



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA

TESIS DOCTORAL

AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS  
PARA LA GENERACIÓN  
ENSAMBLAJE Y REUTILIZACIÓN  
DE OBJETOS DE APRENDIZAJE

Autora: **Liliana Patricia Santacruz Valencia**

Directores:  
**Carlos Delgado Kloos**  
**Ignacio Aedo Cuevas**

Fecha: 6 de abril de 2005



Tribunal nombrado por el Mgfc. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Carlos III de Madrid, el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Presidente

Vocal

Vocal

Vocal

Secretario

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_.

Calificación:

EL PRESIDENTE

EL SECRETARIO

LOS VOCALES



A Antonio  
A mi familia



# Agradecimientos

En primer lugar, le doy las gracias a mis directores, Carlos e Ignacio, por su voto de confianza y por brindarme la oportunidad de seguir adelante con mi trabajo de investigación.

De igual forma deseo expresar mi gratitud a Mari Carmen, Peter, Vicente, Celeste, Amal, Yasser, Adrian, Salvador, Simon, Laura, Jose Luis, Arturo, por haberme permitido robar minutos de su tiempo para intercambiar opiniones o simplemente conversar, en aquellos momentos en los que he necesitado una voz de aliento, gracias por estar ahí.

A Marco, mi profesor de Tai-Chi, por enseñarme este arte que hace parte de mi vida desde hace unos cuantos años y que me a ayudado a sentirme bien física y espiritualmente, en particular durante esta última etapa de trabajo.

Por supuesto a mi familia, por su apoyo y paciencia durante todos estos años de ausencia, aunque bien saben que les llevo conmigo en mi corazón.

A Dios, porque en los momentos buenos y no tan buenos, no ha soltado mi mano.

Y finalmente, al colaborador más importante, Antonio, quien realmente se ha sacrificado durante la realización de esta tesis. No tengo palabras para expresarle la gratitud que siento por las muchas horas robadas de su tiempo. Sin su apoyo y paciencia probablemente esta memoria solo sería una colección de palabras sin sentido. A él le agradezco los consejos, las discusiones, y las enseñanzas científicas y personales, que estoy segura han contribuido a hacer de mi una mejor persona. Pero ante todo, le agradezco que sea, sin duda, la persona más maravillosa que he conocido en mi vida.





# Resumen

En el trabajo presentado en esta memoria se identifican los problemas relacionados con la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. En particular, se ha identificado la carencia de modelos conceptuales en el diseño y construcción de los actuales sistemas para la gestión de contenido de aprendizaje (LCMSs). Estos sistemas, aunque permiten en su mayoría, la integración y reutilización de objetos de aprendizaje, no proporcionan mecanismos de ensamblaje que respeten el conocimiento asociado (requisitos y competencias) a los objetos de aprendizaje. Además, no se define un procedimiento para la descripción de los objetos resultantes de dichas integraciones mediante el uso de meta-datos (información acerca de información).

Teniendo en cuenta estos problemas, en esta tesis se propone: *(i)* un modelo conceptual (descrito en el capítulo 3) que proporciona las pautas para facilitar la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. Su utilización está orientada fundamentalmente a profesores-diseñadores que estén interesados en generar objetos de aprendizaje reutilizables y ensamblables. Los objetos de aprendizaje generados con éste modelo reciben el nombre de ELOs (*Electronic Learning Objects*). Un ELO se define como (ver sección 3.1.1) aquel recurso educativo descrito por meta-datos y organizado en una estructura multicapa, de tal forma que los elementos más avanzados de esta estructura incluyen *conocimiento asociado* (competencias y requisitos), con vistas al ensamblaje y la reutilización; *(ii)* un mecanismo para el ensamblaje de diferentes tipos de objetos de aprendizaje, que tenga en cuenta el conocimiento asociado a cada objeto de aprendizaje y *(iii)* un procedimiento para la descripción, mediante meta-datos, de los objetos de aprendizaje resultantes de los procesos de ensamblaje.

En los apartados siguientes se hace una breve descripción de los procesos de generación, ensamblaje y reutilización de ELOs, describiendo para cada uno de ellos sus características más relevantes y la forma en que se abordan las soluciones propuestas.

## ■ Generación

En el proceso de generación se tiene en cuenta el modelo de contenido ELO (descrito en la sección 3.1), cuyos componentes conforman una estructura multicapa con distinto nivel de granularidad ( $N0$ ,  $N1$  y  $N2$ ), permitiendo diferenciar las unidades atómicas de aquellas más complejas.

Las unidades atómicas se denominan *unidades de información* (UIs), se encuentran en el nivel de granularidad 0 y representan elementos auto-contenidos y por lo tanto, altamente reutilizables. Las UIs carecen de conocimiento asociado por lo que necesitan de un contexto que les confiera significado educativo, ya que por si solas no representan una experiencia que proporcione conocimiento al alumno. En cuanto a su utilización, son asimilables a las *Assets* definidas dentro del modelo de contenido de objetos de aprendizaje SCORM [197].

Las *unidades de contenido* (UCs) se encuentran en el nivel de granularidad 1 y se forman ensamblando UIs, o ensamblando UIs y UCs. Las UCs representan una experiencia educativa con conocimiento asociado. Es decir, que una UC necesita de unos requisitos para su comprensión y proporciona unas competencias tras su comprensión. Desde el punto de vista de su utilización, las UCs son asimilables a los *SCOs* (*Sharable Content Objects*) de SCORM, con la diferencia fundamental de que las UCs tienen conocimiento asociado.

Las *unidades didácticas* (UDs), por su parte, se encuentran en el nivel de granularidad 2 y se forman ensamblando diferentes tipos de ELOs (UCs, UCs con UD, o UD). Una UD representa el conocimiento referente a un área tras la acumulación de diversas experiencias educativas relacionadas. Desde un punto de vista centrado en su utilización, una UD es asimilable a un *Content Organization* de SCORM, al cual se le añade el conocimiento asociado, pero además incluyen en su estructura objetivos de aprendizaje (al menos uno asociado a cada UD), un resumen global de los conceptos fundamentales que enseña la UD y una descripción de los mecanismos de evaluación que serán utilizados para evaluar dicha UD.

Hay dos formas de generar ELOs, una a partir de objetos de aprendizaje provenientes de herramientas externas. En este caso, para poder ser incluidos dentro del almacén de ELOs deben ser convertidos al formato ELO, lo cual implica que sean descritos utilizando meta-datos. En particular se utiliza LOM [104] como esquema de meta-datos para la descripción de los ELOs, aunque incluyendo una extensión, con lo que se consigue una descripción más adecuada. La otra forma de generar los ELOs es dentro del propio entorno, utilizando la herramienta que da so-

porte al modelo propuesto. La generación de nuevos ELOs, dentro de la herramienta ELO-Tool (descrita en el capítulo 5), se realiza mediante la introducción de los meta-datos correspondientes a cada ELO, con lo cual se obtiene un fichero xml que representa al ELO. La generación también puede verse como un nuevo proceso, el de ensamblaje, el cual se describe a continuación.

- **Ensamblaje**

El proceso de ensamblaje de ELOs (descrito desde el punto de vista conceptual en la sección 3.2 y desde el punto de vista de la implementación en la sección 5.2.3) se realiza mediante la aplicación de un mecanismo basado en el uso de ontologías denominado *OntoGlue* (descrito en la sección 3.2.2). Para comprender el funcionamiento de este mecanismo es necesario comprender los conceptos de *ontología alcanzable*, *representación de una clase en una ontología* y *conocimiento cubierto*, extrapolados desde el caso básico de *mappings* 1 a 1, al caso de *mappings* 1 a n, incluyendo también la descripción del concepto de *conocimiento cubierto entre conjuntos* de clases (todos ellos descritos en la sección 3.2.2).

Como parte del proceso de ensamblaje es necesario completar la descripción de los ELOs resultantes mediante el uso de meta-datos didácticos. Este proceso puede hacerse de forma automática o manual, dependiendo básicamente de la definición genérica de las diferentes categorías y sus elementos dentro del estándar de meta-datos LOM (la descripción conceptual se encuentra en la sección 3.2.4 y la descripción desde el punto de vista de la implementación en el apéndice A). Desde nuestro punto de vista, tal definición no abarca una descripción suficiente para los ELOs, por lo cual se ha añadido una extensión (el proceso de extensión se describe en la sección 4.1.1) a dicho estándar con el fin de obtener una descripción pedagógica más adecuada, que permita dar soporte al mecanismo de ensamblaje propuesto en esta tesis. Adicionalmente y para que la descripción de los ELOs quede completa, es necesario tener en cuenta no solo las relaciones permitidas entre los diferentes componentes del modelo de contenido, sino el efecto producido al mezclar diferentes tipos de meta-datos.

