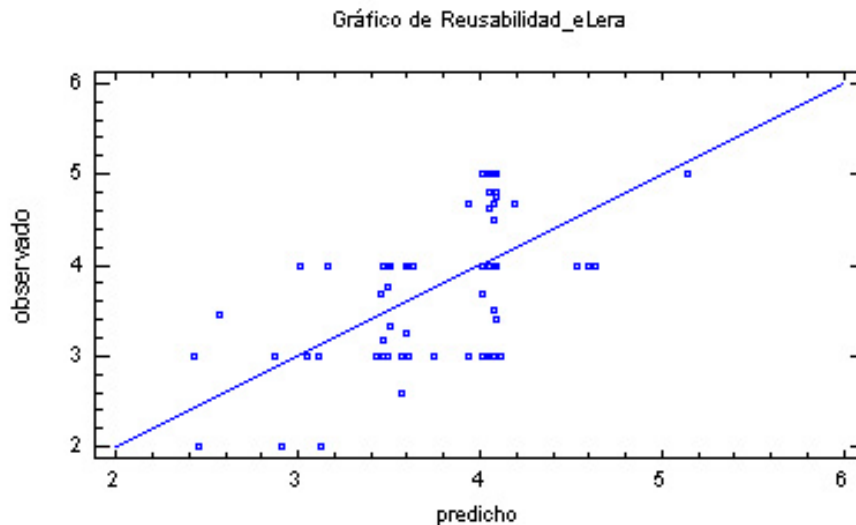


Figura 5.3: Modelo de regresión lineal múltiple –Ajuste final–

La ecuación del modelo ajustado viene dada por la expresión 5.3.7:

$$\begin{aligned}
 \text{Reusabilidad} = & -0,195832 + 0,447439 * \text{Cohesion} - 0,0321788 * \text{Tamaño} \\
 & + 0,585191 * \text{Reusabilidad Educativa} + 0,0043059 * \text{Reusabilidad Tecnologica}
 \end{aligned}
 \tag{5.3.7}$$

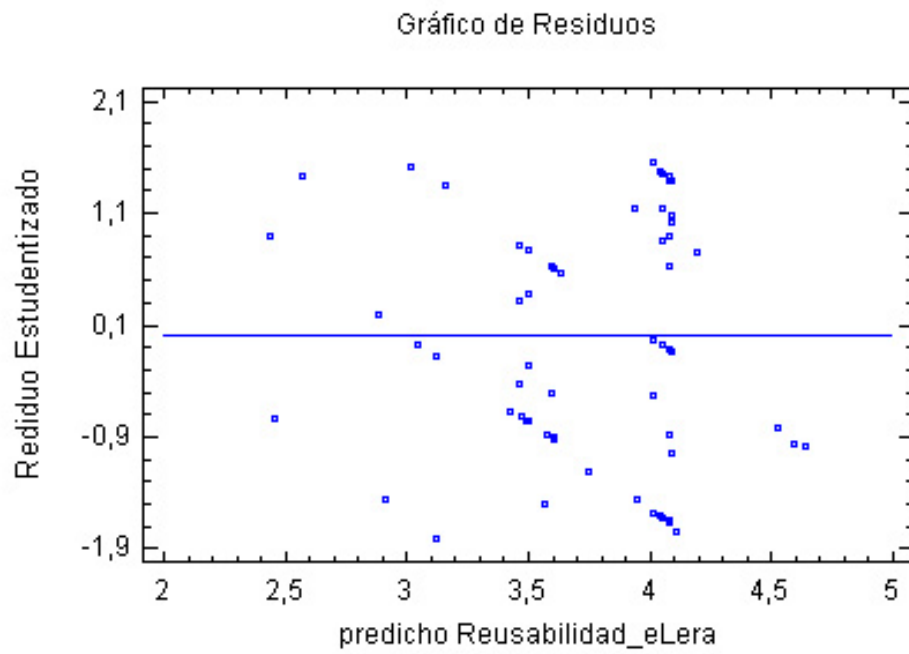


Figura 5.4: Análisis de Residuos –Ajuste final–

Los coeficientes obtenidos reflejan la importancia relativa de cada criterio, observando cómo la portabilidad educativa es la métrica que mayor aportación presenta seguida de la cohesión, mientras que la portabilidad tecnológica tendría una aportación mínima al modelo. Esto podría ser debido a que la mayoría de los objetos analizados utilizan las mismas tecnologías que son accesibles a todos los usuarios: html, java, flash, javascript, etc. También se puede observar como el coeficiente de *Tamaño* tiene un aporte mínimo, lo que concuerda con la afirmación de Ochoa y Duval (2008a), en la que indican que la granularidad de un objeto de aprendizaje influye en su reutilización dependiendo de la granularidad del contexto donde se va a reutilizar. Es decir, a la hora de crear un curso es más fácil que se reutilicen lecciones, mientras que cuando se quiere crear un curriculum completo se reutilizaran diferentes cursos (Ochoa & Duval 2008a).

Tras la obtención de estos coeficientes se puede concluir que los factores que más influencia tienen en la reusabilidad son los que representan las métricas reusabilidad educativa y cohesión.

A continuación se estudia el funcionamiento del modelo utilizando la ecuación obtenida mediante regresión lineal múltiple habiendo descartado los casos atípicos.

#### **5.3.3.6. Magnitud media del error absoluto**

Se calcula la reusabilidad con la nueva ecuación obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 5.21:

La magnitud media del error absoluto (*MMEA*) es de 0,539, y se corresponde con el valor promedio de los residuos. Este valor mejora todos los métodos de agregación empleados hasta el momento.

#### **5.3.3.7. Magnitud media del error relativo**

La magnitud media del error absoluto (*MMER*) es de 0,152. Este valor constituye una mejora frente a los obtenidos con los métodos de agregación anteriormente analizados.

Datos	89
Media	0,539
Cuartiles	
25	0,11
50	0,53
75	0,92

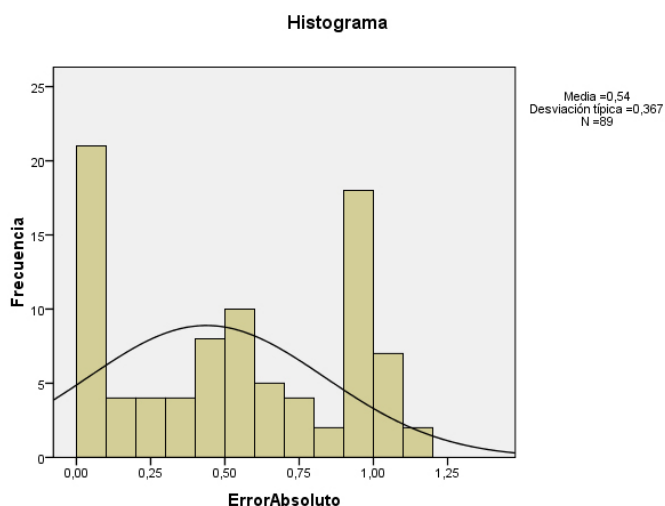


Tabla 5.21: Magnitud media del error absoluto –Regresión lineal múltiple–

### 5.3.3.8. Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada

La tabla 5.22 muestra las correlaciones existentes, significativas al nivel 0,01, entre los valores de reusabilidad otorgados por los expertos y los valores obtenidos utilizando la ecuación obtenida mediante regresión lineal múltiple. Reseñar la mejora producida respecto a todas las correlaciones obtenidas anteriormente.

Indicador de correlación	Valor	Significación
Tau.b de Kendall	0,371	0,01 (bilateral)
Rho de Spearman	0,498	0,01 (bilateral)

Tabla 5.22: Correlación entre Reusabilidad eLera y Reusabilidad calculada –Regresión lineal múltiple–

### 5.3.3.9. Calidad de la predicción

La calidad de la predicción aplicando la fórmula obtenida mediante regresión lineal múltiple es expresada en la fórmula 5.3.8

$$pred(0,25) = 0,842 \quad (5.3.8)$$

También en la calidad de la predicción se observa la afinación que se produce en el modelo al utilizar la regresión lineal múltiple.

### 5.3.4. Resumen de los métodos de agregación en el caso C1 –eLera–

En la tabla 5.23 y en la figura 5.5 se ilustra el resultado de los métodos de agregación empleados en el caso de evaluación C1.

Método	$\tau$ de Kendall	$\rho$ de Spearman	pred (0, 25)	MMER	MMEA
Media ponderada	0,278**	0,366**	0,726	0,222	0,647
Integral Choquet	0,330**	0,428**	0,747	0,217	0,636
Regresión múltiple	0,371**	0,498**	0,842	0,152	0,539

Tabla 5.23: Comparación de resultados del caso C1  
<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La figura 5.5 ilustra gráficamente los resultados mostrados en la tabla 5.23.

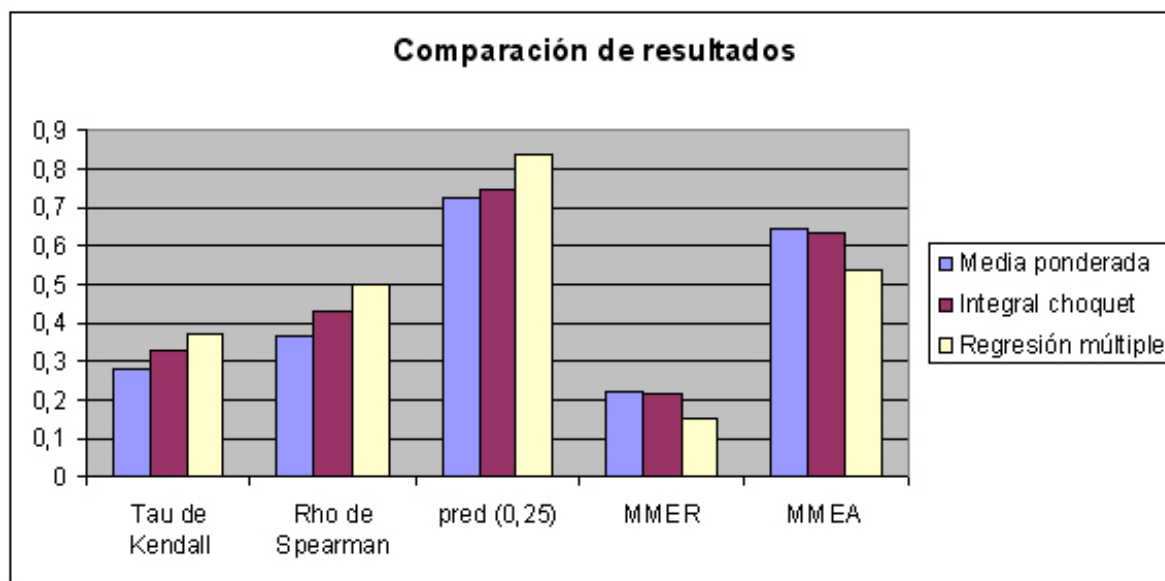


Figura 5.5: Comparación de resultados del caso C1

Según la clasificación de modelos de estimación según su exactitud propuesta por Conte et al.(1989), que califica los modelos de estimación de “pobres” a “excelentes”, se pueden calificar los modelos de media ponderada e integral de Choquet como bastante



buenos y el modelo de regresión lineal como muy bueno. La tabla 5.7 muestra los criterios de calificación de los modelos de estimación, analizando su consistencia y precisión, según Conte et al.(1989).

Una vez evaluado y ajustado el modelo de medida de reusabilidad mediante el caso de estudio C1 –eLera–; en la siguiente sección se procede a ampliar la cobertura del experimento estudiando un conjunto de objetos de aprendizaje del repositorio Merlot.

#### **5.4. Resultados caso C2 – Merlot –**

Para seguir analizando la eficacia de la estimación de la reusabilidad se va a aplicar el modelo que mejor comportamiento proporcionaba en los objetos de eLera – regresión lineal múltiple – a un conjunto de 141 objetos obtenidos del repositorio Merlot. Este conjunto de objetos corresponde a una consulta realizada el 1 de octubre de 2009 que incluía a todos los objetos dados de alta en el repositorio entre 2005 y 2008, que habían sido evaluados por los expertos y que tenían comentarios realizados por los usuarios. Se eligieron estos objetos porque al disponer de evaluaciones de expertos y usuarios siempre estaría disponible más información para contrastar con la proporcionada con el modelo de cálculo de reusabilidad aquí propuesto.

Aunque en este repositorio no existe una evaluación explícita de reusabilidad, como ocurría en eLera, están disponibles las evaluaciones realizadas por los expertos en las dimensiones Valoración global –*Overall Rating*–, Calidad del contenido –*Content Quality*–, Efectividad como herramienta de aprendizaje –*Effectiveness*– y Facilidad de uso –*Ease of use*–. Se puede estudiar al grado de correlación de la predicción de reusabilidad con estas evaluaciones, ya que la reusabilidad es un atributo intrínseco del objeto que constituye una medida de calidad a priori (Sicilia & García-Barriocanal 2003). Además Han (2003) afirma que existe una correlación entre los atributos definidos en Merlot y eLera, en concreto afirma que el atributo calidad de los contenidos de Merlot está correlacionado con los atributos reusabilidad y calidad de los contenidos de eLera.

En la tabla 5.24 se muestran los coeficientes de correlación de Spearman y Kendall entre la reusabilidad calculada y las evaluaciones de los expertos.

<b>Correlación</b>	$\tau$ de Kendall	$\rho$ de Spearman
<b>Valoración global</b>	0,287**	0,372**
<b>Calidad del contenido</b>	0,301**	0,396**
<b>Efectividad</b>	0,300**	0,402**
<b>Facilidad de uso</b>	0,279**	0,363**

Tabla 5.24: Correlación entre la reusabilidad estimada y las evaluaciones de los expertos<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se observa la presencia de una correlación estadísticamente significativa al nivel 0,01\*\* entre la reusabilidad estimada y la calificación general del objeto (Valoración global), la Calidad del contenido, la efectividad como herramienta de aprendizaje (Efectividad) y la Facilidad de uso.