La característica fundamental del proceso de ensamblaje es que el mecanismo propuesto se centra en el aprovechamiento del *conocimiento asociado* a los ELOs como medio fundamental para lograr el ensamblaje y la descripción de los ELOs resultantes mediante el uso de meta-datos didácticos. Todo esto con el fin de obtener objetos de aprendizaje con un alto contenido pedagógico, ya que se potencia la definición de los

requisitos y las competencias asociadas a cada objeto de aprendizaje, asegurando de esta forma un ensamblaje adecuado que respete el conocimiento asociado a los objetos de aprendizaje en cuestión.

## ■ Reutilización

Una consecuencia directa de la aplicación de los mecanismos para la generación y ensamblaje de ELOs es el proceso de reutilización. Para dar soporte a dichos procesos se propone una herramienta (denominada ELO-Tool), concebida como un sistema para la generación, ensamblaje (con base en el *conocimiento asociado*) y reutilización (de acuerdo con el mecanismo de ensamblaje propuesto) de ELOs.

La búsqueda de ELOs a través de requisitos y competencias unida a la utilización de ontologías y *mappings*, representa un factor potenciador de la reutilización de los ELOs.

Además, la reutilización se analiza desde la perspectiva humana, para identificar porqué y a quién le interesa reutilizar objetos de aprendizaje, y desde la perspectiva técnica para determinar cómo se lleva a cabo el proceso de reutilización y qué materiales son factibles de reutilizar (como se describe en la sección 3.3), desde el punto de vista conceptual. La reutilización desde el punto de vista de implementación es soportada por ELO-Tool).

De otra parte, ELO-Tool representa una plataforma para la evaluación de objetos de aprendizaje, ya que a través de la reutilización es posible *evaluar* la correcta definición de los ELOs tanto desde el punto de vista de su generación como en su posterior ensamblaje. La evaluación tiene como objetivos identificar la actitud de los profesores-diseñadores frente a los procesos de diseño, desarrollo y selección de ELOs, y determinar lo que los objetos de aprendizaje representan para ellos y los criterios de selección que siguen a la hora de escoger los materiales digitales para la enseñanza. El proceso de evaluación se describe en la sección 5.4.

Con el fin de comprobar la viabilidad técnica (es decir la implementación), del mecanismo de ensamblaje, se ha realizado un prototipo que implementa el mecanismo *OntoGlue Full* (descrito en la sección 3.2.3 y que corresponde a la versión extendida del mecanismo *OntoGlue*), corroborando así su correcto funcionamiento.

# Abstract

The work presented in this memory is focused on the identification of problems related with generation, assembling and reuse of learning objects. In particular, the lack of conceptual models for designing and building learning content management systems (LCMS) has been identified. Although the major part of these systems allow integration and reuse of learning objects, they do not provide assembly mechanism which take into account the associated knowledge (requirements and competencies) to the learning objects. On the other hand, do not exist a procedure to describe resulting objects from such integrations using meta-data.

Taking into account these problems, in this thesis are proposed: *(i)* a conceptual model (described in chapter 3), which provide guidelines to facilitate generation, assembling and reuse of learning objects. Their use is focus to teachers-designers interested in generating reusable and assembling learning objects. The learning objects generating with this model are named ELOs (*Electronic Learning Objects*). An ELO is defined as (see section 3.1.1) an educational resource described by meta-data and organized in a multi-layer structure, which more advanced elements posses *associated knowledge* (competencies and requirements), with view to the assembly and reuse; *(ii)* a mechanism for the assembly of different types of learning objects, which take into account the associated knowledge to each learning object and *(iii)* a procedure for the description, by meta-data of the resulting learning objects of the assembly processes.

In the following paragraphs there is done a brief description of the processes of generation, assembly and reuse of ELOs, describing for each one the most relevant characteristics and the form in which the proposed solutions are approached.

- **Generation**

In the generation process there is born in mind the ELO content model (described in the section 3.1), whose components are organized in a mul-

tilayer structure with different levels of granularity ( $N0$ ,  $N1$  and  $N2$ ), separating the atomic units from the more complex units.

The atomic units are named *information units* (IUs), they are in the level of granularity 0 ( $N0$ ). The IUs represent atomic elements, self-content and highly reusable. Each one of them contains a single multimedia file. These elements lack of associated knowledge. They need a context before they acquire educational significance, because in themselves do not provide knowledge to the student. From the point of view of their use, IUs are similar to the *Assets* defined inside the SCORM content model[197].

The *content units* (CUs) are in the level of granularity 1 ( $N1$ ). They are formed from the assembly of IUs or assembly IUs and CUs. The CUs represent educational experiences with associated knowledge. I.e., they need requirements for their understanding and provide competencies after their absorption. From the point of view of their use, the CUs are assimilable to the SCORM *SCOs* (*Sharable Content Objects*), with the fundamental difference of CUs have associated knowledge.

Finally, the *didactical units* (DUs) are in the level of granularidad 2 ( $N1$ ). They are formed assembling different types of ELOs (CUs, CUs with DUs, or DUs). The DUs represent knowledge related to a specific area, after the accumulation of different related educational experiences. DUs also possess an associated knowledge attribute. The difference between DUs and CUs is the inclusion in DUs of extra information regarding objectives, summary and evaluation mechanism.

There are two ways of generating ELOs, one from learning objects coming from external tools. In this case, they must be turned to the ELO format, using meta-data. LOM standard [104] is used as meta-data scheme for the description of the ELOs, though including an extension, which allow a more suitable description.

Another way of generating the ELOs is inside the ELO-Tool environment, which provides support to the proposed conceptual model. The generation of new ELOs, inside the ELO-Tool (described in the chapter 5), is achieved introducing the appropriated meta-data, to generate the corresponding xml file. The generation can be seen as a new process, the assembly, which is described later.

## ■ Assembly

The process of assembling ELOs (described from the conceptual point of view in the section 3.2 and from the point of view of the implementation

in the section 5.2.3) is fulfilled by means of the application of an ontology-based mechanism named *OntoGlue* (described in the section 3.2.2). To understand the mechanism functionality is necessary to understand the concepts of *reachable ontology*, *representation of a class in an ontology* and *covered knowledge*, explained from the basic case of 1 to 1 *mappings*, to the case of 1 to n *mappings*, including also the description of the concept of *covered knowledge between sets of classes* (all of them described in the section 3.2.2).

Since part of the assembly process is necessary to complete the description of the resultant ELOs by means of the didactic use of meta-data. This process can be done of automatic or manual form, depending basically on the generic definition of the different categories and their elements inside the standard LOM (the conceptual description is in the section 3.2.4 and the description from the point of view of the implementation in the appendix A). From our point of view, such a definition does not include a sufficient description for the ELOs, by which has been added an extension (the extension process is described in the section 4.1.1) to the above mentioned standard in order to obtain a more suitable pedagogic description, which allows to give support to the assembly mechanism, proposed in this thesis.

In order to provide a more complex description of the ELOs, it is necessary to take into account the relations allowed between the different content model components, and the effect produced by the mix of different types of meta-data.

The fundamental characteristic of the assembly process is that the proposed mechanism centres on the use of *associated knowledge* to the ELOs as fundamental way to achieve the assembly and the description of the resultant ELOs by means of the didactic use of meta-data. All that in order to obtain learning objects with a strong pedagogic content, since there are promoted the definition of the requirements and competencies associated with every learning object, assuring of this form a suitable assembly that should respect the associated knowledge to the learning objects in question.

- **Reuse**

A direct consequence of the application of the mechanisms for the generation and assembly of ELOs is the reuse process. To give support to the above mentioned processes a tool (named ELO-Tool) is proposed. This tool is a system for the generation, assembly (based on *associated*

*knowledge*) and reuse (in agreement with the assembly mechanism) of ELOs.

In addition, the possibilities of reuse ELOs are increases by the searching across requirements and competencies joined the use of ontologies and *mappings*.

Besides, the reuse is analyzed from the human perspective, identifying why and who is interested in reusing learning objects, and from the technical perspective to determine how is achieve the reuse process and what materials are feasible of reusing (as it is described in the section 3.3), from the conceptual point of view. The reuse from the point of view of implementation is supported by ELO-Tool).

From the other hand, ELO-Tool represents a platform for the evaluation of learning objects, since across the reuse it is possible evaluate the correct definition of the ELOs from the point of view of their generation and later assembly.

The evaluation allows to identify the attitude of the teachers-designers respect to the processes of design, development and selection of ELOs. This process determine what the learning objects represent for them and the selection criteria using to choose the digital materials. The evaluation process is described in the section 5.4.

In order to verify the technical viability (implementation), of the assembly mechanism there has been realized a prototype that implements the mechanism *OntoGlue Full* (described in the section 3.2.3 and that corresponds to the widespread version of the mechanism *OntoGlue*), corroborating in this way its correct functioning.



# Índice

Agradecimientos	I
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Motivación y Contexto . . . . .	3
1.2. Requisitos . . . . .	5
1.3. Objetivo . . . . .	6
1.4. Metodología . . . . .	7
1.5. Estructura de la memoria . . . . .	9
<b>II ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	<b>11</b>
<b>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	<b>13</b>
2.1. eLearning: formación a distancia a través de las TICs . . . . .	13
2.1.1. Otros términos asociados al <i>eLearning</i> . . . . .	15
2.1.2. Ventajas del <i>eLearning</i> . . . . .	16
2.1.3. Limitaciones del <i>eLearning</i> . . . . .	18
2.1.4. Características de los sistemas de <i>eLearning</i> . . . . .	18
2.1.5. Componentes del <i>eLearning</i> . . . . .	19
2.2. Tecnología de Meta-datos . . . . .	27
2.2.1. Introducción . . . . .	28

2.2.2.	Estandarización . . . . .	28
2.2.3.	Tipos de meta-datos . . . . .	33
2.2.4.	Importancia de los meta-datos . . . . .	35
2.2.5.	Recursos de Meta-datos . . . . .	38
2.3.	Tecnología de Objetos de Aprendizaje . . . . .	39
2.3.1.	¿Qué son los objetos de aprendizaje? . . . . .	40
2.3.2.	Beneficios y características . . . . .	45
2.3.3.	Reutilización de objetos de aprendizaje . . . . .	49
2.3.4.	Almacenes de Objetos de Aprendizaje . . . . .	53
2.3.5.	Recursos de interés . . . . .	55
2.3.6.	Herramientas de soporte . . . . .	59
2.3.7.	Tendencias . . . . .	60
2.4.	Conclusiones . . . . .	68

### **III MODELO CONCEPTUAL PARA LA GENERACIÓN, ENSAMBLAJE Y REUTILIZACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE 71**

<b>3.</b>	<b>MODELO CONCEPTUAL ELO</b>	<b>73</b>
3.1.	Modelo de Contenido ELO . . . . .	73
3.1.1.	Definición de ELO . . . . .	74
3.1.2.	Componentes del modelo de contenido ELO . . . . .	75
3.2.	Ensamblaje de ELOs . . . . .	80
3.2.1.	Comparación entre ELOs . . . . .	81
3.2.2.	<i>OntoGlue</i> : mecanismo para el ensamblaje de ELOs basado en ontologías . . . . .	94
3.2.3.	Mecanismo <i>OntoGlue Full</i> . . . . .	111
3.2.4.	Ensamblaje de diferentes tipos de ELOs . . . . .	128
3.3.	Reutilización de ELOs . . . . .	180
3.3.1.	Ciclo de vida de los ELOs . . . . .	181

3.3.2.	Diferentes perspectivas de la reutilización . . . . .	184
3.4.	Conclusiones . . . . .	186
<b>4.</b>	<b>META-DATOS PARA LOS ELOs</b>	<b>189</b>
4.1.	<i>Bindings</i> XML . . . . .	189
4.1.1.	Extensión del estándar de meta-datos LOM . . . . .	190
4.1.2.	<i>Binding</i> XML de LOM . . . . .	190
4.1.3.	Aproximaciones para la validación de los <i>bindings</i> XML de LOM . . . . .	200
4.1.4.	Perfil de aplicación para los meta-datos de los ELOs . . .	202
4.2.	Ensamblaje de ELOs . . . . .	205
4.2.1.	Comparación entre ELOs . . . . .	205
4.2.2.	Ensamblaje de ELOs: Aplicación de las reglas de meta- datos didácticos y obtención de meta-datos resultantes .	205
4.3.	Reutilización de ELOs: ELO-Tool . . . . .	207
4.4.	Conclusiones . . . . .	208
<b>5.</b>	<b>ELO-TOOL y EVALUACIÓN</b>	<b>211</b>
5.1.	Análisis funcional de ELO-Tool . . . . .	211
5.2.	Diseño de ELO-Tool . . . . .	212
5.2.1.	Generación de ELOs . . . . .	213
5.2.2.	Traducción de ELOs . . . . .	214
5.2.3.	Ensamblaje de ELOs . . . . .	214
5.2.4.	Gestión de ontologías . . . . .	215
5.2.5.	Búsqueda de ELOs . . . . .	215
5.3.	Implementación de ELO-Tool . . . . .	215
5.4.	Evaluación . . . . .	218
5.4.1.	Relación con otros modelos . . . . .	219
5.4.2.	Producto Final . . . . .	227
5.5.	Conclusiones . . . . .	231

<b>IV CONCLUSIONES</b>	<b>233</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO</b>	<b>235</b>
6.1. Conclusiones . . . . .	235
6.2. Contribuciones . . . . .	238
6.3. Líneas de trabajo futuro . . . . .	243
<b>Glosario de términos</b>	<b>249</b>

# Índice de Tablas

2.1. Comparación entre sistemas CBT y sistemas de <i>eLearning</i> . . .	17
2.2. Resumen comparativo de los sistemas de <i>eLearning</i> . . . . .	27
2.3. Áreas de estandarización en el campo del <i>eLearning</i> y consorcios involucrados . . . . .	32
2.4. Iniciativas para el desarrollo de meta-datos en diversos campos .	33
2.5. Tipos de meta-datos . . . . .	34
2.6. Características de los objetos de aprendizaje y su influencia en distintos tipos de usuarios . . . . .	47
2.7. Líneas de investigación en la tecnología de objetos de aprendizaje	67
3.1. Ejemplos de unidades de contenido . . . . .	77
3.2. Valor de los Meta-datos añadidos al estándar LOM para la descripción de unidades de contenido (UCs) . . . . .	78
3.3. Ejemplos de unidades didácticas . . . . .	79
3.4. Valor de los Meta-datos añadidos al estándar LOM para la descripción de unidades didácticas (UDs) . . . . .	80
3.5. Resultado de ensamblar ELOs pertenecientes a distintos niveles	81
3.6. Diversas unidades de contenido con sus requisitos y competencias	129
3.7. Diversas unidades didácticas con sus requisitos y competencias .	132
3.8. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de información (UIs) . . . . .	142
3.9. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de información (UI) y una unidad de contenido (UC) . . . .	152

3.10. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de contenido (UCs) . . . . .	161
3.11. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de contenido (UC) y una unidad didáctica (UD) . . . . .	170
3.12. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades didácticas (UDs) . . . . .	180
3.13. Preguntas y respuestas respecto a la reutilización desde las perspectivas humana y tecnológica . . . . .	186
4.1. Perfiles de aplicación de meta-datos para los componentes del modelo de contenido ELO . . . . .	205
5.1. Componentes del Learnativity Content Model . . . . .	219
5.2. Componentes del Modelo de Contenido de SCORM . . . . .	221
5.3. Componentes del Modelo RLO . . . . .	222
5.4. Componentes del NETg Learning Object Model . . . . .	223
5.5. Componentes del Modelo de Contenido de Objetos de Aprendizaje General . . . . .	225
5.6. Comparación entre diferentes Modelos de Contenido de Objetos de Aprendizaje . . . . .	227
6.1. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de información (UIs) . . . . .	280
6.2. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de información (UI) y una unidad de contenido (UC) . . . . .	290
6.3. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de contenido (UCs) . . . . .	300
6.4. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de contenido (UC) y una unidad didáctica (UD) . . . . .	310
6.5. Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades didácticas (UDs) . . . . .	320

# Índice de Figuras

2.1. Integración de los sistemas LMS y LCMS en el ecosistema del aprendizaje . . . . .	25
2.2. Proceso de estandarización de la tecnología educativa . . . . .	29
3.1. Niveles de granularidad . . . . .	75
3.2. Ejemplo de ontología . . . . .	85
3.3. Ontología más Semántica . . . . .	85
3.4. Ontología como restricciones “poco formales” . . . . .	86
3.5. Ontología como restricciones en lógica de primer orden . . . . .	86
3.6. Razonamiento sobre la ontología anterior . . . . .	86
3.7. Ontología como taxonomía utilizada en esta tesis . . . . .	87
3.8. Razonamiento utilizado en esta tesis . . . . .	88
3.9. Ejemplo de ontología . . . . .	89
3.10. Situación de los ejemplos . . . . .	95
3.11. Las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son iguales . . . . .	96
3.12. Las ontologías origen $O$ y destino $O'$ distintas . . . . .	97
3.13. Los <i>mappings</i> intermedios llevan a $C$ a la ontología destino $O'$ .	98
3.14. Representación de $C$ cuando las ontologías origen y destino son iguales . . . . .	99
3.15. Representación de $C$ cuando las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son distintas y hay un único <i>mapping</i> . . . . .	100
3.16. Representación de $C$ cuando existen ontologías intermedias $O''$ para llegar a la ontología destino $O'$ . . . . .	101