Con el ánimo de seguir profundizando en el proceso de validación de la eficacia de la medida de reusabilidad se contrastará la misma con datos provenientes del uso que realizan los usuarios de los objetos de aprendizaje. En concreto, en Merlot se dispone de información sobre que objetos han sido seleccionados por los usuarios registrados para guardarlos en una colección personal de favoritos y poder acceder fácilmente a ellos para utilizarlos en clase o para cualquier otro propósito. La presencia de un objeto en *Personal Collections* –listas de objetos favoritos– es un indicador de su calidad (García-Barriocanal & Sicilia 2009), por lo que se puede analizar la relación existente entre la métrica de reusabilidad y el número de colecciones personales en las que aparece. La tabla 5.25 expone la correlación entre la reusabilidad estimada y el número de Colecciones personales en que aparece el objeto:

<b>Correlación</b>	$\tau$ de Kendall	$\rho$ de Spearman
<b>Colecciones personales</b>	0,240**	0,337**

Tabla 5.25: Correlación entre la reusabilidad estimada y Colecciones personales<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se puede observar cómo existe una correlación estadísticamente significativa al nivel 0,01 entre la estimación de la reusabilidad y la inclusión de un objeto en la lista de

favoritos de un usuario.

Para detallar más este análisis de correlación se contempla la posibilidad de que un objeto más antiguo en el repositorio haya sido incluido más veces en la lista de favoritos. Por ejemplo, un objeto dado de alta en 2005, al llevar más tiempo dado de alta en el repositorio, podría haber sido elegido más veces que uno dado de alta a final de 2008. Para contemplar esta situación se podría establecer un rango de fechas en las cuales se considerara que el objeto ha estado suficientemente expuesto como para poder analizar su uso. Ante la dificultad de establecer este rango y para contemplar la antigüedad del objeto de aprendizaje en el repositorio, se va a normalizar el número de *Personal Collections* de cada objeto, dividiéndolo por el número de días que lleva el objeto dado de alta en el repositorio.

La siguiente tabla 5.26 expone la correlación entre la reusabilidad estimada y el número de Colecciones personales en que aparece el objeto dividido por su antigüedad en el repositorio:

<b>Correlación</b>	$\tau$ de Kendall	$\rho$ de Spearman
<b>Colecciones personales</b>	0,215**	0,307**

Tabla 5.26: Correlación entre la reusabilidad estimada y Colecciones personales normalizado

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Se puede observar como sigue existiendo una correlación estadísticamente significativa al nivel 0,01 entre la estimación de la reusabilidad y la inclusión de un objeto en la lista de favoritos de un usuario, contemplando el tiempo que lleva dado de alta en el repositorio.

Para continuar con la evaluación de la eficacia de la medida de reusabilidad se va a ampliar este estudio de correlaciones, comparando la medida de reusabilidad con todos los indicadores de calidad disponibles en el repositorio Merlot. El objetivo de esta comparación radica en la idea de que si las diferentes medidas de calidad que existen

en un repositorio están relacionadas entre si y con el indicador de reusabilidad podría formularse una medida de relevancia que englobara toda la información del objeto.

## 5.5. Evaluación de la correlación entre los diferentes indicadores de calidad de los objetos de aprendizaje

Se realiza un estudio de análisis de correlación entre indicadores de calidad de las diferentes categorías (característica, empírica y valorativa) aplicados al conjunto de objetos del caso C2 –Merlot–. Se elige este repositorio porque permite obtener indicadores de calidad de todas las categorías identificadas.

La tabla 5.27 muestra los indicadores escogidos para su estudio, donde Colecciones personales –*Personal Collections*– indica el número de veces que un material es incluido en la lista de favoritos, Ejercicios –*Exercises*– son propuestas didácticas que enlazan a uno o varios materiales, Utilizado en clase –*Used in classroom*– indica si el material ha sido utilizado en clase por el usuario que lo evalúa y Comentarios –*Comments*– representa la valoración por parte de usuarios registrados en Merlot. Respecto al indicador característico, basado en metadatos, se ha seleccionado el indicador de reusabilidad propuesto en este trabajo.

Valorativa	Empírica	Característica
Valoración global	Colecciones personales	Reusabilidad
Calidad del contenido	Ejercicios	
Efectividad	Utilizado en clase	
Facilidad de uso		
Comentarios		

Tabla 5.27: Indicadores de calidad estudiados

### 5.5.1. Correlación entre las valoraciones explícitas provenientes de expertos y usuarios.

En la tabla 5.28 se puede observar como las valoraciones explícitas realizadas por los expertos están fuertemente relacionadas entre sí. Sin embargo apenas existe correlación con las valoraciones realizadas por los usuarios. Únicamente la facilidad de uso está correlacionada con las valoraciones realizadas por expertos. Esto podría ser debido a que quizás los usuarios no tengan los conocimientos necesarios para evaluar el material que están analizando o porque este sea de un área o nivel diferente de los que conocen. También es posible que los usuarios puedan dar más importancia a la facilidad de uso en su valoración global de los materiales educativos. En este sentido Han (Han 2004) apunta que es difícil dar un valor numérico a los gustos de los usuarios en una evaluación de calidad. Por ejemplo si un usuario prefiere ciertos tipos de literatura, dará mejor valoración a los objetos de aprendizaje que traten esos tipos.

<b>Correlación <math>\tau</math> de Kendall</b>	Valoración global	Calidad del contenido	Efectividad	Facilidad de uso	Comentarios
Valoración global	1	0,776**	0,718**	0,663**	0,096
Calidad del contenido	0,776**	1	0,724**	0,615**	0,107
Efectividad	0,718**	,724**	1	0,507**	0,126
Facilidad de uso	0,663**	0,615**	0,507**	1	0,172*
Comentarios	0,096	0,107	0,126	0,172*	1

Tabla 5.28: Correlación entre las valoraciones explícitas provenientes de expertos y usuarios.

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

<sup>2</sup> \*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

### 5.5.2. Correlación entre las valoraciones explícitas y las valoraciones empíricas.

En la tabla 5.29 se ilustra la correlación entre indicadores de las categorías valorativa y empírica, observándose una relación entre la presencia en colección de favoritos y las evaluaciones de los expertos.

<b>Correlación <math>\tau</math> de Kendall</b>	Colecciones personales	Ejercicios	Utilizado en clase
Valoración global	0,171**	0,033	0,045
Calidad del contenido	0,145*	-0,014	0,034
Efectividad	0,224**	0,047	0,123
Facilidad de uso	0,146*	0,036	0,071
Comentarios	0,046	-0,007	0,049

Tabla 5.29: Correlación entre las valoraciones explícitas y las valoraciones empíricas.

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

<sup>2</sup> \*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

### 5.5.3. Correlación entre las diferentes valoraciones empíricas

En la tabla 5.30 se puede observar la correlación entre las distintas medidas empíricas, observándose como la presencia en las listas de favoritos y la utilización indicada por Ejercicios están relacionadas.

<b>Correlación <math>\tau</math> de Kendall</b>	Colecciones personales	Ejercicios	Utilizado en clase
Colecciones personales	1	0,227**	0,105
Ejercicios	0,227**	1	0,298**
Utilizado en clase	0,105	0,298**	1

Tabla 5.30: Correlación entre las diferentes valoraciones empíricas

<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

<sup>2</sup> \*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

### 5.5.4. Correlaciones con el indicador de reusabilidad basado en metadatos

Finalmente, la tabla 5.31 indica las correlaciones con el indicador basado en metadatos.

### 5.5.5. Correlación entre indicadores de las tres categorías

Para ilustrar la relación existente entre los indicadores provenientes de las distintas categorías la figura 5.6, muestra la correlación entre *Valoración global*, *Colecciones personales* y Reusabilidad basada en metadatos. La nube de puntos que se puede observar ilustra perfectamente la correlación que existe entre las diferentes perspectivas de la calidad estudiadas.

<b>Correlación <math>\tau</math> de Kendall</b>	<b>Reusabilidad</b>
Colecciones personales	0,240**
Ejercicios	0,062
Utilizado en clase	0,092
Valoración global	0,287**
Calidad del contenido	0,301**
Efectividad	0,300**
Facilidad de uso	0,279**
Comentarios	0,031

Tabla 5.31: Correlaciones Tau de Kendall con el indicador basado en metadatos  
<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

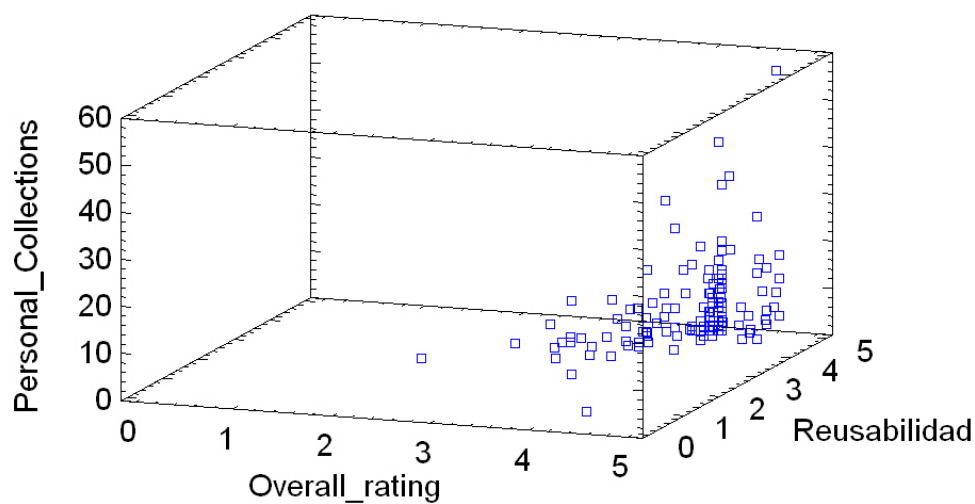


Figura 5.6: Relación entre indicadores de calidad de las tres categorías –Valorativa, característica y empírica–

Las correlaciones detectadas entre los indicadores de las distintas categorías avalan la idea de que todas son medidas de calidad obtenidas desde distintos puntos de vista y que pueden complementarse para obtener un indicador que califique la relevancia de un objeto de aprendizaje.

## 5.6. Integración de los indicadores de calidad en una medida de relevancia

Para agregar los indicadores de calidad de las diferentes dimensiones – valorativa, empírica y característica – se utilizará como referencia los pesos propuestos por Han et al. (2003) para integrar las diferentes medidas de calidad de un objeto de aprendizaje. El modelo final resultante queda expresado en la tabla 5.32.

<b>Categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
Valorativa	Evaluación individual de experto (Valoración global)	0,3
	Evaluación usuarios registrado (Comentarios)	0,1
Empírica	Favoritos (Colecciones personales)	0,15
	Utilización (Ejercicios)	0,1
	Utilización (Utilizado en clase)	0,05
Característica	Reusabilidad	0,3

Tabla 5.32: Ponderaciones de los indicadores de calidad

A continuación se aplicará el indicador de relevancia al conjunto de materiales estudiados provenientes del repositorio Merlot.

En la tabla 5.33 se ilustra en que grado está correlacionada la medida de Relevancia con todos los indicadores usados en Merlot.

Además se va a describir la distribución de la relevancia calculada, como se muestra en la tabla 5.34.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05 en ambas pruebas, no se puede rechazar la idea de que la medida de relevancia proviene de una distribución normal con 95 %.

Adicionalmente, en las figuras 5.7 y 5.8 se ilustra la distribución estadística de la medida de relevancia comparada con una distribución normal. Estos gráficos permiten



<b>Correlación <math>\tau</math> de Kendall</b>	<b>RelevanciaFinal</b>
Valoración global	0,459**
Comentarios	0,220**
Reusabilidad	0,537**
Colecciones personales	0,474**
Ejercicios	0,228**
Utilizado en clase	0,251**

Tabla 5.33: Correlaciones con la medida de Relevancia  
<sup>1</sup> \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Media	2,91333
Desviación estándar	0,387828
Prueba	Estadístico Valor-P
W de Shapiro-Wilk	0,981656 0,527831
Kolmogorov-Smirnov	0,080913 0,316282

Tabla 5.34: Análisis de la distribución de la medida de Relevancia

ilustrar como la medida de relevancia tiene una distribución casi simétrica, donde una minoría de los materiales presentan valoraciones muy bajas o muy altas y la mayoría presentan valores intermedios. Este comportamiento podría corresponder con el esperado en un proceso evaluativo de materiales educativos.

### 5.6.1. Agregación de indicadores de calidad mediante SFO

Otra forma de determinar la contribución de cada medida de calidad a la ordenación final de recursos es la utilización del algoritmos de ranking de resultados empleado en búsquedas en la Web y denominado *scaled footrule aggregation (SFO)*.

Se aplican los dos métodos de agregación de los indicadores de calidad a los primeros 10 objetos de la población a estudio y se puede observar como la ordenación producida por ambos es muy similar, como se ilustra en la figura 5.9.