3.17. Ejemplo de conocimiento cubierto donde las ontologías origen y destino son iguales . . . . .	102
3.18. Ejemplo de conocimiento cubierto donde las ontologías origen y destino son diferentes . . . . .	103
3.19. Conocimiento cubierto cuando existen ontologías intermedias . . .	103
3.20. Las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son iguales . . . . .	105
3.21. Las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son distintas . . . . .	105
3.22. Los <i>mappings</i> intermedios llevan a $C$ a la ontología destino $O'$ .	106
3.23. Representación de $C$ cuando las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son iguales . . . . .	107
3.24. Representación de $C$ cuando las ontologías origen $O$ y destino $O'$ son diferentes . . . . .	108
3.25. Representación de $C$ cuando existen ontologías intermedias . . .	109
3.26. Conocimiento cubierto cuando las ontologías de origen $O$ y destino $O'$ son iguales . . . . .	110
3.27. Conocimiento cubierto cuando las ontologías de origen $O$ y destino $O'$ son distintas . . . . .	110
3.28. Conocimiento cubierto cuando existen ontologías intermedias . . .	110
3.29. Ensamblaje de dos ELOs . . . . .	111
3.30. Ejemplo de aplicación de OntoGlue Full . . . . .	118
3.31. Subclases de la clase $A$ . . . . .	119
3.32. Nuevas alcanzables . . . . .	120
3.33. Nuevas subclases . . . . .	121
3.34. Final del cálculo del Conocimiento Cubierto para $ns\#A$ . . . .	122
3.35. Superclases de $K$ . . . . .	123
3.36. Nuevas Alcanzables . . . . .	124
3.37. Nuevas Superclases . . . . .	125
3.38. Nuevas Alcanzables . . . . .	126
3.39. Nuevas Superclases . . . . .	127
3.40. Final del cálculo del Conocimiento Suficiente para $ns\#7K$ . . . .	128
3.41. Ejemplo de <i>mapping</i> entre ontologías . . . . .	131



3.42. Ejemplo de Conocimiento Cubierto . . . . .	132
3.43. Ciclo de vida de los ELOs . . . . .	181
4.1. Diagrama UML de las extensiones ELO al estándar LOM . . . .	191
4.2. Binding XML del estándar LOM para Unidades de Información	192
4.3. Ejemplo de una instancia XML para una unidad de información	193
4.4. TypeCUMetadata en el binding XML del estándar LOM para Unidades de Contenido . . . . .	194
4.5. TypeCU en el binding XML del estándar LOM para Unidades de Contenido . . . . .	196
4.6. Ejemplo de una instancia XML para una unidad de contenido .	197
4.7. Binding XML del estándar LOM para Unidades Didácticas . . .	198
4.8. Binding XML del estándar LOM para Unidades Didácticas . . .	199
4.9. Ejemplo de una instancia XML para una unidad didáctica . . .	200
4.10. Aplicación de reglas para meta-datos didácticos en el proceso de ensamblaje de ELOs . . . . .	207
5.1. Análisis de ELO-Tool . . . . .	212
5.2. Diseño de ELO-Tool . . . . .	213
5.3. Implementación de Struts del Modelo Vista Controlador (MVC)	216
5.4. Learnativity Content Model . . . . .	220
5.5. Componentes del modelo de contenido SCORM . . . . .	221
5.6. Componentes del modelo RIO-RLO . . . . .	222
5.7. Componentes del modelo NETg . . . . .	223
5.8. Integridad Instruccional con NETg . . . . .	224
5.9. Modelo de Contenido de Objetos de Aprendizaje General . . . .	226
6.1. Casos de Uso . . . . .	321
6.2. Alta Ontologías . . . . .	322
6.3. Alta ELO . . . . .	323
6.4. Ensamblaje ELOs . . . . .	324
6.5. Diagrama Entidad Relación de la Base de Datos . . . . .	325

6.6.	Diagrama Entidad Relación tentativo de la Base de Datos . . .	326
6.7.	Diagrama de clases para la <i>Action EnsamblajeELOs</i> . . . . .	326
6.8.	Conocimiento Suficiente . . . . .	328
6.9.	EnsamblajeELOs::execute . . . . .	329
6.10.	EnsamblajeELOs::elementos . . . . .	330
6.11.	ClaseOntologia::calcula() . . . . .	331
6.12.	ClaseOntologia::calcular() . . . . .	332
6.13.	ClaseOntologia::alcanzables() . . . . .	333

# NOTACIÓN

Símbolo	Significado
$\Pi_i$	Proyección i-ésima de una tupla
$\Phi, \Psi$	Conjunto de clases de ontologías
$\Omega_{Clases}$	Conjunto de todas las clases que pueden aparecer en una ontología
$\Omega_{Ontologías}$	Conjunto de todas las ontologías posibles
$\subseteq$	Es subconjunto de o es igual a
$\sqsubseteq$	Está contenido en o es igual a nivel de clases de ontologías, es decir subsume
$\in$	Pertenece a
$\vdash$	Cubre a
$ $	Tal que
$\perp$	Símbolo botton que convierte los <i>mappings</i> en funciones totales, para aquellas clases que no tienen representación en la ontología destino
$\vee$	Operador booleano que representa O
$\setminus$	Operador que representa resta
$\wedge$	Operador booleano que representa Y
$\cup$	Operador matemático que representa unión entre conjuntos
$\rightarrow$	$f : A \rightarrow B$ , función $f$ definida del conjunto $A$ en el conjunto $B$
$\Rightarrow$	Entonces
$\Leftrightarrow$	Es equivalente a
$\hookrightarrow$	Por lo tanto
$\forall$	Para todo
$\exists$	Existe
$\circ$	Es ensamblado con
<i>eoc</i>	En otro caso
$\mathcal{E}$	Un ELO
$m, n$	<i>Mapping</i> de una clase en una ontología
$C, C', C''$	Clases en una ontología
$O, O', O''$	Ontologías
$Clases_O$	Conjunto de clases de una ontología
$rep(C, O')$	Representación de una clase en la ontología destino
<i>tq</i>	Tal que

Símbolo	Significado
$2^X$	Conjunto de partes de $X$ , siendo $X$ un conjunto arbitrario

**Parte I**  
**INTRODUCCIÓN**



# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Motivación y Contexto

Gerard [83], en una frase sorprendentemente visionaria en la temprana historia de la instrucción basada en ordenador (1969), habla sobre “*unidades curriculares que pueden hacerse más pequeñas y combinarse, como piezas de un Mecanno*<sup>1</sup>”. Tres décadas más tarde, esa idea comienza a materializarse a través del concepto de *objetos de aprendizaje*, convirtiéndose así en una de las innovaciones tecnológicas más influyentes en el campo de la educación.

Si bien las innovaciones tecnológicas representan importantes factores de cambio, dentro del contexto educativo ese efecto de cambio ha estado enmarcado por los rápidos desarrollos en aspectos como el *acceso*, la *formación continua* (para toda la vida) y el *eLearning*.

Aunque el *eLearning* tiene la capacidad de ofrecer un amplio acceso y soporte para el aprendizaje continuo, afronta algunos obstáculos, ya que por una parte requiere un diseño especial tanto de las aplicaciones como de los contenidos, para dar respuesta a las demandas de aprendizaje, y por otra, una inversión considerable para la creación de cursos *online* [122].

Debido a las características del *eLearning*, la creación de contenido reutilizable que pueda ser compartido por varias personas o aplicaciones es una idea que cobra fuerza. En un futuro (no muy lejano) los recursos educativos podrán considerarse como monedas de intercambio dentro de una economía de aprendizaje, representando beneficios económicos desde el punto de vista del tiempo y el esfuerzo invertidos en su desarrollo. En un mundo ideal, esos recursos se

---

<sup>1</sup>equipo de construcción mecánica.

diseñarían para que pudieran adaptarse a diferentes modelos educativos, temas y niveles de estudio. Sin embargo, la reutilización de recursos electrónicos es una idea compleja que exige tener en cuenta aspectos que permitan garantizar experiencias de aprendizaje más efectivas, eficientes, atractivas y accesibles a los estudiantes [23].

En general, no se considera el esfuerzo requerido para asegurar que un recurso de aprendizaje se pueda compartir, agregar, secuenciar y adaptar para utilizarlo dentro de un contexto específico. Cuando un profesor hace una búsqueda de recursos de aprendizaje, lo más probable es que obtenga una serie de recursos que no se ajustan a los criterios de la búsqueda, por lo que debe ir acotándola hasta encontrar el conjunto de recursos que encajan con sus requisitos. Para facilitar esta labor, es necesario que los recursos se describan utilizando meta-datos (información acerca de información), vocabularios y taxonomías que permitan su identificación dentro de un dominio específico, convirtiéndose en lo que se conoce como *objetos de aprendizaje*: cualquier recurso digital que pueda ser reutilizado para soportar aprendizaje [237].

En la práctica, los desarrollos en tecnología educativa han estado marcados por una falta de correspondencia verdadera entre las perspectivas de los usuarios y las perspectivas de diseño sobre las cuales se construyen las herramientas software.

Las especificaciones y herramientas actuales son neutrales en términos pedagógicos, de contexto y de formato [116], lo que desde el punto de vista técnico, a corto plazo, favorece la reutilización y la interoperabilidad. Sin embargo, para los profesores dichas especificaciones y herramientas carecen de valor pedagógico, puesto que los factores que para ellos son fundamentales, como el hecho de poder utilizar modelos educativos, estilos de aprendizaje, entre otros, han sido en algunos casos eliminados.

Esto ha motivado la promoción del uso de tecnologías como los objetos de aprendizaje, por lo que en los últimos ocho años organizaciones como el IEEE (*American Institute of Electrical Engineers*) [104], IMS (*IMS Global Learning Consortium Inc.*) [105], AICC (*Aviation Industry CBT Committee*) [3] y CEN/ISSS (*European Committee for Standardization/Information Society Standardization System*) [32] han desarrollado especificaciones y estándares para la descripción común de recursos, intentando resolver dificultades prácticas relacionadas con su uso en la recuperación y clasificación de material (ARIADNE (*Foundation for the European Knowledge Pool*) [7], Warwick Framework [228]), la creación de contenido basado en requisitos de aprendizaje individuales (LALO (*Learning Architecture and Learning Objects*) [117]) o el desarrollo de herramientas (ADL-SCORM (*Advanced Distributed Learning-Shareable Con-*



tent Object Reference Model) [197]).

Tales iniciativas también han trascendido al contexto de la industria, en el que, según la visión de Hodgins [97], los esfuerzos para el desarrollo de contenidos de aprendizaje deberían beneficiarse de piezas de contenido integrables, que se pudieran reensamblar según las necesidades de diseño. Es así como los desarrolladores de aprendizaje basado en la Web, han implementado sus propias herramientas, proporcionando un amplio rango de objetos de aprendizaje, sin que la interoperabilidad entre ellos sea siempre soportada. Existen por tanto herramientas que utilizan diferentes tecnologías Web (XML [250], RDF [178]), enfocadas hacia la edición, validación y gestión de documentos XML, pero con limitaciones que afectan al usuario en varias formas.

Estas limitaciones se deben a que (i) las herramientas no están orientadas a las necesidades educativas; (ii) requieren que el usuario sea un experto en las tecnologías XML; (iii) no proporcionan mecanismos para el ensamblaje de nuevos objetos de aprendizaje [193] en los que se respete el *conocimiento asociado* a dichos objetos; y (iv) tampoco los sistemas de *eLearning*, como los LCMSs (*Learning Content Management Systems*), definen un modelo conceptual para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.

## 1.2. Requisitos

El primer paso en la búsqueda de una solución a las limitaciones planteadas, es identificar las características que la misma debe contemplar, en particular:

- Proporcionar un modelo conceptual que constituya una guía de apoyo para los profesores-diseñadores (o desarrolladores de contenido) que deseen crear y utilizar:
  - Los componentes del modelo de contenido.
  - Los objetos de aprendizaje resultantes del proceso de ensamblaje.
  - Los meta-datos para describir los componentes del modelo de contenido y los objetos de aprendizaje resultantes del proceso de ensamblaje.
- Establecer la correspondencia semántica entre los requisitos y competencias asociados a cada objeto de aprendizaje, mediante la utilización de ontologías para la definición del mecanismo de ensamblaje.

- Definir las reglas para la aplicación de meta-datos didácticos en la descripción de los objetos de aprendizaje resultantes del proceso de ensamblaje.
- Implementar un prototipo que verifique la viabilidad técnica del mecanismo de ensamblaje propuesto.
- Proporcionar los criterios de evaluación para los objetos de aprendizaje.

### 1.3. Objetivo

Esta tesis persigue el objetivo fundamental de proporcionar un modelo conceptual para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. En particular, se ha descompuesto este objetivo en los siguientes subobjetivos:

- Proporcionar un mecanismo para la generación de objetos de aprendizaje que tenga en cuenta el *conocimiento asociado*<sup>2</sup> con vistas al ensamblaje y reutilización de ELOs (*Electronic Learning Objects*).
- Definir y proporcionar un mecanismo para el ensamblaje de *ELOs* basado en ontologías.
- Proporcionar un modelo de contenido para la definición de diferentes tipos de ELOs.
- Proporcionar una definición formal de los componentes del modelo de contenido.
- Definir reglas para la descripción de ELOs mediante la aplicación de meta-datos didácticos.
- Proporcionar un prototipo que implemente el mecanismo de ensamblaje de ELOs, con el fin de comprobar su viabilidad técnica.
- Proporcionar las guías que faciliten el proceso de evaluación de ELOs.

Estos subobjetivos se alcanzan mediante la realización de las siguientes fases:

---

<sup>2</sup>requisitos y competencias

- Definición del modelo conceptual ELO.
- Definición del mecanismo de ensamblaje de ELOs basado en ontologías.
- Definición de las reglas para la descripción de ELOs mediante la aplicación de meta-datos didácticos.
- Implementación del prototipo para el soporte del mecanismo de ensamblaje de ELOs propuesto.
- Definición del proceso de evaluación de ELOs.

A continuación se describe el método de trabajo seguido en la realización y desarrollo de esta tesis doctoral.

## 1.4. Metodología

Esta investigación se ha abordado desde una perspectiva incremental, a través de las siguientes etapas:

1. **Estudio del estado de la cuestión.** Esta actividad se centra en el estudio de (a) los aspectos tecnológicos:
  - Estudio de las arquitecturas de sistemas de aprendizaje, principalmente la especificación LTSA (*Learning Technology Systems Architecture*) [129], las especificaciones y estándares para el modelado de recursos y sistemas educativos (IMS (*IMS Global Learning Consortium Inc.*) [105], SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) [197], LOM (*Learning Object Metadata*) [123], etc). y lenguajes para el modelado de recursos educativos EML (*Educational Modelling Language*) [115] .
  - Estudio de los sistemas de *eLearning*, en particular aquellos dedicados a la gestión de recursos de aprendizaje (LMS (*Learning Management Systems*) y LCMS (*Learning Content Management Systems*)).
  - Estudio de lenguajes para la estructuración de datos basados en la Web (tecnología XML [250]).

y (b) los aspectos pedagógicos, enfocados hacia el estudio de las teorías de diseño instruccional.

2. **Definición del modelo conceptual.** Esta etapa comprende las siguientes actividades:
  - Definición del Modelo de Contenido ELO.
    - Definición de ELO.
    - Descripción de los componentes del modelo de contenido.
  - Ensamblaje de los ELOs.
    - Descripción del mecanismo de ensamblaje de ELOs.
    - Descripción del proceso de ensamblaje de ELOs.
  - Reutilización de ELOs.
    - Descripción del ciclo de vida de los ELOs.
    - Análisis de las diferentes perspectivas de la reutilización.
  - Meta-datos para los ELOs.
    - Descripción los *Bindings* XML para los ELOs.
    - Descripción del proceso de ensamblaje de ELOs.
    - Definición de las reglas basadas en meta-datos didácticos para la descripción de ELOs.
  - ELO-Tool y Evaluación
    - Análisis funcional y el diseño de la herramienta ELO-Tool.
    - Descripción del proceso de evaluación, que abarca el análisis de la relación del modelo propuesto respecto a los modelos existentes y la definición de los criterios principales del proceso de evaluación de ELOs.
    - Descripción del mecanismo de ensamblaje de ELOs basado en ontologías.
3. **Prototipo.** Esta etapa se centra en la implementación del mecanismo de ensamblaje de ELOs, con el fin de verificar la viabilidad técnica del mismo.

Con la realización de este trabajo de investigación se espera:

- Proporcionar un modelo conceptual para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.
- Proporcionar un modelo de contenido ELO, cuyos componentes estén caracterizados de tal forma que faciliten la aplicación del mecanismo de ensamblaje de ELOs.

- Proporcionar un mecanismo para el ensamblaje de ELOs basado en ontologías.
- Proporcionar un conjunto de reglas para el ensamblaje de meta-datos, como complemento al proceso de descripción de los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje.
- Proporcionar un prototipo que permita verificar la factibilidad, desde el punto de vista técnico, del mecanismo de ensamblaje propuesto.
- Contribuir al proceso de aceptación de la tecnología de objetos de aprendizaje, a través de la identificación de los problemas relacionados con su utilización y la propuesta de soluciones, que permitan corroborar las características que la definen como una tecnología con un gran potencial reutilizable, generativo, adaptativo y escalable [237].

## 1.5. Estructura de la memoria

Esta memoria está formada por cuatro partes que se describen a continuación.

- *Parte I. Introducción.* Formada por el capítulo 1. El *capítulo 1* abarca la descripción de la motivación, los requisitos para la construcción de la solución, el objetivo, la metodología y la estructura de la memoria.
- *Parte II. Estado de la cuestión.* Formada por el *capítulos 2*. Este capítulo describe el contexto de la tecnología de objetos de aprendizaje, partiendo del concepto de *eLearning*, seguido de la descripción de la tecnología de meta-datos, para finalmente llegar a la caracterización de los objetos de aprendizaje.
- *Parte III. Modelo conceptual para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.* Esta parte de la memoria está formada por los *capítulos 3, 4 y 5*. El *capítulo 3*, presenta el modelo de contenido, sus componentes y describe los procesos de ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. El *capítulo 4*, proporciona la descripción de los *bindings* XML de los componentes del modelo de contenido y las reglas para la descripción de los objetos de aprendizaje resultantes del proceso de ensamblaje, basadas en la utilización de meta-datos didácticos. Finalmente, en el *capítulo 5*, se describe el proceso de evaluación de objetos

de aprendizaje y se introduce el prototipo que implementa el mecanismo de ensamblaje basado en ontologías propuesto en esta tesis.