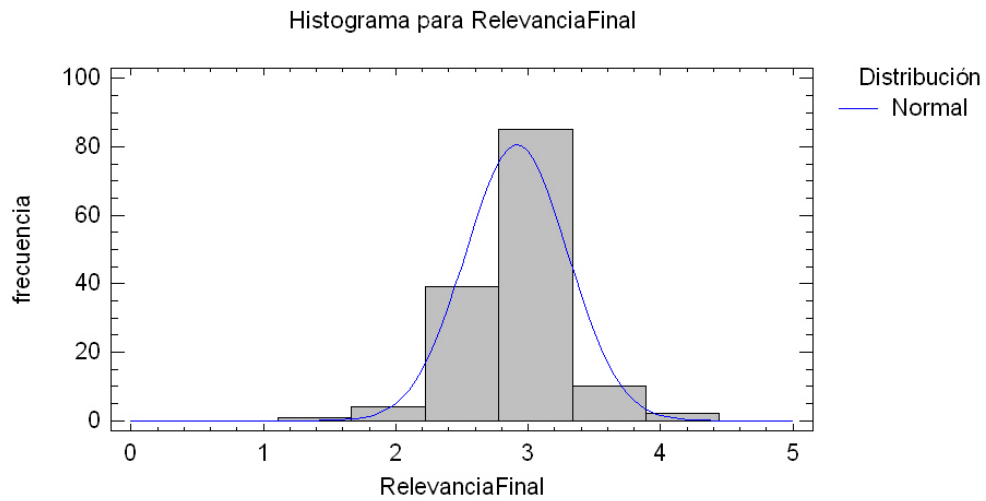


Figura 5.7: Histograma para la medida de Relevancia

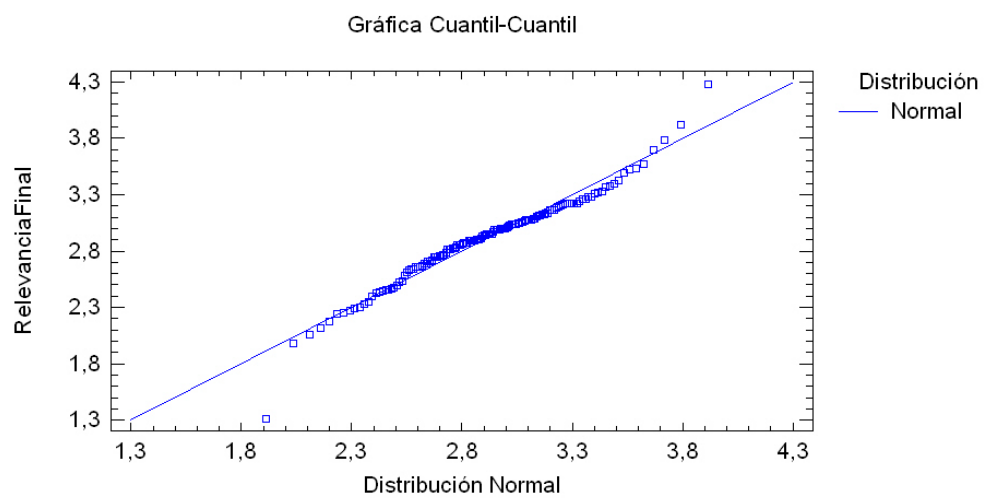


Figura 5.8: Distribución de la medida de Relevancia

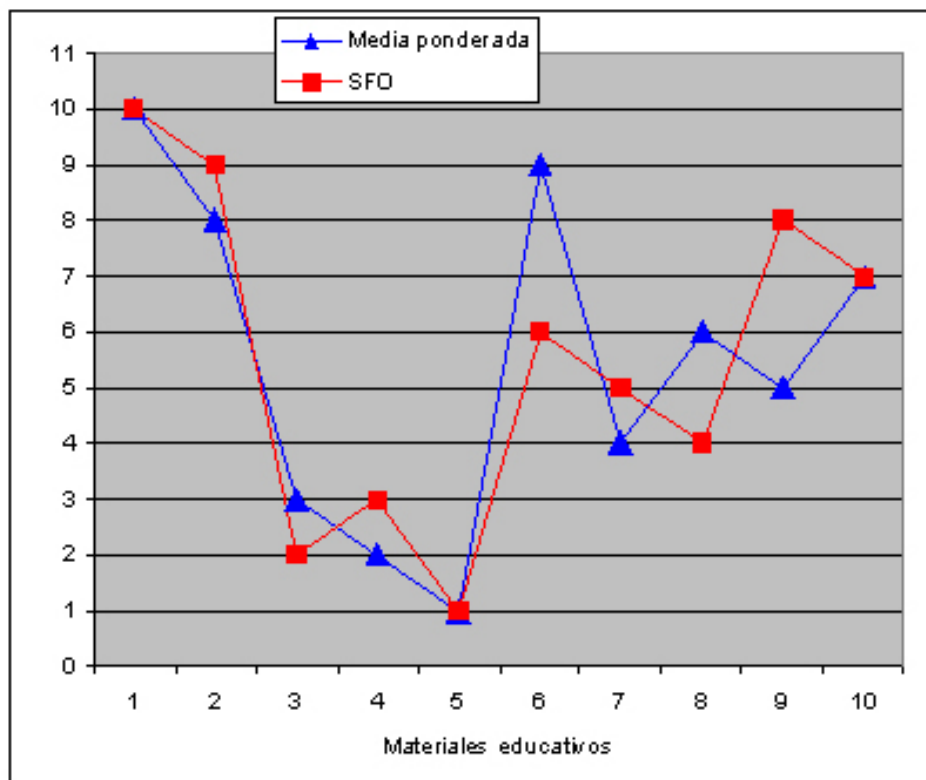


Figura 5.9: Comparación de los métodos de agregación para la medida de relevancia

## 5.7. Resumen

En este capítulo se ha verificado la eficacia de la métrica de reusabilidad basada en metadatos, ya que se han encontrado evidencias de su correlación con las valoraciones realizadas por usuarios y expertos, y con los datos de uso de los objetos. De la misma forma se ha constatado como las diferentes medidas de calidad de los objetos de aprendizaje (empíricas, características y valorativas) están correlacionadas, lo que avala la idea de integrarlas en una medida de relevancia de los objetos de aprendizaje. El trabajo realizado permite examinar la consecución de los objetivos planteados en el primer capítulo, actividad que se abordará en el capítulo siguiente.

# Capítulo 6

## Conclusiones

*We need to match novel modes of authorship, reuse, licensing, and distribution of materials with equally novel modes of reviewing, assessing, and sharing evaluations*

*Kelty, C.M., Burrus, C.S. y Baraniuk, R.G.*

### 6.1. Resumen de objetivos y de su evaluación

En la tabla 6.1 se presentan los objetivos establecidos en el capítulo 1, junto con su descripción y la evaluación realizada de los mismos.

Objetivo	Descripción	Evaluación
O1	Determinar aquellos aspectos que tienen mayor influencia en la reusabilidad de los objetos de aprendizaje	A
O2	Establecer las bases para cuantificar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje	B
O3	Proporcionar un método de medición semi-automatizada de la reusabilidad utilizando metadatos y utilizando las bases establecidas en el objetivo	C1, C2
O4	Proponer una medida de calidad final de los objetos de aprendizaje que utilice los metadatos que los describen, las valoraciones realizadas por usuarios y expertos y los datos de uso de los mismos	D

Tabla 6.1: Resumen de objetivos y de su evaluación

La fase de evaluación de la tesis ha comprendido las siguientes actividades:

(A) Estado de la cuestión.

- (B) Diseño de un modelo de evaluación de la reusabilidad presentado en el capítulo 4 y validado utilizando regresión lineal múltiple y contrastes estadísticos.
  
- (C1) Aplicación de la medida de reusabilidad a objetos obtenidos del repositorio eLera contrastando los resultados con las valoraciones realizadas por los expertos. En esta fase se han realizado las iteraciones necesarias, revisando los métodos de agregación, hasta ajustar la calidad de los resultados proporcionados.
  
- (C2) Aplicación de la medida de reusabilidad a objetos obtenidos del repositorio Merlot contrastando los resultados con las valoraciones realizadas por los expertos y los datos de uso.
  
- (D) Estudio de la correlación entre los indicadores existentes sobre la calidad de los objetos de aprendizaje. Estudio de diferentes métodos de agregación de los mismos.

### 6.1.1. Limitaciones

Existen diversas limitaciones al estudio realizado. La principal proviene de las carencias, descritas anteriormente, en el uso de los metadatos en los repositorios y que constituyen una limitación a la hora de automatizar la estimación de la reusabilidad.

También es necesario reflejar que existe una falta de información sobre los evaluadores de eLera, donde un tercio no indican su perfil profesional. Para garantizar la calidad de las evaluaciones sería deseable poder caracterizar a todos los evaluadores. Otra limitación viene derivada de que una gran parte de los objetos en eLera sólo están evaluados una única vez, siendo más fiable la evaluación al incrementarse el número de evaluaciones realizadas sobre cada objeto. Igualmente hay que constatar como las evaluaciones presentes en eLera y Merlot no están realizadas siempre por los mismos expertos, lo que podría introducir una cierta variabilidad a los datos.

## 6.2. Conclusiones

A continuación se describen las conclusiones relativas al uso de los metadatos, el cálculo de la métrica de reusabilidad y la medida de relevancia.

### 6.2.1. Referentes a metadatos

Para facilitar el cálculo de la reusabilidad de forma automatizada sería conveniente que los metadatos cumplieran unas condiciones de calidad: Sería deseable que cada elemento de metadatos definido en LOM tuviera su correspondiente en los *perfiles de aplicación* definidos en eLera y Merlot. Cada elemento de metadatos que represente el mismo concepto en cada *perfil de aplicación* debería compartir el mismo conjunto de valores posibles. Todos los elementos de metadatos deberían ser obligatorios para evitar carencias de información. Además, todos los elementos de metadatos deberían utilizar valores estructurados, para evitar errores en el proceso de cumplimentación y para facilitar su tratamiento automatizado.

Como proponen Brownfield y Oliver (2003) sería necesario definir un tesoro accesible donde se definan todos los elementos de metadatos y sus valores posibles de forma consistente. También sería necesario mejorar los procesos de cumplimentación de metadatos para evitar errores en la medida de lo posible.

También se puede afirmar que los metadatos relativos a la portabilidad educativa son los más correctamente completados, por lo que la automatización de la métrica de reusabilidad educativa será la menos costosa.

### 6.2.2. Referentes al cálculo de la reusabilidad basada en metadatos

La similitud obtenida entre las reusabilidades estimadas frente a las valoraciones hechas por los evaluadores de eLera muestra una evidencia a favor de la efectividad del modelo de estimación de la reusabilidad propuesto. También se ha constatado como los

factores que más influyen en la reusabilidad son los contemplados por la métrica reusabilidad educativa, seguidos por los representados en la métrica cohesión. Sin embargo, los aspectos representados por las métricas tamaño y reusabilidad tecnológica tienen una contribución mínima a la reusabilidad. Adicionalmente los resultados obtenidos al analizar el repositorio Merlot proporcionan información adicional que reforzaría esta idea. De esta forma, estimar la reusabilidad proporcionaría información útil a la hora de seleccionar objetos reutilizables y ayudaría en el desarrollo de los mismos, mejorando la productividad y calidad de los sistemas de *e-learning*. A la hora de buscar objetos de aprendizaje en repositorios, esta medida de reusabilidad podría constituir un indicador de calidad que permitiera ordenar los resultados de las búsquedas en repositorios, priorizando aquellos con mayor relevancia para poder ser reutilizados. Finalmente reflejar que la estimación de la reusabilidad podría calcularse automáticamente o de forma asistida con unos metadatos que satisfagan los requisitos mínimos de calidad identificados en este estudio.

### **6.2.3. Referentes a la integración de los indicadores de calidad en una medida de relevancia**

Las correlaciones detectadas entre los indicadores de las distintas categorías avalan la idea de que todas son medidas de calidad obtenidas desde distintos puntos de vista y que pueden complementarse para obtener un indicador que califique la relevancia de un objeto de aprendizaje. La utilización de esta medida de relevancia ayudará al usuario final en el proceso de selección de objetos de aprendizaje. Además mejoraría la fiabilidad de las recomendaciones ya que engloba toda la información relevante existente: evaluaciones de expertos y usuarios, datos de uso y la información contenida en sus metadatos. Finalmente destacar la ventaja de que podría ser calculada de forma automática, lo que garantizaría la sostenibilidad de la misma y permitiría que todos los materiales educativos presentes en repositorios tengan una medida de evaluación aunque falte alguno de los indicadores de calidad.



### 6.3. Aportaciones originales

Las aportaciones concretas de esta tesis son las siguientes:

- Un modelo que permite la utilización de los metadatos como fuente que contiene toda la información necesaria para determinar la capacidad de reutilización de los objetos de aprendizaje.
- Un modelo que permite el cálculo semi-automático de la reusabilidad utilizando los metadatos.
- Identifica cómo los factores que más influyen en la reusabilidad son los representados por las métricas reusabilidad educativa y cohesión.
- Permite obtener una medida de relevancia englobando información obtenida de los metadatos, las valoraciones de usuarios y expertos y los datos de uso, lo que aumentaría la fiabilidad de las recomendaciones.
- Permite obtener una medida de calidad calculada de forma automática lo que garantizará su sostenibilidad.
- Las correlaciones detectadas entre los indicadores de las distintas dimensiones avallan la idea de que todas son medidas de calidad obtenidas desde distintos puntos de vista y que pueden complementarse para obtener un indicador que califique la relevancia de un objeto de aprendizaje.
- Garantiza que todos los objetos de aprendizaje tenga una medida de relevancia aunque existan carencias de información en sus metadatos, valoraciones de usuarios y expertos o datos de uso.

### 6.4. Líneas de trabajo futuras

El resultado de las evaluaciones de los objetos de aprendizaje debería ser incluido en los metadatos para su aprovechamiento (Vuorikari et al. 2007) por lo que sería interesante desarrollar una extensión de los metadatos de objetos y diseños de aprendizaje con

información de reusabilidad (Williams 2000). Así mismo, sería deseable desarrollar una herramienta software que pueda integrarse en los repositorios para el cálculo automático de la reusabilidad, poniendo en práctica la teoría desarrollada en esta tesis doctoral. De manera análoga sería interesante desarrollar una extensión a las herramientas de anotación de metadatos, como por ejemplo LomPad, para permitir el cálculo automático del indicador de reusabilidad de un objeto de aprendizaje.