- *Parte IV. Conclusiones.* La última parte de la memoria corresponde al *capítulo 6*. Este capítulo recoge las conclusiones del trabajo presentado en la memoria e identifica las principales contribuciones y las líneas de investigación y trabajo futuro.

## Parte II

# ESTADO DE LA CUESTIÓN





## Capítulo 2

# ESTADO DE LA CUESTIÓN

El propósito de éste capítulo es describir el contexto dentro del cual se enmarca la tecnología de objetos de aprendizaje. Para ello, se hace referencia a lo que se conoce como *eLearning*, a las tecnologías utilizadas en la descripción de los objetos de aprendizaje (meta-datos), para llegar finalmente a la caracterización de los mismos.

### 2.1. eLearning: formación a distancia a través de las TICs

1

El dominio educativo ha intentado aprovechar los desarrollos tecnológicos para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En el desarrollo de las primeras aplicaciones educativas de los años 50, los ordenadores estaban destinados principalmente a resolver problemas de carácter científico. Más tarde, durante la década de los años 60 aparecieron las primeras aplicaciones educativas asistidas por ordenador. Esta tecnología conocida como *Computer Based Training* (CBT) o *Computer Assited Instruction* (CAI) estaba orientada al aprendizaje de la lectura y las matemáticas. Además, incorporaba mecanismos de realimentación pregunta-respuesta, convirtiendo al alumno en un ente más activo dentro de su propio proceso formativo.

Ya en los años 70, la aplicación de técnicas de inteligencia artificial supone un cambio en la enseñanza asistida por ordenador. Se ofrecen sistemas

---

<sup>1</sup>TICs: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

capaces de entender el dominio de conocimiento, orientando al alumno en la construcción del conocimiento.

La incorporación de componentes más sofisticados y con mayores prestaciones en cuanto a velocidad y rendimiento abre el paso a nuevas tecnologías, permitiendo el desarrollo de entornos educativos interactivos. El CD-Rom se convierte en la plataforma de distribución más extendida, proporcionando una mayor independencia espacio-temporal del aprendizaje.

La presencia de Internet facilita la evolución del *Computer Based Training* (CBT) hacia el *Web Based Training* (WBT) o *Internet Based Training* (IBT) (válido tanto en entornos Internet como Intranet).

Estas nuevas tecnologías permiten optimizar los recursos de formación facilitando diversas tareas como la instalación, la actualización y el control interactivo, entre otras.

A finales de los 90, la palabra *eLearning* empieza a escucharse por primera vez en el ambiente profesional. Asociada con expresiones tales como “aprendizaje *online*” o “aprendizaje virtual” y utilizada para cualificar “*una forma de aprender basada en el uso de las nuevas tecnologías, permitiendo el acceso a la formación interactiva y algunas veces personalizada a través de Internet o de otros medios electrónicos, para desarrollar competencias a través de un proceso de aprendizaje independiente del tiempo y el lugar*” [184].

El *eLearning* puede ser un tema confuso en parte por la cantidad de acrónimos, tecnologías, definiciones traslapadas y las historias convergentes tanto de la tecnología como de la formación.

En el mercado actual cuando se utiliza el término *eLearning* (y sus múltiples sinónimos) a lo que mucha gente se refiere es a WBT (*web-based training*). Sin embargo, tiene un significado más amplio.

El *eLearning* es una forma de utilizar la tecnología para distribuir materiales educativos y otros servicios, permitiendo establecer un canal de retorno entre profesores y alumnos.

En los nuevos entornos de aprendizaje se utiliza la tecnología Web (tanto distribución vía Intranet como Internet) como la opción de distribución preferida. Actualmente, la distribución de materiales y servicios incluye PDAs (Palm) y dispositivos inalámbricos (teléfonos móviles). Esta nueva movilidad de la educación se conoce como *m-learning* [72], [246], el cual es visto como un desarrollo del *eLearning*, en el que las características del mismo son mejoradas y provistas de nuevas dimensiones, promoviendo un incremento en la calidad de la difusión del *eLearning*.

### 2.1.1. Otros términos asociados al *eLearning*

Entender lo qué es y qué no es el *eLearning* puede resultar confuso debido a la gran cantidad de términos que existen para definir la misma cosa. Muchas personas prefieren la palabra aprendizaje a formación y utilizan el término *technology-based learning* (TBL) o “*eLearning*” en lugar de *technology-based training* (TBT). Otros términos comúnmente utilizados son *computer-based training* (CBT), *computer-based learning*, (CBL) *computer-based instruction* (CBI), *computer-based education* (CBE), *web-based training* (WBT), *Internet-based training* (IBT), entre otras. Algunas de ellas pueden verse como subsecciones específicas del *eLearning*, como por ejemplo WBT.

Otra confusión se debe a las definiciones técnicas que difieren de su uso. Es el caso de CBT, CBI y CBL que se utilizan generalmente para hacer referencia a todos los tipos de *eLearning* pero se utilizan generalmente para describir la formación basada en discos. Un término que comience con la palabra “computer” por lo general, pero no siempre, se refiere a tutoriales interactivos que se distribuyen en discos. El término *formación multimedia* se utiliza para describir la formación distribuida a través de CD-Rom.

Por su parte, *browser-based training* (BBT) es un término que se utiliza para describir un curso que requiere un navegador Web para acceder al contenido, pero se puede ejecutar desde un CD-Rom. Este tipo de cursos se llaman híbridos o CD-Roms híbridos.

*Distance learning* o *distance education* son otros términos utilizados frecuentemente y aunque describen muchos tipos de *eLearning* se utilizan para describir *instructor-lead*, *web-based education*, formación corporativa o clases a distancia.

Para complicar un poco más el tema, algunos teóricos dividen el *eLearning* en tres ramas diferentes: *computer aid instruction* (CAI), *computer-managed instruction* (CMI) y *computer supporter learning resources* (CSLR). El primer término abarca la porción de productos de *eLearning* que proporcionan enseñanza como tutoriales, simulaciones y ejercicios. El segundo término se refiere a los productos de *eLearning* que tienen funciones de evaluación, seguimiento y guía de estudio. Finalmente, el tercer término cubre los aspectos del *eLearning* que dan soporte al desempeño, la comunicación y el almacenamiento. Aunque esta clasificación puede ser útil en el campo de la investigación académica y en foros de discusión, para muchos es suficiente con saber que todas ellas se refieren solo a partes del conjunto total representado por el *eLearning*.

### 2.1.2. Ventajas del *eLearning*

El *eLearning* permite superar algunas de las barreras existentes en los sistemas de enseñanza asistida por ordenador. Algunas de ellas son:

- Independencia espacio-temporal.
- Establecimiento de un canal de comunicación alumno-profesor, desapareciendo la relación hasta ahora existente entre enseñanza a distancia y aprendizaje en solitario.
- Seguimiento y tutoría del progreso del alumno a través de los canales de comunicación establecidos.
- Posibilidad de escoger entre gran variedad de materiales, cursos y especialidades, gracias a que el ámbito de actuación de los sistemas de *eLearning* es universal.

Numerosos artículos referentes al *eLearning* [99] sugieren razones por las cuales se debe migrar a los sistemas de *eLearning*. Algunas de ellas son:

- **Factores económicos:** mejor relación costo-beneficio en la producción y desarrollo aprovechando la reutilización de componentes tecnológicos y materiales de aprendizaje.
- **Materiales de aprendizaje disponibles en cualquier momento y lugar:** las organizaciones buscan formas más eficientes para distribuir materiales de aprendizaje a sitios geográficamente dispersos, para que estén disponibles en cualquier momento.
- **Cambios en la naturaleza del trabajo y el movimiento hacia la economía del conocimiento:** la nueva economía se caracteriza por el predominio del mundo de las ideas y del conocimiento.
- **Movimiento del aprendizaje “*just-in-case*” al aprendizaje “*just-in-time*”:** la formación “*just-in-case*” se caracteriza por que el alumno recibe una cantidad de conocimientos, que generalmente no se utilizan, con la idea de que en algún momento le pueden ser de utilidad. Por su parte, la formación “*just-in-time*” permite que el alumno actualice sus conocimientos en el momento que lo necesite, para dar solución a una variedad de problemas.

- **El crecimiento de la tecnología e Internet:** este crecimiento hace de Internet el vehículo ideal para la distribución de educación y experiencias de aprendizaje diseñadas teniendo en cuenta aspectos pedagógicos en su diseño e implementación.

Además, la utilización masiva de Internet implica tener en cuenta aspectos que requieren una solución particular:

- Aumento en la cantidad de información disponible y sistemas software de comunicación para su soporte.
- Mayor heterogeneidad entre sistemas y productos y diversas modalidades de interacción.
- Organización de los procesos de aprendizaje distribuidos en respuesta a la creciente demanda de usuarios geográficamente dispersos.

Pero, Internet no solamente ha afectado el desarrollo de las aplicaciones educativas desde el punto de vista tecnológico sino también desde su perspectiva pedagógica. A diferencia de los paradigmas educativos tradicionales (centrados en el profesor) los actuales paradigmas se enfocan hacia la actividad del estudiante para hacerlo partícipe del proceso de enseñanza-aprendizaje.

De otra parte, hay que tener presente que además de los estudiantes, los profesores y los medios tecnológicos, un componente clave de este proceso lo constituyen los contenidos educativos. Su importancia radica en que es su calidad la que marca la diferencia entre el posible éxito o el fracaso de la experiencia de aprendizaje.

Característica	Sistemas CBT	Sistemas de eLearning
<b>modelo pedagógico</b>	centrado en el profesor	centrado en el alumno
<b>finalidad</b>	distribuir contenidos	distribuir contenidos y capturar conocimiento
<b>tipo de componente educativo</b>	curso completo	trozos de contenido u objetos de aprendizaje
<b>creación de contenido</b>	desde cero	reutilización de contenido
<b>tiempo requerido para el aprendizaje</b>	días, semanas, meses	horas

Tabla 2.1: Comparación entre sistemas CBT y sistemas de *eLearning*

### 2.1.3. Limitaciones del *eLearning*

A pesar de las barreras que con el *eLearning* se pueden superar, aún quedan algunos aspectos por resolver y que representan las principales limitaciones del *eLearning*:

- *Preparación del estudiante*: es necesario un esfuerzo para asegurar que los estudiantes tienen las habilidades y conocimientos técnicos, así como también el acceso al hardware y software necesarios para completar satisfactoriamente el curso basado en las TICs. Tanto la gestión del tiempo y las habilidades metacognitivas están relacionadas con las actitudes y la motivación del estudiante.
- *Preparación del profesor*: al igual que los estudiantes, los profesores deben tener habilidades técnicas, conocimiento y acceso al hardware y software, necesarios en este caso, para facilitar el diseño y desarrollo del curso basado en las TICs. Y deben tener un excelente manejo del tiempo y la motivación para proporcionar asistencia y realimentación al estudiante.
- *Gestión de la información*: a pesar de que se posean unas habilidades técnicas y un manejo del tiempo excepcionales, tanto los profesores como los alumnos requieren de interfaces que reduzcan las cuestiones logísticas y técnicas. El uso de boletines y listas de distribución pueden ayudar a manejar la sobrecarga de información.
- *Equidad*: no todos los usuarios cuentan con las facilidades de acceso a Internet. La tecnología incrementa el vacío entre quienes tienen y quienes no tienen tales posibilidades.
- *Ancho de banda*: aunque las limitaciones de ancho de banda están desapareciendo rápidamente con la llegada de líneas de comunicación super rápidas, unidades de procesamiento central y modems, los sistemas comunes aún no cuentan con el uso de audio y vídeo síncrono y asíncrono.

### 2.1.4. Características de los sistemas de *eLearning*

El análisis de las ventajas y las limitaciones de los sistemas de *eLearning*, permite definir cuáles son las características que deben soportar dichos sistemas:

- **Adaptabilidad:** los recursos de aprendizaje se deben seleccionar y personalizar de acuerdo al perfil del estudiante y las características del contexto en el cual se lleva a cabo el aprendizaje.
- **Actividad:** la actividad o interactividad es importante para hacer los recursos más sensibles, autónomos y proactivos, y para explotar mucho mejor la naturaleza distribuida del aprendizaje electrónico basado en las TICs. Además, refuerza la interacción de los estudiantes con las aplicaciones *eLearning*. Es necesario que esas aplicaciones se aproximen a las características de un tutor o supervisor y que puedan adoptar estrategias motivacionales.
- **Apertura:** ser abierto es un requisito para cualquier tecnología que aspira a extenderse globalmente entre diferentes culturas y lenguajes. La experiencia demuestra que la tecnología no es suficiente para llegar satisfactoriamente a la adopción de nuevas soluciones. Los estándares representan un factor clave para la adopción de las nuevas tecnologías, facilitando la reutilización, especialización y mejorando la calidad de las soluciones.
- **Integración:** es uno de los grandes retos que se espera cubrir mediante la aplicación de estándares y técnicas que permitan integrar contenidos y aplicaciones, para favorecer no solo la interoperabilidad sino también la reutilización.
- **Escalabilidad:** las arquitecturas de los sistemas de *eLearning* deben ser flexibles para adaptarse al crecimiento de los contenidos educativos y dar soporte a nuevos servicios y soluciones sin que esta evolución afecte su funcionalidad.

### 2.1.5. Componentes del *eLearning*

La definición de las características de los sistemas de *eLearning* permiten identificar tres componentes comunes en las diversas configuraciones de dichos sistemas: (a) métodos para la distribución de contenido, (b) herramientas de autor y (c) sistemas para la gestión de aprendizaje. A continuación se explica cada uno de ellos.

## Métodos para la distribución de contenido

El contenido consta de recursos educativos y actividades de aprendizaje. En el aprendizaje convencional, estos recursos están formados por textos, evaluaciones o combinaciones de los dos. En el caso del *eLearning*, los textos pueden estar acompañados por audio o vídeo, pero una ventaja muy importante sobre el aprendizaje convencional, es que permite ajustar y proporcionar el contenido a los estudiantes teniendo en cuenta el nivel de progreso individual. De otra parte, también soporta simulaciones como una forma de evaluar las habilidades en el desempeño de algunas actividades que pueden ser difícil de realizar en la vida real, debido a la manipulación de determinado tipo de materiales de laboratorio. El contenido para la segunda generación del *eLearning* se escribe utilizando HTML o XML y puede ser visualizado utilizando programas navegadores. En cuanto al audio y al vídeo, son distribuidos a través de la red mediante diferentes métodos:

- *Emisión en vivo*: es análogo a la emisión de televisión. Mientras que la emisión de televisión es un proceso en un sentido, el *eLearning* puede ser bidireccional permitiendo a los participantes hacer y responder preguntas, por ejemplo, cuando participan en seminarios o eventos.
- *Vídeo sobre demanda (VoD)*: esta tecnología se está introduciendo a través de la televisión por cable. El sistema permite que un gran número de estudiantes tengan acceso a contenidos de vídeo, en cualquier momento que lo deseen y con la posibilidad de configuración bidireccional.
- *Comunicaciones interactivas*: los sistemas de *eLearning* interactivos toman ventaja de la capacidad bidireccional de la tecnología. Existen dos aproximaciones: la *enseñanza remota* y la *comunidad*. Dentro de la aproximación de *enseñanza remota*, el profesor y el estudiante se encuentran en lugares diferentes interactuando a través de herramientas compartidas. El profesor puede enviar al estudiante mensajes de texto, audio o vídeo. En la aproximación de *comunidad* el profesor es el punto focal de las clases virtuales y es posible establecer discusiones con expertos en temas específicos. Por su parte, los estudiantes pueden interactuar entre ellos mismos. Las sesiones pueden grabarse y los contenidos pueden ser reutilizados.



## Herramientas de autor

Las herramientas de autor son productos software con funciones de edición que permiten crear contenido. La gama de herramientas varía según sus funcionalidades y propósitos:

- Software para convertir documentos, imágenes y caracteres creados con procesadores de texto, hojas de cálculo y software de presentación en contenido *eLearning*.
- Software que permite a las personas sin habilidades de programación crear documentos avanzados, tales como simulaciones.
- Software diseñado para sincronizar materiales de audio y vídeo con el contenido de la presentación.

A parte de las funcionalidades para la creación de contenido, las herramientas de autor se pueden utilizar para añadir funciones para la gestión del aprendizaje que permitan seguir el progreso del alumno.

## Sistemas para la gestión de aprendizaje

Desde la era del CAI, el componente más importante de los sistemas de *eLearning* han sido los sistemas para la gestión de aprendizaje (LMS). Estos sistemas ayudan a manejar y organizar las actividades y competencias del aprendizaje. Las actividades manejadas por un LMS varían de acuerdo al contexto en el que se desarrollen, por ejemplo, seminarios educativos o formación *online* basada en la Web. Desde el punto de vista del usuario final, un LMS representa un medio efectivo para el seguimiento de las habilidades y competencias individuales y permite además, localizar y registrarse en actividades relevantes para mejorar el nivel de las habilidades del estudiante.

Un LMS facilita el acceso, registro, manejo e informe sobre las actividades de aprendizaje y competencias en una organización. En esencia, un LMS está orientado a las competencias, actividades de aprendizaje y la logística relacionada con la distribución de dichas actividades. Un LMS no está enfocado hacia la creación, reutilización, gestión o mejora del contenido en sí mismo.

De otra parte, también ha sido necesario el desarrollo de métodos para la gestión de sistemas de aprendizaje mixtos (*blended learning systems*) los cuales combinan el *eLearning* con la formación tradicional de aprendizaje.