## 6.5. Publicaciones derivadas de la investigación

### Congresos internacionales:

- Sanz, J., Margaritopoulos, M., Margaritopoulos, T., Dodero, J.M., Sánchez-Alonso, S., Manitsaris, A. An automatic indicator of the reusability of learning objects based on metadata that satisfies completeness criteria. Proceedings of 1st International Conference on Technology Enhanced Learning, Reforming Education and Quality of Teaching, TECH-EDUCATION 2010, 19–21 May, Athens, Greece. Aceptado.
- Sanz, J., Dodero, J.M., Ruiz, M.. Evaluación de la reusabilidad de las secuencias de aprendizaje en LAMS. Proceedings 2008 European LAMS Conference: Practical Benefits of Learning Design. Universidad de Cádiz. <http://lamsfoundation.org/lams2008/papers.htm>.
- Sanz, J., Dodero, J.M., Sánchez-Alonso, S.. Aprioristic Learning Object Reusability Evaluation. Proceedings of X International Symposium on Computers in Education SIIE 2008. Universidad de Salamanca.
- Sanz, J., Sánchez-Alonso, S., Dodero, J.M.. Reusability evaluation of learning objects stored in open repositories based on their metadata. F. Sartori, M.A. Sicilia, and N. Manouselis (Eds.). Metadata and Semantic Research. Proceedings of Third International Conference, MTSR 2009, Milan, Italy, October 1-2, 2009. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 46, pages 193-202.

- Sanz, J., Martínez M.J., López Soblechero, M. V.. Implantación de Moodle para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación profesional a distancia. Simposio Calidad, Innovación y Eficiencia en Educación, Constanza, Rumania. 2009.

### **Congresos nacionales**

- Sanz, J., Dodero, J.M., Chiarani, M.C., Sánchez-Alonso, S.. Evaluación de la Reusabilidad de los Objetos de Aprendizaje. Actas del V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. 2008. Universidad Pontificia de Salamanca.
- Sanz, J., Dodero, J.M., Sánchez-Alonso, S.. Determinando la Relevancia de los Recursos Educativos Abiertos Integrando Diferentes Indicadores de Calidad. Actas del VII Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. 2010. Universidad de Cádiz. Aceptado.

### **Revistas internacionales**

- Sanz, J., Dodero, J.M., Sánchez-Alonso, S.. A preliminary analysis of software engineering metrics-based criteria for the evaluation of learning objects reusability. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). 2009. Volume 4, Special Issue 1, pp. 30-34, doi:10.3991/ijet.v4s1.794.
- Sanz, J., Margaritopoulos, M., Margaritopoulos, T., Dodero, J.M., Sánchez-Alonso, S., Manitsaris, A.. Towards metadata-based estimation of learning object reusability. International Journal of Knowledge Society Research (IJKSR). 2010. Issue 2. Aceptado.

### **Revistas nacionales**

- Sanz, J., Ghiglione, E.. Evaluación de la reusabilidad de los diseños de aprendizaje implementados con LAMS. Novatica. Número 198. Marzo-Abril 2009.

- Sanz, J., Martínez, M.J.. Aplicación del entorno virtual de aprendizaje Moodle en Formación Profesional. Revista digital Educamadrid. 2008. <http://www.educamadrid.org/portal/web/revista-digital/experiencias/fp>.

# Apéndice A

## Tablas de valoración

### A.1. Ejemplo de valoración de métricas por expertos


Objeto	Repositorio: eLera		
	6 Billion Human Beings		
	<a href="http://www.popexpo.ined.fr/eMain.html">http://www.popexpo.ined.fr/eMain.html</a>		
Aspecto	Metadatos	Valores	Evaluación
Cohesión	<i>Educational objective</i>	Presenta varios objetivos de aprendizaje Abarca varios conceptos sobre población.	2
	<i>Relation</i>		
	- is version of	Dependencias (relaciones):	
	- has format	Tiene el formato del sitio al que pertenece (has format)	
	- references	Tiene referencias a otros apartados del mismo sitio web (references) y a otros sitios web.	
	<i>Aggregation level</i>	Nivel de agregación: Nivel 2.	
	<i>Structure</i>	Networked.	
Tamaño	<i>Size</i>	Lección de tamaño medio, 10291Bytes	3
	<i>Duration</i>	horas, 2	
	<i>Typical Learning Time</i>	horas, 2	
Portabilidad tecnológica	<i>Format</i>	Página html de texto e imágenes, usando applet en java ("text/html")	4
	<i>Requirement</i>	Navagador explorer y requiere java para los applets.	
Portabilidad educativa	<i>Context</i>	Contexto: Secondary School.	3
	<i>Typical Age Range</i>	Typical Age Range: Secundaria.	
	<i>Language</i>	Lenguaje: Inglés, Francés.	
	<i>Clasification</i>	Clasificación: Ciencia: Evolución de la población.	

Figura A.1: Ejemplo de valoración de las métricas por expertos

**A.2. Tablas de valoraciones de las métricas de reusabilidad e indicadores de calidad de los objetos de aprendizaje**

### A.2.1. Caso E1 –eLera–

Tabla A.1: Evaluaciones y métricas de reusabilidad – eLera–

Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera–						
Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
A Framework for Resolving Ethical Dilemmas in Healthcare	1	2	4	4	2	5
6 Billion Human Beings	17	3,46	2	3	3	4
A Deep-Sea Odyssey	1	2	2	2	4	4
A Guide to Reading and Understanding the EKG	1	4	4	4	3	5
A Math Dictionary for Kids	3	4,67	4	4	4	4
A Virtual Field Trip of the Landscapes of Nova Scotia	1	3	2	2	4	3
African Drum	1	4	3	3	4	3
Alberta Archeology Timeline	4	3,75	4	4	3	4
All About Canada	1	4	3	3	4	5
Auscultation Assistant	1	4	4	3	3	4
Automotive Learning Online	3	4	3	3	3	4
Ballistic simulator	3	4,67	5	4	3	3
BBC Business English - Get That Job - Covering Letters	1	3	4	4	4	3

## Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– (cont.)

154

Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
BBC Science and Nature Human Body and Mind	1	3	4	4	4	4
Be An Architect	2	3,5	4	4	4	3
Blog Etiquette in the Educational System	1	4	4	4	4	4
Classic ChemBalancer	1	4	4	4	4	5
Clinical Pharmacology	8	4	3	4	4	4
Companion Site to McMurry Organic Chemistry, 6th Ed.	1	5	4	3	4	4
Computer Buy Advice	1	4	4	4	4	5
Coronary Heart Disease	2	5	4	3	4	3
Cowsequences	5	2,6	3	2	4	4
Creepy Crawlies Resources on the Web	1	3	4	3	4	5
Distributive Justice	2	4	4	4	4	5
Element Hangman	8	4,62	4	3	4	4
Elizabethan Times	5	4,8	4	4	4	5
eNature	1	5	4	3	4	5
Essay Punch	1	3	5	4	3	4
Essay Writing(JCU Study Skills Online)	1	2	4	4	4	4
Explore-A-Pond	1	5	4	4	4	5



**Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– (cont.)**

Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Field Museum	5	4,8	4	3	4	4
Fraction Lessons by Coolmath	1	5	4	3	4	5
Gender testing of female athletes	4	4	4	4	4	5
Grammar Bytes	1	4	4	3	4	4
Guide to Grammar and Writing	3	3,67	4	2	4	4
Hip Surgery	1	4	4	4	3	4
Human Anatomy Online	1	4	4	3	5	5
HVAC Tutorial - What Is PID	2	2	4	4	2	5
Introduction To DDC	1	3	4	3	3	5
Introduction to Videoconferencing	1	4,5	4	4	4	4
Invertebrate Printouts	1	3	4	3	4	5
Landscape Plant Identification	1	1	4	3	3	5
Language and Linguistics Resources	1	4	2	3	3	5
Languedoc	1	3	4	3	2	4
Learning Objects Portal	4	4,75	4	4	4	5
Left and Right Brain Thinking Modes	1	4	5	4	4	4
Legomation	8	3,75	4	4	3	4

## Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– (cont.)

156

Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Listening comprehension	1	4	4	3	4	4
Map of the Human Heart	42	3,4	4	4	4	5
MERLOT E-Tutorial	5	4	4	3	4	4
Mission To Mars	2	5	4	3	4	3
Multiplying Monomials	2	4	4	4	4	3
Newton's First Law	50	3,18	4	3	3	4
Nutrition and Well-Being	1	2	3	3	4	5
Old English Riddles	4	1,5	4	4	2	4
optics applet v4 and Optics Bench Physlet	2	3	4	3	4	3
Organic Chemistry SN1 vs. SN2	1	4	4	4	4	3
Parts of the Eye	1	5	5	5	5	4
Periodic Table	1	3	2	3	5	5
Periodic table 2	3	4,67	3	3	5	5
PI: Pedigree Investigator	1	5	4	4	4	3
Platonic Solids	1	5	4	2	4	3
Population Growth and Balance	35	3,26	3	3	4	3
Practicing EBM Evaluation	3	3,33	4	4	3	5

**Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– (cont.)**

Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Pruning Guide Animation	1	5	4	4	4	4
Relating Course Competencies to Program Outcomes	1	3	4	4	4	4
Save Our Streams	1	4	4	3	4	5
Simulaciones flash sobre conceptos de Fisica	1	4	4	2	5	3
StarChild - A Learning Center for Young Astronomers	1	4	4	3	4	4
Teaching Online Courses at Mid-South Community College	2	3	3	4	3	3
The Animation of Recursion	3	3,67	4	3	3	3
The Electronic Zoo Invertebrates	1	4	2	3	4	5
The Human Brain	1	5	4	3	4	5
The human eye	1	4	4	4	4	5
the Microbe Zoo	1	3	3	3	4	5
The Particle Adventure	1	5	4	3	4	5
The Semiconductor Applet Service	1	3	4	2	3	3
The Song Dynasty in China	1	3	3	3	2	4
The Square Pyramid	2	4	4	4	4	4
The Valley of the Shadow	1	3	3	3	4	4
The Wonderful World of Insects	1	3	4	4	3	4

Evaluaciones y métricas de reusabilidad –eLera– (cont.)						158
Nombre	Evaluaciones	Reusabilidad eLera	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Thirstins Water Cycle	1	4	4	4	4	4
Time-Compensated Solar Compass	1	5	4	4	4	4
Tower of Hanoi	3	3	4	4	3	3
Toxicology problem set	3	4	4	3	4	5
Unraveling the Mysteries of King Tutankhamun	1	5	4	3	4	4
Using Live Insects in Elementary Classrooms	1	4	4	3	4	5
Vector Kids	1	3	4	2	4	4
Virtual Pond Dip	1	4	4	3	4	5
Virtual Rivers	2	4	4	4	4	4
Visual Math Learning	1	4	4	2	4	4
Water Science for Schools	2	3	3	2	4	5
Web-Based Interactive Circuit Simulator for Introductory	1	3	4	5	4	4
xSortLab: Sorting and the Analysis of Algorithms	3	2	3	4	2	3
Zen Garden	2	5	4	3	3	4

### A.2.2. Caso E2 –Merlot–

Tabla A.2: Métricas de reusabilidad –Merlot–

Métricas de reusabilidad –Merlot–				
Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
12 Lead EKG Tutorial	5	4	3	4
2006 ACFE Report to the Nation on Occupational Fraud and Abuse	4	3	4	4
Academic Vocabulary	4	3	4	5
Access e-learning	4	3	4	4
Aid for Calculus	4	3	4	5
American University Library's Information Literacy Tutorial	4	4	5	5
Animated German Grammar	4	3	4	4
Animoto	5	4	4	4
Arnaud Frich: Photographies Panoramiques	4	3	4	4
Asian Business Strategy	4	3	3	5
Bad Experience with Working Part-Time	5	4	3	4
Balance Sheet Quiz	4	4	3	4
Beyond the Walls of Your Library	4	4	4	4
BlipTv	4	4	4	4
Blood Groups, Blood Typing, Blood Transfusions	4	4	4	4

Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Bloom's Taxonomy: Original and Revised	4	4	5	4
Breaking News English	4	3	4	5
bubbl.us	4	4	4	4
Building Blocks for Teams	4	3	5	5
Buzzgig Teacher Copyright Website	3	3	3	5
C.A.R.–Compass and Ruler	4	3	4	5
Calculus Tutorials and Problems	3	3	3	5
Calendars through the Ages	5	4	4	5
Chatting on the Internet	5	4	4	5
Chemistry Study Cards	3	3	4	4
Clinical Skills Online	3	3	4	4
College Level Research	4	4	3	4
Coloring Multiples in Pascal's Triangle	4	4	4	5
Connecting Concepts: Evolution/Species and Speciation	4	4	4	5
Connecting Concepts: Natural Selection	4	4	5	5
Connecting Concepts: Natural Selection 2: The Genetic Basis of Variation	4	4	4	4
Connecting Concepts: Natural Selection 3: Microevolution	4	4	4	4

Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Connecting Concepts: Plant Biology/Water Relations	4	4	4	5
Create Your Own Comics Online	5	4	5	4
Creative Geometry	4	3	4	5
Crisis Management International	4	3	3	4
CSUB- NASA 2008 Science Virtual Fieldtrips	2	2	4	3
Cutting Edge Course Design Tutorial	3	3	4	5
Death Penalty in the Movies	4	4	3	4
Defining Success Micro-Module	3	3	4	3
Dictionary of English Idioms and Idiomatic Expressions	4	3	5	5
Digital Sound and Music	3	3	4	4
Drills for Accounting Basics	3	3	4	5
E-Commerce Business Ethics Case Study	4	4	4	4
Easier Fibonacci Puzzles	4	4	4	5
Einstein Light	3	3	5	4
Encryption	4	4	4	4
Encyclopaedia of Mathematics	5	3	5	5
Escher and the Droste Effect	5	3	5	5

## Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

162

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
ESL Learning Objects: Activities For ESL Students	3	2	5	4
ESL Learning Objects: ESL HALLOWEEN HANGMAN	5	4	5	4
Ethnic China	4	3	4	5
Everything International	4	4	4	5
eWriting: ESL Writing Success	4	3	4	5
Exercices Interactifs:CCDMD	4	3	4	5
Finding the Domain and Range of a Function	5	4	4	5
Finite Math for Windows	4	3	4	5
FIRESCOPE Field Operation Guide	4	4	2	4
Functions Defined by Series	4	4	4	5
Geogebra	4	4	5	3
Gluing Students to Their Seats and Other Fun Activities	3	3	4	5
Google for Educators	4	3	4	5
Google Online Marketing Challenge	3	3	4	4
Graph Theory Lessons	5	3	4	4
Graphe easy	5	4	5	5
Harder Fibonacci Puzzles	4	4	4	5



Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
How to Use a Search Engine	4	3	4	4
Implicit Association Tests	4	3	4	5
International management	4	3	3	5
International Music Score Library Project	4	3	4	4
Introduction to Marketing Unit for Principles of Marketing	4	3	3	5
iRubric	4	3	4	5
It's No Laughing Matter: Analyzing Political Cartoons	4	3	4	4
Jing Project: Visual conversations start here	4	4	4	3
Juvenile Justice: Should Teens Who Commit Serious	4	3	4	4
Ladder Class 2000	3	3	1	4
Le Génie du manguier	4	3	4	5
Learning Styles Self-Assessment	5	4	4	5
Mathematics Tutorials and Problems (with applets)	3	3	4	5
Matrix Multiplier	4	4	4	4
Max Hunter Folk Song Collection	4	3	4	4
Mec Movies	4	3	4	4
Media and Credit Cards	4	4	4	5

Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Medieval Music and Arts Foundation Early Music FAQ	4	3	4	5
Microevolution: Evolution in a Population	4	4	4	4
Microsoft Excel tutorial and training videos	3	3	4	5
NASA Leadership Model	4	3	3	5
Natural Convection Model for Rectangular Heat Sinks	4	4	2	5
Natural Selection 2: The Genetic Basis of Variation	4	4	5	5
NDNQI Pressure Ulcer Training	4	4	3	5
Near Beer Game	5	4	4	5
Notes in Spanish	4	3	4	4
Outbreak at Watersedge- A Public Health discovery game	5	4	4	5
Pageflakes - Teacher Edition	4	3	4	5
pandora.com	4	3	4	4
Pascal's Triangle from Top to Bottom	3	3	4	5
Polynomial Jeopardy	4	3	4	5
Population Modeling Applet	4	4	4	5
PORT (Psychology Online Research Tutorial)	3	3	3	4
Project Pachyderm	4	4	4	4

Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Protecting the Crime Scene	3	3	2	5
QuestGarden	4	4	4	5
Red States, Blue States: Electoral Strategy Behind the Map	4	4	4	5
Reese’s Pieces Samples	5	5	4	5
Rubric Machine	4	4	4	5
Rutgers Multimedia Chinese Teaching System	4	3	5	4
S.O.S. Mathematics–Algebra	3	3	4	5
Scholarly vs. Popular Periodicals	5	4	4	4
Science Fiction Stories with Good Astronomy and Physics	4	4	3	5
Searching MERLOT Tutorial	5	4	4	4
Segmentation Unit for Introductory Marketing	4	4	3	5
Simulating Binomial Distribution	5	5	4	5
Simulating Confidence Intervals	5	5	4	4
Spanish Proficiency Exercises	4	3	5	4
Spin the Globe	4	3	4	4
Symmetry and Pattern: The Art of Oriental Carpets	4	4	4	5
Takin’ Care of Business Education Handbook	3	3	4	4

Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
The Accounting Cycle, A Debit and Credit Approach	3	3	3	4
The Art of Crime Detection	4	3	4	4
The Brain from Top to Bottom!	3	2	5	5
The Compleat Lexical Tutor	3	3	4	5
The Control of the Cell Cycle	4	4	4	4
The Costs of Credit	4	3	4	5
The Essential Guide to Online Marketing	4	3	4	4
The Execution Tapes	3	3	2	5
The Paper Project	4	4	4	4
Time Value of Money Learning Object	4	4	4	4
Tossing Away the Keys	4	4	2	5
US-CERT Cyber Security Tips	4	3	4	5
Visual Fractions	5	4	4	4
Visual Math: Functions	3	3	4	5
VoiceThread	4	4	4	4
VR Molecules	4	4	4	4
Web 2.0: Cool Tools for Schools	4	3	4	5

<b>Métricas de reusabilidad –Merlot– (cont.)</b>				
Nombre	Cohesion	Tamaño	Reusabilidad Educativa	Reusabilidad Tecnológica
Web Resizer - Free Online Image Optimizer	4	4	4	5
Webusability - accessibility and usability services	4	3	3	5
Wolfram Demonstrations Project–Calculus	3	3	4	3
Wordle	4	4	4	4
Working in Teams	5	4	4	5
Working on Common Cross-cultural Communication Challenges	4	5	5	5
Your Personality	4	3	3	4

Tabla A.3: Medidas de calidad –Merlot–

<b>Métricas de calidad –Merlot–</b>								
Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
12 Lead EKG Tutorial	0	11	3,2	1	5	5	5	5
2006 ACFE Report to the Nation on Occupational Fraud and Abuse	0	1	5	0	4,75	5	4,75	5
Academic Vocabulary	0	5	4	0	5	5	4	5
Access e-learning	0	40	4	0	5	5	5	5

## Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

168

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Aid for Calculus	0	2	3	0	5	5	5	5
American University Library's Information Literacy Tutorial	0	4	5	1	4,16	4	4,5	4
Animated German Grammar	0	7	5	0	3	3	3	3
Animoto	1	3	4	1	5	5	5	5
Arnaud Frich: Photographies Panoramiques	0	9	5	1	4,75	5	4	5
Asian Business Strategy	0	1	5	1	4	3,75	3,5	4,25
Bad Experience with Working Part-Time	0	2	4	0	4,5	4,5	4	4,5
Balance Sheet Quiz	0	4	1	0	3	3	2,75	3,75
Beyond the Walls of Your Library	0	1	5	1	4,75	4,75	4,75	4,75
BlipTv	0	0	4	0	4,75	5	4,75	4,75
Blood Groups, Blood Typing, Blood Transfusions	0	12	1	0	4	4	4	4
Bloom's Taxonomy: Original and Revised	0	17	4	1	5	5	5	4,75
Breaking News English	0	17	5	0	4	4	4	4
bubbl.us	0	3	4	0	4,25	5	4,75	4,25
Building Blocks for Teams	0	18	4	0	4,5	4,5	4,5	5
Buzzgig Teacher Copyright Website	0	1	4,5	1	4	4,25	4,25	4

Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
C.A.R.–Compass and Ruler	0	0	5	0	5	5	5	5
Calculus Tutorials and Problems	0	1	5	1	5	5	5	4,75
Calendars through the Ages	0	0	5	0	4,75	5	4	5
Chatting on the Internet	0	2	4	0	5	5	4,75	4,75
Chemistry Study Cards	0	9		0	3,75	4	3,5	5
Clinical Skills Online	0	28	5	0	4,75	4,75	4,75	5
College Level Research	0	7	4,5	0	4,25	4,25	4,25	4,75
Coloring Multiples in Pascal’s Triangle	0	9	5	0	5	5	5	5
Connecting Concepts: Evolution/Species and Speciation	0	11	5	1	4,75	5	5	4,5
Connecting Concepts: Natural Selection	4	12	5	1	5	5	5	5
Connecting Concepts: Natural Selection 2	0	4	5	0	5	5	5	5
Connecting Concepts: Natural Selection 3	0	13	0	0	5	5	5	5
Connecting Concepts: Plant Biology/Water Relations	1	12	4,5	0	5	5	5	5
Create Your Own Comics Online	0	12	4,5	1	4,25	4,5	4,25	4,25
Creative Geometry	0	1	4,66	0	5	5	5	5

Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

170

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Crisis Management International	0	2	4	1	3	3,25	2,5	3,25
CSUB- NASA 2008 Science Virtual Fieldtrips	0	1	5	0	3	3,5	3	3,25
Cutting Edge Course Design Tutorial	0	5	5	0	4,75	4,75	4,75	5
Death Penalty in the Movies	0	0	3	0	4	4	3,75	4,25
Defining Success Micro-Module	0	1	5	0	3,25	3	2,25	4
Dictionary of English Idioms and Idiomatic Expressions	0	10	5	0	4	4	4	4
Digital Sound and Music	0	13	4,5	0	3,25	3,75	3,5	3
Drills for Accounting Basics	0	21	5	0	5	5	5	4,75
E-Commerce Business Ethics Case Study	0	8	4,75	1	4,75	4,75	4,75	5
Easier Fibonacci Puzzles	0	3	5	0	5	5	0	5
Einstein Light	0	3	5	1	4,75	5	4,25	5
Encryption	0	3	2	0	5	3,5	3,5	3
Encyclopaedia of Mathematics	0	1	4	0	5	5	5	5
Escher and the Droste Effect	0	4	5	0	4	4	4	5
ESL Learning Objects: Activities For ESL Students	0	10	4,66	2	4,75	4,75	5	4,75



Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
ESL Learning Objects: ESL HALLOWEEN HANGMAN	0	3	4	1	4	4	4	4
Ethnic China	0	0	5	0	4,5	4,5	4,5	4,25
Everything International	0	4	5	0	5	5	5	5
eWriting: ESL Writing Success	0	5	4	0	4,75	5	5	4,5
Exercices Interactifs:CCDMD	0	2	3,66	1	4,75	4,75	5	5
Finding the Domain and Range of a Function	1	5	0	5	5	5	5	5
Finite Math for Windows	0	1	3,66	1	4,75	5	4,25	5
FIRESCOPE Field Operation Guide	0	1	4	1	3,75	3,5	4	3,75
Functions Defined by Series	0	2	4	0	4,75	5	5	4
Geogebra	0	4	5	1	5	5	5	5
Gluing Students to Their Seats and Other Fun Activities	3	1	4,5	2	4	3,75	3,75	4,5
Google for Educators	0	1	4	1	4,75	4,25	4,75	5
Google Online Marketing Challenge	0	2	5	1	4,25	4,25	4,25	4,5
Graph Theory Lessons	0	9	4	3	5	5	5	5
Graphe easy	0	5	4	0	4	5	5	4,5

## Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

172

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Harder Fibonacci Puzzles	0	0	4	0	5	5	5	5
How to Use a Search Engine	1	21	3,8	2	3	3	2	4,25
Implicit Association Tests	1	9	5	1	4,75	4,5	5	4,5
International management	0	0	5	1	2,5	3	2,75	3,75
International Music Score Library Project	0	1	5	1	4,75	4,75	4,75	5
Introduction to Marketing Unit for Principles of Marketing	0	6	4	0	4,75	4,75	4,75	4,5
iRubric	0	4	5	0	4,75	4,75	4,75	4,5
It's No Laughing Matter: Analyzing Political Cartoons	2	20	4	2	4,5	4,5	4,5	4,25
Jing Project: Visual conversations start here	0	7	5	1	5	5	5	5
Juvenile Justice: Should Teens Who Commit Serious	1	14		0	3,5	3,5	3,5	4
Ladder Class 2000	0	0	1	0	2,75	3	2,75	3
Le Génie du manguier	0	6	5	0	5	5	5	5
Learning Styles Self-Assessment	0	6	4	0	4,5	4	4,5	4,75

Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Mathematics Tutorials and Problems (with applets)	0	5	4	0	4,75	5	5	4
Matrix Multiplier	0	0	4	0	4,75	5	4	5
Max Hunter Folk Song Collection	0	4	4	0	4,25	4,25	4	4,75
Mec Movies	0	17	4	1	4,25	4,5	4	4
Media and Credit Cards	0	4	4	0	3,75	3,75	3,75	4
Medieval Music and Arts Foundation Early Music FAQ	0	2	5	0	4,5	4,5	4,25	4,75
Microevolution: Evolution in a Population	0	13		0	5	5	5	5
Microsoft Excel tutorial and training videos	0	3	4,25	0	4,5	4,75	4,75	4,5
NASA Leadership Model	0	4	5	0	4	3,5	4	4
Natural Convection Model for Rectangular Heat Sinks	0	0	4	0	4	4	3,75	4
Natural Selection 2: The Genetic Basis of Variation	0	4	5	0	5	5	5	5
NDNQI Pressure Ulcer Training	0	2	4,5	0	5	5	4,75	5
Near Beer Game	0	5	4	0	4,25	4,25	4,25	4,25

Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Notes in Spanish	0	5	5	0	4,75	4,75	4,75	4,75
Outbreak at Watersedge- A Public Health discovery game	1	14	5	1	5	5	5	5
Pageflakes - Teacher Edition	1	15	5	0	5	5	5	5
pandora.com	0	1	4	0	4,75	5	4	5
Pascal's Triangle from Top to Bottom	0	0	5	0	4,25	4,5	4	4
Polynomial Jeopardy	0	1	3	0	3,75	4	3	4
Population Modeling Applet	0	1	5	0	5	5	5	5
PORT (Psychology Online Research Tutorial)	0	10	4	0	3,75	3,75	3,5	3,75
Project Pachyderm	0	6	4	1	5	4,75	5	5
Protecting the Crime Scene	0	0	4	1	3,75	4	3,75	3,25
QuestGarden	0	17	5	0	5	5	5	5
Red States, Blue States: Electoral Strategy Behind the Map	0	5	4	0	4,75	5	4,75	4,75
Reese's Pieces Samples	0	2	4	0	4,25	4,5	4,5	4
Rubric Machine	0	11	4	1	4,75	5	4,75	4,75
Rutgers Multimedia Chinese Teaching System	0	9	4	1	5	5	5	5

Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
S.O.S. Mathematics–Algebra	0	0	3	1	4	4	4	4
Scholarly vs. Popular Periodicals	0	4	5	1	0	4,75	4,75	4,75
Science Fiction Stories with Good Astronomy and Physics	0	1	3	0	4,5	4,5	4,75	4,75
Searching MERLOT Tutorial	0	26	5	0	4,75	5	5	4,75
Segmentation Unit for Introductory Marketing	0	4	4	0	4,5	4,75	4	4,75
Simulating Binomial Distribution	0	2	4	0	4,25	4,5	4,5	4
Simulating Confidence Intervals	0	3		0	4,5	4,75	4,5	4
Spanish Proficiency Exercises	0	56	5	2	5	5	5	5
Spin the Globe	0	3	4	0	4,25	4,25	4	4
Symmetry and Pattern: The Art of Oriental Carpets	0	3	4	0	4,5	4,5	4	5
Takin' Care of Business Education Handbook	0	4		0	5	5	5	5
The Accounting Cycle, A Debit and Credit Approach	1	2	4	0	3,25	3,75	3,75	2,75
The Art of Crime Detection	0	4	4,66	2	4,5	4,75	4,25	4,75
The Brain from Top to Bottom!	0	33	4,8	2	5	5	5	5

## Métricas de calidad –Merlot– (cont.)

176

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
The Compleat Lexical Tutor	0	0	5	1	5	5	5	5
The Control of the Cell Cycle	0	7	5	0	4,5	4,25	4,25	5
The Costs of Credit	0	4	5	0	4,75	4,5	4,5	5
The Essential Guide to Online Marketing	0	14	4	1	4,75	4,75	5	4,25
The Execution Tapes	0	0	5	1	4,75	4,75	4,75	5
The Paper Project	2	31	4,66	4	5	5	5	5
Time Value of Money Learning Object	0	10	3	0	5	5	4,75	5
Tossing Away the Keys	0	1	5	0	4	4,25	4,25	3,75
US-CERT Cyber Security Tips	0	2	4	0	5	3,5	4	4
Visual Fractions	0	14	4,5	1	4,75	5	5	4,75
Visual Math: Functions	0	0	5	1	4,75	5	5	4
VoiceThread	0	19	4	0	5	5	5	5
VR Molecules	0	7		0	4,75	4,5	5	4,5
Web 2.0: Cool Tools for Schools	0	11	5	0	5	5	5	5
Web Resizer - Free Online Image Optimizer	0	3	4	0	4,75	4,75	5	5
Webusability - accessibility and usability services	0	1	3	0	4,5	4,75	4,5	4,5
Wolfram Demonstrations Project–Calculus	0	0	0	0	4	4	4	4

**Métricas de calidad –Merlot– (cont.)**

Nombre	Exercises	Personal Collections	Comments	Used in classroom	Overall rating	Content quality	Effectiveness	Ease of use
Wordle	0	1	5	1	4,5	4	4,5	5
Working in Teams	1	22	4,25	3	4	4	4	4,5
Working on Common Cross-cultural Communication Challenges	0	7	4	1	4,75	4,5	4,5	4,5
Your Personality	0	4	5	0	3,5	3,5	3,25	3,5





# Bibliografía

- Abel, F., Marenzi, I., Nejdil, W. & Zerr, S. (2009), Open educational resources: Inquiring into author reuse behaviors, *in* U. Cress, V. Dimitrova & M. Specht, eds, ‘Proceedings of the 4rd European conference on Technology Enhanced Learning – Learning in the Sinergy of Multiple Disciplines, ECTEL 2009, Nice, France’, Vol. 5794 of LNCS, Springer, Heidelberg, pp. 154–159.
- ADL (2003), *Sharable Courseware Object Reference Model (SCORM) Version 1.3, Application profile working draft 1.0*, Advanced Distributed Learning (ADL).
- Akpinar, Y. (2008), ‘Validation of a learning object review instrument: Relationship between ratings of learning objects and actual learning outcomes’, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **4**, 291–302.
- Ally, M. (2004), Foundations of educational theory for online learning, *in* ‘Theory and practice of online learning’, Athabasca University. In Terry Anderson and Fathi Elloumi (ed.), 1 University Drive Athabasca, AB T9S 3A3 – Canada, chapter 1, pp. 3–31.
- Anido, L. E., Fernández, M. J., Caeiro, M., Santos, J. M., Rodríguez, J. S. & Llamas, M. (2002), ‘Educational metadata and brokerage for learning resources’, *Computers and Education* **38**(4), 351–374.
- Archambeau, V. (2004), *Draft Standard for Learning Technology — Reusable Competency Definitions*, IEEE Learning Technology Standards Committee.
- Baker, J., Thierstein, J., Fletcher, K., Kaur, M. & Emmons, J. (2009), ‘Open textbook proof-of-concept via connexions’, *The International Review of Research in Open and Distance Learning (IRRODL)*. *Special Issue: Openness and the Future of Higher Education*. **10**(5).
- Baraniuk, R. (2007), *Opening Up Education: The Collective Advancement of Education through Open Technology, Open Content, and Open Knowledge*, MIT Press,

- California, USA, chapter Challenges and Opportunities for the Open Education Movement: A Connexions Case Study, pp. 116–132.
- Barzilai, J. (1997), ‘Deriving weights from pairwise comparison matrices’, *The Journal of the Operational Research Society* **48**(12), 1226–1232.
- Belkin, N. & Croft, W. (1992), ‘Information filtering and information retrieval: two sides of the same coin?’, *Communications of the ACM* **35**(12), 29–38.
- Benneker, F. (2006), A quick scan on possibilities for automatic metadata generation (learning objects in practice 4), Technical report, Utrecht, The Netherlands: Stichting Digitale Universiteit., <http://www.du.nl/leerobjecten>.
- Bohl, O., Frankfurth, A., Schellhase, J., Win, U., Boyle, T. & Cook, J. (2002), Guidelines – a critical success factor in the development of web-based trainings, *in* ‘Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE’02)’, ACM, pp. 545–546.
- Boskic, N. (2003), Faculty Assessment of the Quality and Reusability of Learning Objects, PhD thesis, Athabasca University, Alberta, Canada.
- Bourda, Y. & Delestre, N. (2004), Improving the interoperability between distinct educational metadata schemas using iso 11179, *in* L. Cantoni & C. McLoughin, eds, ‘Proceedings of EdMedia 2004 – World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications’, number 1, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), <http://dl.aace.org/15371>, pp. 21–27.
- Boyle, T. (2003), ‘Design principles for authoring dynamic, reusable learning objects’, *Australian Journal of Educational Technology* **19**(1), 46–58.
- Boyle, T. & Cook, J. (2001), Towards a pedagogically sound basis for learning object portability and re-use, *in* ‘Proceedings of the 18th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education’, ASCILITE, pp. 101–109.
- Brownfield, G. & Oliver, R. (2003), Factors influencing the discovery and reusability of digital resources for teaching and learning, *in* G. Crisp, D. Thiele, I. Scholten, S. Barker & J. Baron, eds, ‘Interact, Integrate, Impact: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education. Adelaide, Australia, 7–10 December’, ASCILITE, pp. 74–83.

- Cafolla, R. (2006), 'Project merlot: Bringing peer review to web-based educational resources', *Journal of Technology and Teacher Education* **14**(2), 313–323.
- Campbell, L. (2003), *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to E-Learning*, Kogan Page Ltd, London. In Littlejohn, A. (ed.), Hershey, chapter Engaging with the learning object economy, pp. 35–45.
- Campbell, L. M. (2004), *UK Learning Object Metadata Core, Draft 0.2*, Centre for Educational Technology Interoperability Standards (CETIS).
- Canabal, M., Sarasa, A. & Sacristán, J. (2008), Lom-es: Un perfil de aplicación de lom, in 'Actas del V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. SPDECE08, Salamanca.', [http://www.web.upsa.es/spdece08/contribuciones/110\\_Spedece2008-lom-es.pdf](http://www.web.upsa.es/spdece08/contribuciones/110_Spedece2008-lom-es.pdf).
- Carchiolo, V., Correnti, D., Longheu, A., Malgeri, M. & Mangioni, G. (2009), 'Exploiting trust into e-learning: adding reliability to learning paths', *International Journal of Technology Enhanced Learning* **1**(4), 253–265.
- Cardinaels, K., Meire, M. & Duval, E. (2005), Automating metadata generation: the simple indexing interface, in 'WWW2005 Conference, Chiba, Japan'.
- Carrión, J. S. (2008), Mecanismos semánticos orientados a la flexibilidad de los repositorios para objetos de aprendizaje., PhD thesis, Universidad de Alcalá.
- CEN (2005a), *Learning Object Repositories Interoperability Framework. Version 1.0 Beta*.
- CEN (2005b), *Simple Query Interface (SQI) Version 1.0 Beta*.
- Cervera, J., Lopez, M., Fernández, C. & Sánchez-Alonso, S. (2009), Quality metrics in learning objects, in M. Sicilia & M. Lytras, eds, 'Metadata and Semantic', Springer, pp. 135–141.
- Chang, K. (2006), Learning objects: Draft quality criteria and quality assurance approach for learnalberta.ca and the society of advancement of excellence in education, Technical report, FuturEd Consulting Education Futurists Inc. Transforming learning systems for the future, <http://www.futured.com/QualityStandardsforLearningObjects.pdf>.
- Clark, R. E. (1983), 'Reconsidering research on learning from media', *Review of Educational Research* **53**(4), 445–459.

- Claypool, M., Le, P., Wased, M. & Brown, D. (2001), Implicit interest indicators, *in* ‘Proceedings of the 6th international conference on Intelligent user interfaces, January 14–17, 2001, Santa Fe, New Mexico, United States’, 10.1145/359784.359836, pp. 33–40.
- Cole, J. & Foster, H. (2007), *Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course Management System*, O’Reilly Media, Inc.
- Conte, S. D., E., D. H. & Shen, V. Y. (1989), *Software Engineering Metrics and Models*, Benjamin Cummings.
- Cooper, A. & Ostyn, C. (2002), *IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective, version 1.0*, IMS Global Learning Consortium, Inc.
- Cuadrado-Gallego, J. J. (2005), ‘Adapting software engineering reusability metrics to learning objects’, *RED. Revista de Educación a Distancia número monográfico IV*.
- Cuadrado-Gallego, J. & Sicilia, M. (2005), Learning objects reusability metrics: Some ideas from software engineering, *in* ‘Proceedings of the International Conference on Internet Technologies and Applications ITA 2005 Wreham (UK). North East Wales Institute’.
- Currier, S. & Campbell, L. (2002), Evaluating learning resources for reusability: the dner and learning objects study, *in* ‘Proceeding of The Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE 2002), Auckland, Nueva Zelanda’.
- Dahl, O. J. & Nygaard, K. (1966), ‘Simula – an Algol based simulation language’, *Communications of the ACM* **9**(9), 671–678.
- Dalziel, J. (2003), Implementing learning design: the learning activity management system (lams), *in* G. Crisp, D. Thiele, I. Scholten, S. Barker & J. Baron, eds, ‘Interact, Integrate, Impact: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education. Adelaide, Australia, 7–10 December’, ASCILITE.
- Daniel, B. & Mohan, P. (2004), A model for evaluating learning objects, *in* ‘Proceeding of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004)’, pp. 50–60.

- DCMI (2000), *Dublin Core Qualifiers*, Dublin Core Metadata Initiative (DMCI), <http://dublincore.org/documents/2000/07/11/dcmes-qualifiers/>.
- DCMI (2003), *Dublin Core Metadata Element Set, version 1.1*, Dublin Core Metadata Initiative (DMCI), <http://dublincore.org/documents/dces/>.
- Dodero, J. M., Fernández, C. & Sicilia, M. A. (2004), 'On the use of the choquet integral for the collaborative creation of learning objects', *Computing and Informatics* **23**, 1001–1013.
- Downes, S. (2001), 'Learning objects: Resources for distance education worldwide', *International Review of Research in Open and Distance Learning* **2**(1).
- Downes, S. (2007), 'Models for sustainable open educational resources', *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **3**, 29–44.
- Duncan, S. (2009), Patterns of Learning Object Reuse in the Connexions Repository, PhD thesis, Utah State University, Logan, Utah.
- Duval, E. (2004), 'Learning technology standardization: making sense of it all', *International Journal on Computer Science and Information Systems* **1**(1), 33–43.
- Duval, E. (2005), A learning object manifesto – towards share and reuse on a global scale, in 'ELearning Conference 2005 – Towards a Learning Society, Brussels, Belgium, May 19–20', pp. 113–117.
- Duval, E. & Hodgins, W. (2003), A lom research agenda, in 'WWW2003 Conference, Budapest, Hungria'.
- Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S. & Wiebel, S. L. (2002), 'Metadata principals and practicalities', *D-Lib Magazine* **8**(4).
- Duval, E., Warkentyne, K., Haenni, F., Forte, E., Cardinaels, K., Verhoeven, B., Durm, R. V., Hendrikx, K., Forte, M. W., Ebel, N. & Macowicz, M. (2001), 'The ariadne knowledge pool system', *Communications of the ACM* **44**(5), 72–78.
- Dwork, C., Kumar, R., Naor, M. & Sivakumar, D. (2001), Rank aggregation methods for the web, in 'Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web, Hong Kong, China', ACM New York, USA, doi:10.1145/371920.372165, pp. 613–622.
- Etzkorn, L. H., Hughes, W. E. & G., D. C. (2001), 'Automated reusability quality analysis', *Information and Software Technology* **43**(5), 295–308.

- Farance, F. (2003), 'IEEE LOM standard not yet ready for 'prime time'', *IEEE Learning Technology Newsletter* **5**(1), 21–23.
- Farance, F. & Tonkel, J. (2001), *Draft Standard for Learning Technology — Learning Technology Systems Architecture (LTSA)*, IEEE Learning Technology Standards Committee, [http://ltsc.ieee.org/wg1/files/IEEE\\_1484\\_01\\_D09\\_LTSA.pdf/](http://ltsc.ieee.org/wg1/files/IEEE_1484_01_D09_LTSA.pdf/).
- Fenton, N. E. & Pfleeger, S. L. (1997), *Software Metrics*, 3th edn, International Thompson Publishing, Boston, Massachusetts.
- Field, A. (2009), *Discovering Statistics Using SPSS*, 3th edn, Sage Publications.
- Fisher, S., Friesen, N. & Roberts, A. (2002), *CanCore Element Set, version 1.1*, Athabasca University.
- Fox, S., Karnawat, K., Mydland, M., Dumais, S. & White, T. (2005), 'Evaluating implicit measures to improve web search', *ACM Transactions on Information Systems* **23**(2), 147–168.
- Friesen, N. (2001), 'What are educational objects?', *Interactive Learning Environments* **9**(3).
- Friesen, N. (2004), International LOM survey: Report, Technical report, Digital Library of Information Science and Technology, <http://dlist.sir.arizona.edu/archive/00000403/>.
- Friesen, N. (2005), 'Interoperability and learning objects: An overview of e-learning standardization', *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **1**, 23–31.
- Friesen, N. (2009), 'Open educational resources: New possibilities for change and sustainability', *The International Review of Research in Open and Distance Learning (IRRODL)*. *Special Issue: Openness and the Future of Higher Education*. **10**(5).
- García-Barriocanal, E. & Sicilia, M. A. (2009), Preliminary explorations on the statistical profiles of highly-rated learning objects, in F. Sartori, M. Sicilia & N. Manouselis, eds, 'Metadata and Semantic Research. Proceedings of Third International Conference, MTSR 2009, Milan, Italy, October 1–2, 2009', Vol. 46, Springer Berlin Heidelberg, pp. 108–117.
- Geser, G. (2007), Open educational practices and resources – olcos roadmap 2012, Technical report, Open e-Learning Content Observatory Services, <http://www.olcos.org/english/roadmap>.

- Glass, R. L. (1995), 'A structure-based critique of contemporary computing research', *Journal of Systems and Software* **28**(1), 3–7.
- Gray, A. & MacDonell, S. (1997a), Applications of fuzzy logic to software metric models for development effort estimation, *in* 'Proceedings of the IEEE Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS. Syracuse NY, USA', pp. 394–399.
- Gray, A. & MacDonell, S. (1997b), 'A comparison of techniques for developing predictive models of software metrics', *Information and Software Technology* **39**(6), 425–437.
- Hamel, C. J. & Ryan-Jones, D. (2002), 'Designing instruction with learning objects', *International Journal of Educational Technology* **3**(1).
- Han, K. (2004), Quality Rating of Learning Objects using Bayesian Belief Networks., PhD thesis, Simon Fraser University, Vancouver, Canada.
- Han, K., Kumar, V. & Nesbit, J. (2003), Rating learning object quality with bayesian belief networks, *in* 'E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Phoenix, AZ, November, 2003'.
- Haughey, M. & Muirhead, B. (2005), 'Evaluating learning objects for schools', *E-Journal of Instructional Science and Technology* **8**(1), 291–302.
- Hevner, A., March, S., Park, J. & Ram, S. (2004), 'Design science in information systems research', *MIS Quarterly* **1**(28), 75–105.
- Hodgins, W. (2004), The future of learning objects, *in* 'ECI Conference on e-Technologies in Engineering Education: Learning Outcomes Providin Future Possibilities. Davos, Switzerland'.
- Hodgins, W. & Conner, M. (2001), 'Everything you ever wanted to know about learning standards but were afraid to ask', *Learning in the New Economy e-Magazine (LiNE Zine)* **Fall 2001**.
- Huddleston, J. & Pike, J. (2005), Learning object reuse – a four tier model, *in* 'The IEE and MOD HFI DTC Symposium on People and Systems – Who Are We Designing For, London'.
- Hummel, H., Manderveld, J., Tattersall, C., & Koper, R. (2004), 'Educational modelling language (eml) and learning design: new opportunities for instructional reusability and personalised learning', *International Journal of Learning Technology* **1**(1), 111–126.

- IMS (2003), *IMS Digital Repositories Interoperability – Core Functions Information Model, version 1.0*, IMS Global Learning Consortium, INC., <http://www.imsglobal.org>.
- Ivory, M. & Hearst, M. (2001), ‘The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces’, *ACM Computing Surveys* **33**, 470–516.
- Jonassen, D., Howland, J., Marra, R. & Crismond, D. (2008), *Meaningful learning with Technology, 3rd Ed.*, Prentice Hall.
- Kay, R. & Knaack, L. (2007), ‘Evaluating the learning in learning objects’, *Open Learning: The Journal of Open and Distance Learning* **22**(1), 5–28.
- Kay, R. & Knaack, L. (2009), ‘Assessing learning, quality and engagement in learning objects: the learning object evaluation scale for students (loes-s)’, *Educational Technology Research and Development* **57**(2), 147–168.
- Kelty, C., Burrus, C. & Baraniuk, R. (2008), ‘Peer review anew: Three principles and a case study in postpublication quality assurance’, *Proceedings of the IEEE; Special Issue on Educational Technology* **96**(6), 1000–1011.
- Khoshgoftaar, T. & Seliya, N. (2003), ‘Fault prediction modeling for software quality estimation: Comparing commonly used techniques’, *Empirical Software Engineering* **8**(3), 255–283.
- Koper, R. (2001), Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical meta-model behind EML, Technical report, Open University of the Netherlands, Educational Technology Expertise Centre.
- Koper, R. (2003), *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning*, Kogan Page. In A. Littlejohn (ed.), London, chapter Combining re-usable learning resources and services to pedagogical purposeful units of learning, pp. 46–59.
- Koper, R., Olivier, B. & Anderson, T. (2003), *IMS Learning Design Information Model, version 1.0*, IMS Global Learning Consortium, Inc.
- Krauss, F. & Ally, M. (2005), ‘A study of the design and evaluation of a learning object and implications for content development’, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **1**, 1–22.
- Kumar, V., Nesbit, J. & Han, K. (2005), Rating learning object quality with distributed bayesian belief networks: the why and the how, in ‘Proceeding of the Fifth



- IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT 2005', pp. 685–687.
- Kurilovas, E. & Dagiene, V. (2009), 'Learning objects and virtual learning environments technical evaluation criteria', *EJEL – Electronic Journal of e-Learning* **7**(2), 147–168.
- Lagoze, C., Van de Sompel, H., Nelson, M. & Warner, S. (2003), *The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting Protocol, version 2.0*, The Open Archives Initiative (OAI).
- Lay, S. (2004), *IMS Question and Test Interoperability: Item Information Model, version 2.0*, IMS Global Learning Consortium, Inc.
- Lewis, S. (2004), *Draft Standard for Learning Technology — Data Model for Content Object Communication*, IEEE Learning Technology Standards Committee.
- Li, J., Nesbit, J. & Richards, G. (2006), 'Evaluating learning objects across boundaries: The semantics of localization.', *Journal of Distance Education Technologies* **4**(1), 17–30.
- Longmire, W. (2000), 'A primer on learning objects', *American Society for Training and Development (ASTD). Learning Circuits* **March**.
- López, F. (2007), Atenex: una plataforma de creación y distribución de contenidos, in 'Actas del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Reutilizables, Bilbao', <http://spdece07.ehu.es/actas/LopezBlanco.pdf>, pp. 1–8.
- López, M. G., Monesma, F. J., García, B. E. & Sánchez-Alonso, S. (2008), Índice genérico de reusabilidad para objetos de aprendizaje basado en la información de metadatos, in 'Actas del V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables. SPDECE08, Salamanca.', [http://www.web.upsa.es/spdece08/contribuciones/159\\_Metrica\\_de\\_reusabilidad\\_de\\_OAs-def.pdf](http://www.web.upsa.es/spdece08/contribuciones/159_Metrica_de_reusabilidad_de_OAs-def.pdf).
- LTSC (2002), *IEEE Standard for Learning Object Metadata, 1484.12.1-2002*, IEEE Learning Technology Standards Committee, <http://ltsc.ieee.org/wg12>.
- Lynch, C. A. (1997), 'The Z39.50 information retrieval standard. Part I: A strategic view of its past, present and future', *D-Lib Magazine* **April**.

- Maguitman, A., Fernández, C. & Señas, P. (2006), Mapas conceptuales hipermediales y organización de los objetos de aprendizaje, *in* J. M. G. A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín & J. M. González, eds, 'Current Developments in Technology-Assisted Education', FORMATEX, Badajoz, Spain, pp. 1580–1585.
- Margaritopoulos, T., Margaritopoulos, M., Mavridis, I. & Manitsaris, A. (2008), A conceptual framework for metadata quality assessment, *in* 'Proceedings of the 2008 International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, Berlin, Alemania', Dublin Core Metadata Initiative, pp. 104–113.
- Margaritopoulos, T., Margaritopoulos, M., Mavridis, I. & Manitsaris, A. (2009), A fine-grained metric system for the completeness of metadata, *in* F. Sartori, M. Sicilia & N. Manouselis, eds, 'Metadata and Semantic Research. Proceedings of Third International Conference, MTSR 2009, Milan, Italy, October 1–2, 2009', Vol. 46, Springer Berlin Heidelberg, pp. 83–94.
- Marichal, J. (2000), An axiomatic approach of the discrete choquet integral as a tool to aggregate interacting criteria, *in* 'IEEE Transactions on fuzzy systems', Vol. 8, pp. 800–807.
- Massart, D. (2009), Adopting standards and specifications for educational content, Technical report, European Commission's eContentplus programme, <http://aspect-project.org/>.
- Mayes, J. & Fowler, C. (1999), 'Learning technology and usability: a framework for understanding courseware', *Interacting with Computers* **11**, 485–497.
- McGreal, R., Anderson, T., Babin, G., Downes, S., Friesen, N., Harrigan, K., Hatala, M., MacLeod, D., Mattson, M., Paquette, G., Richards, G., Roberts, T. & Schafer, S. (2004), 'Edusource: Canada's learning object repository network', *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* **1**(3).
- McGreal, R. & Roberts, T. (2001), 'A primer on metadata for learning objects: fostering an interoperable environment', *e-Learning Magazine* **2**(10), 26–29.
- Meyer, M. (2008), Modularization and Multi-Granularity reuse of learning objects. PhD thesis., PhD thesis, Technische Universität Darmstadt.
- Mohan, P. & Brooks, C. A. (2003), Engineering a future for web-based learning objects, *in* J. Cueva-Lovelle, B. González-Rodríguez, L. Joyanes-Aguilar, J. Labra-Gayo &

- M. del Puerto, eds, 'Web Engineering. International Conference, ICWE 2003, Oviedo, Spain, July 14–18, 2003. Proceedings', Vol. 2722 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, pp. 120–123.
- Morales, E., García, F. J., Ángela Barrón, Berlanga, A. J. & López, C. (2005), Propuesta de evaluación de objetos de aprendizaje, in 'Actas del II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables. SP-DECE05, Barcelona.', <http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/pdf/ID06.pdf>.
- Morrison, S. (2002), Get on with IT, Technical report, Post-16 E-learning Strategy Task Force, UK Department for Education and Skills, <http://www.dfes.gov.uk/>.
- Najjar, J., Ternier, S. & Duval, E. (2003), The actual use of metadata in ariadne: an empirical analysis, in 'Proceedings of the third Ariadne Conference', [http://www.cs.kuleuven.ac.be/~{n}najjar/papers/EmpiricalAnalysis\\_ARIADNE2003.pdf](http://www.cs.kuleuven.ac.be/~{n}najjar/papers/EmpiricalAnalysis_ARIADNE2003.pdf), pp. 1–6.
- Nesbit, J. & Belfer, K. (2004), *Online education using learning objects.*, Routledge/Falmer. In McGreal, R. (ed.), London, chapter Collaborative evaluation of learning objects, pp. 21–40.
- Nesbit, J., Belfer, K. & Leacock, T. (2003), *Learning Object Review Instrument (LORI) User Manual*, E-Learning Research and Assessment Network, <http://www.elera.net>.
- Nesbit, J., Belfer, K. & Vargo, J. (2002), 'A convergent participation model for evaluation of learning objects', *Canadian Journal of Learning and Technology* **28(3)**.
- Nesbit, J. C. & Li, J. (2004), Web-based tools for learning object evaluation, in 'Proceedings of the International Conference on Education and Information Systems: Technologies and Applications', pp. 334–339.
- Nesbit, J. C., Li, J. & Leacock, T. L. (2006), 'Web-based tools for collaborative evaluation of learning resources', *Journal on Systemics, cybernetics and informatics (JSCI)* **3(5)**, 102–112.
- Neven, F. & Duval, E. (2002), Reusable learning objects: a survey of LOM-based repositories, in 'Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Multimedia', ACM, pp. 291–294.
- Ochoa, X. (2008), Learnometrics: Metrics for Learning Objects. PhD thesis., PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica.

- Ochoa, X. & Duval, E. (2006a), Quality metrics for learning object metadata, *in* E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers, eds, 'Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, ED-Media 2006', pp. 1004–1011.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2006b), Use of contextualized attention metadata for ranking and recommending learning objects, *in* 'Proceeding of the First International Workshop Contextualized Attention Metadata, CAMA06, November 11, Virginia, USA', pp. 9–16.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2007), Relevance ranking metrics for learning objects, *in* E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers, eds, 'Proceedings of the Second European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2007', Vol. 4753 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, pp. 262—276.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2008a), Measuring learning object reuse, *in* E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers, eds, 'Proceedings of the 3rd European conference on Technology Enhanced Learning: Times of Convergence', Vol. 5192 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, pp. 322–325.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2008b), 'Relevance ranking metrics for learning objects', *IEEE Transactions on Learning Technologies* **1**(1), 34–48.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2009), 'Quantitative analysis of learning object repositories', *IEEE Transactions on Learning Technologies* **2**(3), 226–238.
- Olivier, B. & Tattersall, C. (2005), *Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training*, Springer. In Koper, R and Tattersall, C. (ed.), Berlin, chapter The Learning Design Specification, pp. 21–40.
- Padrón, C., Doderó, J., Díaz, P. & Aedo, I. (2005), 'The collaborative development of didactic materials', *ComSIS* **2**(2).
- Pagan, B. (2006), 'Positive contributions of constructivism to educational design', *Europe's Journal of Psychology* .
- Page, L., Brin, S., Motwani, R. & Winograd, T. (1998), Citation ranking: Bringing order to the web, Technical report, Stanford Digital Library Technologies Project.
- Pallant, J. F. (2007), *SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis Using SPSS*, 3th edn, Allen and Unwin.

- Palmer, K. & Richardson, P. (2004), Learning object reusability – motivation, production and use, *in* ‘Proceedings of the 11th International Conference of the Association for Learning Technology (ALT). Blue skies and pragmatism – learning technologies for the next decade. University of Exeter, Devon, England’.
- Paris, M. (2003), Reuse in practice: Learning objects and software development, *in* G. Crisp, D. Thiele, I. Scholten, S. Barker & J. Baron, eds, ‘Interact, Integrate, Impact: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Adelaide, Australia, 7–10 December’, ASCILITE, pp. 679–683.
- Paulsson, F. & Naeve, A. (2007), *Establishing technical quality criteria for Learning Objects*, KTH, chapter Exploiting the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies, pp. 1431–1439.
- Petrides, L., Nguyen, L., Kargliani, A. & Jimes, C. (2008), Open educational resources: Inquiring into author reuse behaviors, *in* P. Dillenbourg & M. Specht, eds, ‘Proceedings of the 3rd European conference on Technology Enhanced Learning – Times of convergence: Technologies across learning contexts, ECTEL 2008, Maastricht, The Netherlands’, Vol. 5192 of LNCS, Springer, Heidelberg, pp. 344–353.
- Pitkanen, S. & Silander, P. (2004), Criteria for pedagogical reusability of learning objects enabling adaptation and individualised learning processes, *in* ‘Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’04), Joensuu, Finland’, pp. 246–250.
- Polsani, P. R. (2003), ‘Use and abuse of reusable learning objects’, *Journal of Digital Information* **3**(4). Article No. 164.
- Poulin, J. (1996), *Measuring software reuse: principles, practices, and economic models*, Addison-Wesley, Longman Publishing, Boston, Massachusetts.
- Pressman, R. (2004), *Software engineering: A practitioner’s approach*, 6th edn, McGraw-Hill.
- Pérez, C. (2003), *Estadística práctica con STATGRAPHICS*, Prentice Hall.
- Rawlings, A., van Rosmalen, P., Koper, R., Rodríguez-Artacho, M. & Lefrere, P. (2002), Survey of educational modelling languages (EMLs), version 1, Technical report, CEN/ISSS Learning Technologies Workshop.

- Richards, G. (2007), Writing to be read: Readability indices for open educational resources, *in* ‘First International Workshop on Learning Object Discovery and Exchange’, <http://fire.eun.org/lode2007/lode12.pdf>.
- Robson, R. (1999), Object-oriented instructional design and applications to the web, *in* ‘Proceedings of EdMedia 1999 – World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications’, number 1, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), <http://dl.aace.org/4329>, pp. 698–702.
- Robson, R. (2002), ‘Metadata, schmetadata: Why do I have to know about this?’, *e-Learning Magazine* **3**(5), 48–50.
- Rodríguez-Ardura, I., Jiménez-Zarco, A., Ammetller-Montes, G. & Pacheco-Berna, M. (2009), ‘Improving hypermedia teaching resources – new designs for e-learning environments’, *International Journal of Technology Enhanced Learning* **1**(4), 286–296.
- Saddik, A. E., Fisher, S. & Steinmetz, R. (2001), ‘Reusability and adaptability of interactive resources in web-based educational systems’, *ACM Journal of Educational Resources in Computing* **1**(1).
- Sánchez-Alonso, S. & Sicilia, M. A. (2005), ‘Normative specifications of learning objects and processes’, *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* **2**(3), 3–12.
- Sanz, J., Doderó, J. & Sánchez-Alonso, S. (2009), ‘A preliminary analysis of software engineering metrics-based criteria for the evaluation of learning objects reusability’, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* **4**(1), 30–34.
- Sanz, J., Sánchez-Alonso, S. & Doderó, J. (2009), Reusability evaluation of learning objects stored in open repositories based on their metadata, *in* F. Sartori, M. Sicilia & N. Manouselis, eds, ‘Metadata and Semantic Research. Proceedings of Third International Conference, MTSR 2009, Milan, Italy, October 1–2, 2009’, Vol. 46, Springer Berlin Heidelberg, pp. 193–202.
- Sarasa, A., Canabal, J. & Sacristán, J. (2009), Distributed computing, artificial intelligence, bioinformatics, soft computing, and ambient assisted living, Vol. 5518, Springer Berlin / Heidelberg, chapter Agrega: A Distributed Repository Network of Standardised Learning Objects, pp. 466–474.
- Schaffert, S. & Geser, G. (2008), ‘Open educational resources and practices’, *eLearning Papers* (7).

- Schramm, W. (1977), *Big Media, Little Media: Tools and Technologies for Instruction*, Sage Publications, Beverly Hills, California.
- Señas, P. & Moroni, N. (2005), 'Learning object semantic description for enhancing reusability', *Journal of Computer Science and Technology* **5**(4), 320–327.
- Shaw, S. & Sniderman, S. (2002), Reusable learning objects: Critique and future directions, in 'Proceedings of ELearn 2002 – World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education', Vol. 2002, AACE, pp. 2154–2157.
- Sicilia, M. A. (2005), 'Reusabilidad y reutilización de objetos didácticos: mitos, realidades y posibilidades.', *RED. Revista de Educación a Distancia número monográfico II*.
- Sicilia, M. A. & García-Barriocanal, E. (2003), 'On the concepts of usability and reusability of learning objects', *International Review of Research in Open and Distance Learning* **4**(2).
- Sicilia, M. A., García-Barriocanal, E., C., P., Martínez, J. & Gutierrez, J. (2005), 'Complete metadata records in learning object repositories: some evidence and requirements', *International Journal of Learning Technology* **1**(4), 411–424.
- Sicilia, M. A., García, E., Sánchez-Alonso, S. & Rodríguez, E. (2004), Describing learning object types in ontological structures: towards specialized pedagogical selection, in L. Cantoni & C. McLoughin, eds, 'Proceedings of EdMedia 2004 – World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications', Vol. 2004, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), <http://dl.aace.org/15703>, pp. 2093–2097.
- Sicilia, M. A. & Lytras, M. (2005), 'Scenario-oriented reusable learning object characterizations', *International Journal of Knowledge and Learning* **1**(4), 332–341.
- Sicilia, M. A., Rius, A. & García-Barriocanal, E. (2008), 'An ontology to automate learning scenarios? an approach to its knowledge domain', *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects* **4**.
- Sicilia, M. A. & Sánchez-Alonso, S. (2004), 'On the concept of learning object design by contract', *WSEAS Transactions on Computers* **2**(3), 612—617.
- Sicilia, M. A., Sánchez-Alonso, S. & Caeiro, M. (2006), Estado de la cuestión de los objetos y diseños para el aprendizaje y su uso, Technical report, REDAOPA – Red Temática de Actividades y Objetos para el Aprendizaje.

- Singh, H. (2000), 'Achieving interoperability in e-learning', *ASTD Learning Circuits March*.
- Slater, J. (2001), *FAILTE guidelines, version 1.2*, Facilitating Access to Information on Learning Technology for Engineers (FAILTE).
- Smythe, C. (2003), *IMS Content packaging information model, version 1.1.3 final specification*, IMS Global Learning Consortium, Inc.
- Sánchez-Alonso, S. (2005), *Diseño y uso de objetos didácticos basado en contratos.*, PhD thesis, Universidad de Politécnica de Madrid.
- Sánchez-Alonso, S., Soto, J. & Sicilia, M. A. (2006), *Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories, and LCMS (Paperback)*, Informing Science Institute, California, USA, chapter Designing Flexible Learning Object Repositories: Balancing Flexibility and Delegation in Ontological Characterizations, pp. 221–255.
- Sommerville, I. (2000), *Software engineering*, 6th edn, Addison-Wesley.
- Sosteric, M. & Hesemeier, S. (2002), 'When is a learning object not an object', *The International Review of Research in Open and Distance Learning* **3**(2).
- Staron, M., W., M. & Nilsson, C. (2009), 'A framework for developing measurement systems and its industrial evaluation', *Information and Software Technology* **51**, 721–737.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (1996), *Using multivariate statistics*, 3th edn, HarperCollins, New York.
- Theng, Y.-L., Saputra, D., Shou-Boon, S. F., Gan, W. B., Raghavan, J. & Devi, P. (2007), *Reloams: Towards a community authored, reusable learning objects management system*, in 'Proceeding of The Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Singapore 2007', ASCILITE.
- Thorpe, M., Kubiak, C. & Thorpe, K. (2003), *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning*, 1st edn, RoutledgeFalmer, <http://www.reusing.info>, chapter 9: Designing for Reuse and Versioning.
- TLF (2003), *Metadata application profile, version 1.3*, The Le@rning Federation initiative.



- Torres, J., Juaréz, E., Doderó, J. & Aedo, I. (2009), Eml learning flow expressiveness evaluation, *in* ‘Proceeding of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2009, Riga, Latvia, July 15–17, 2009’, doi:10.1109/ICALT.2009.219, pp. 298–300.
- Tzikopoulos, A., Manouselis, N. & Vuorikari, R. (2007), *Learning Objects for Instruction: Design and Evaluation*, Idea Group Publishing, chapter An Overview of Learning Object Repositories, pp. 44–64.
- Van Assche, F., Ayre, J., Baumgartner, P., Duval, E., Hartinger, S., Mesdom, F., Munoz, A., Cecilia, M., Vandeputte, B., Vuorikari, R. & Zens, B. (2009), Melt final report, Technical report, eContentplus, <http://info.melt-project.eu>.
- Vargo, J., J.C., N., Belfer, K. & A., A. (2003), ‘Learning object evaluation: Computer-mediated collaboration and inter-rater reliability’, *International Journal of Computers and Applications* **25**(3).
- Varlamis, I. & Apostolakis, I. (2006), ‘The present and future of standards for e-learning technologies’, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* **2**, 59–76.
- Velázquez, C., Muñoz, J. & Alvarez, F. (2007), Aspectos de la calidad de objetos de aprendizaje en el metadato de lom, *in* ‘VIII Encuentro Internacional Virtual Educa, Sao Paulo, Brasil, June 18–22’.
- Verbert, K. & Duval, E. (2007), Evaluating the aocom approach for scalable content repurposing, *in* E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers, eds, ‘Second European Conference on Technology Enhanced Learning (ECTEL) – Creating new learning experiences on a global scale, 17–20 September 2007, Crete, Greece.’.
- Verbert, K., Duval, E., Meire, M., Jovanovic, J. & Gasevic, D. (2006), ‘Ontology-based learning content repurposing: The aocom framework’, *International Journal on E-Learning* **5**(1), 67–74.
- Verbert, K., Jovanovic, J., Gašević, D. & E, D. (2005), Repurposing learning object components, *in* E. Duval, R. Klamma & M. Wolpers, eds, ‘OTM 2005 Workshop on Ontologies, Semantics and E-Learning’.
- Vinoski, S. (2005), ‘Old measures for new services’, *IEEE Internet Computing* **9**(6), 72–74.

- Vuorikari, R., Manouselis, N. & Duval, E. (2007), *Social Information Retrieval Systems: Emerging Technologies and Applications for Searching the Web Effectively*, Idea Group Publishing. In Go, D.H., Foo, S. (ed.), Hershey, chapter Using metadata for storing, sharing, and reusing evaluations in social recommendation: the case of learning resources.
- Wiley, D. (2006), Testimony to the secretary of education's commission on the future of higher education, Technical report, Brigham Young University, Utah, EEUU, <http://www.ed.gov/about/bdscomm/list/hiedfuture/3rd-meeting/wiley.pdf>.
- Wiley, D. A. (1999), The post-lego learning object, Technical report, Brigham Young University, Utah, EEUU, <http://wiley.byu.edu/post-lego/post-lego.pdf>.
- Wiley, D. A. (2000), Learning object design and sequencing theory, PhD thesis, Brigham Young University, <http://davidwiley.com/papers/dissertation/dissertation.pdf>.
- Wiley, D. A. (2002), Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy, in 'The instructional use of learning objects', Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology. In David A. Wiley (ed.), <http://www.reusability.org/read/>, pp. 3–24.
- Wiley, D. & Hilton III, J. (2009), 'Openness, dynamic specialization, and the disaggregated future of higher education', *The International Review of Research in Open and Distance Learning (IRRODL)*. *Special Issue: Openness and the Future of Higher Education*. **10**(5).
- Williams, D. (2000), Evaluation of learning objects and instruction using learning objects, Technical report, Agency for Instructional Technology, <http://reusability.org>.
- Yang, D. & Yang, Q. (2005), Customizable distance learning: Criteria for developing learning objects and learning model templates, in A. I. C. P. Series, ed., 'Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce (ICEC'05), Xian, (China)', ACM, New York, pp. 765–770.
- Yen, N., Hou, F., Chao, L. & Shih, T. (2009), Weighting and ranking the e-learning resources, in 'Proceeding of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2009, Riga, Latvia, July 15–17, 2009', doi:10.1109/ICALT.2009.36, pp. 701–703.

Zimmermann, B. (2006), A requirements analysis of adaptations of re-usable (e-learning) content, *in* 'Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, ED-MEDIA 2006, June 26-30, 2006 Orlando, Florida, USA', Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), In E. Pearson and P. Bohman (Eds.), <http://www.editlib.org/p/23298>, pp. 2096–2103.

Zimmermann, B., Meyer, M., Rensing, C. & Steinmetz, R. (2007), Improving retrieval of re-usable learning resources by estimating adaptation effort backhouse, *in* 'First International Workshop on Learning Object Discovery and Exchange', <http://fire.eun.org/lode2007/lode07.pdf>.