Existen situaciones en las que el mismo contenido se debe manejar de diferente forma de acuerdo al propósito de aprendizaje. Por ejemplo, si se utiliza el mismo curso para formar a empleados a diferentes niveles y formación técnica especializada, los requisitos y el precio serán diferentes en cada caso. Es por esta razón que los sistemas de gestión de contenido de aprendizaje (LCMS) han sido desarrollados independientemente de los LMS.

Los sistemas para la gestión de contenido de aprendizaje (LCMS), en contraste con los LMSs, permiten crear, distribuir, manejar y mejorar el contenido de aprendizaje. Generalmente, el contenido se mantiene en un almacén de contenido centralizado en forma de pequeños objetos auto descritos, que poseen un identificador único, o lo que se conoce como *objetos de aprendizaje*, que son piezas de contenido descritas mediante meta-datos (información acerca de información). Un LCMS puede localizar y distribuir objetos de aprendizaje al usuario final como una unidad individual que satisfaga una necesidad específica o distribuir el objeto de aprendizaje como parte de un curso completo, un plan de estudio o una actividad de aprendizaje definida dentro de un LMS.

La información referente a las interacciones del usuario con el objeto de aprendizaje es utilizada por el LCMS de dos formas. Por una parte, para distribuir experiencias de aprendizaje personalizadas y por otra, para proporcionar a los autores (creadores, diseñadores) informes que faciliten el análisis de la claridad, relevancia y eficiencia del contenido y cuyos resultados se tendrán en cuenta para futuras mejoras del mismo.

Algunos productos de LCMS van más allá favoreciendo la colaboración y paradigmas para el intercambio de conocimiento en el contexto de los objetos de aprendizaje. Además potencian la colaboración entre usuarios y con los expertos en las materias sobre objetos de aprendizaje específicos. Estos intercambios de conocimiento se capturan, archivan y se ponen a disposición de los futuros usuarios para ampliar y complementar el conocimiento encapsulado en ese objeto de aprendizaje.

Un LCMS está orientado a tareas de creación, reutilización, localización, distribución, gestión y mejora del contenido. No se ocupa de funcionalidades administrativas o del manejo de actividades de aprendizaje o de la logística de esas actividades.

## **Puntos de confluencia entre los LMSs y LCMSs**

Aunque los LMSs y los LCMSs difieren fundamentalmente en sus enfoques, poseen aspectos complementarios en aras de alcanzar el mismo objetivo de alto nivel: acelerar la transferencia de conocimiento. Para tal fin, comparten una

causa común en tres áreas:

- **Contenido:** el contenido es el ingrediente clave que es manejado tanto por los LMSs como por los LCMSs. Los LMSs manejan, prescriben y realizan el seguimiento de los cursos *online*, que generalmente están compuestos por objetos de aprendizaje que han sido creados y definidos en el LCMS. Tanto el LMS como el LCMS supervisan la distribución de contenido pero a diferentes niveles de granularidad. Un LMS realiza el seguimiento de los diferentes niveles del curso, supervisando el estado de completitud y las puntuaciones obtenidas por el estudiante. En contraste, un LCMS realiza un seguimiento detallado a nivel de objeto de aprendizaje, no solo para trazar el rendimiento y las interacciones a un nivel de granularidad más fino, sino para proporcionar las métricas que ayuden a los autores a analizar la claridad, relevancia y efectividad del objeto de aprendizaje.
- **Usuarios:** Los usuarios desempeñan un papel central en los LMSs y los LCMSs. Independientemente de si el recurso es un objeto de aprendizaje, un curso *online*, o alguna forma de actividad de aprendizaje, el objetivo común en ambos sistemas es distribuir los recursos de aprendizaje al usuario de la forma más efectiva posible. En los LMSs se mantiene el perfil de cada usuario incluyendo su perfil laboral, preferencias, competencias, niveles de habilidad, participación en actividades de aprendizaje, entre otros. Los usuarios generalmente utilizan los LMSs para manejar su estado de competencia, analizar sus habilidades y registrarse en actividades de aprendizaje que les permitan reducir la diferencia de sus habilidades frente al conocimiento y las habilidades que aspiran a adquirir.

Un LCMS se ocupa de distribuir a los usuarios experiencias de aprendizaje personalizadas, proporcionándoles el contenido suficiente y adecuado a sus necesidades individuales. Estas experiencias de aprendizaje pueden reforzarse mediante la personalización del contenido (basada en el perfil del usuario) o a través de capacidades de colaboración e intercambio de conocimiento al rededor del contenido. La diferencia fundamental es que el LCMS aprovecha toda la información disponible acerca del usuario para ofrecer una experiencia personalizada cuando distribuya un objeto de aprendizaje, mientras que el LMS mantiene la información acerca del perfil del usuario y los deja disponible para que el LCMS distribuya una experiencia de aprendizaje personalizada.

- **Administración:** Los LMSs y los LCMSs comparten diversos intereses administrativos respecto a los contenidos como a los usuarios. Un

LMS ofrece administración detallada de los usuarios incluyendo sus perfiles, competencias, roles y propiedades administrativas, pero solo a alto nivel de administración y seguimiento. Por su parte, un LCMS ofrece una administración extensa del contenido a niveles finos de granularidad. Además, los LCMSs prestan más atención a las interacciones entre el usuario y el contenido que a la administración de los usuarios en sí misma. Existen productos pertenecientes a ambos tipos de sistemas que incorporan características administrativas para la gestión de usuarios y de contenido. Son los clientes quienes deben decidir su interés administrativo a través de un LMS y un LCMS y asegurar que el flujo de los procesos administrativos sea consistente entre los dos sistemas.

La porción resaltada en la figura<sup>2</sup> 2.1. describe la relación de la integración entre los dos sistemas LMS y LCMS en un entorno de *eLearning*.

---

<sup>2</sup>fuentes IDC, 2001

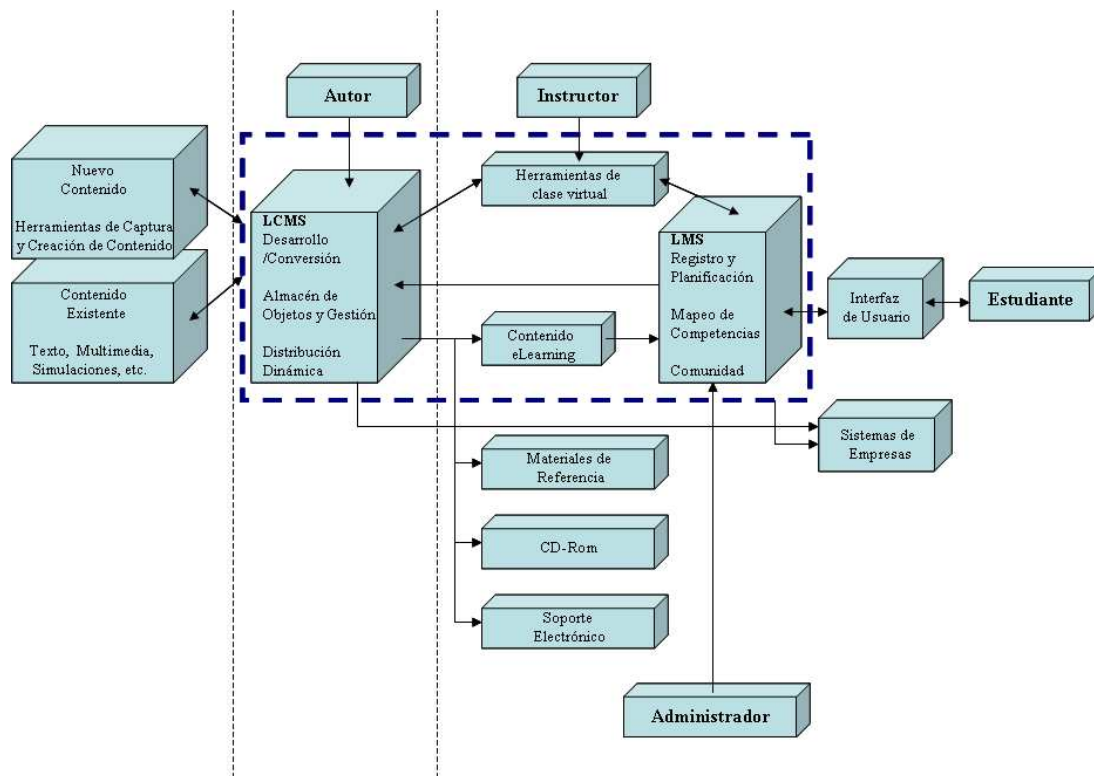


Figura 2.1: Integración de los sistemas LMS y LCMS en el ecosistema del aprendizaje

### Almacén de contenido común

Los productos LMS y LCMS provenientes del mismo fabricante pueden tener un almacén de contenido común. Esta característica ofrece ciertos beneficios:

- El contenido del almacén está en una situación única, que garantiza la uniformidad de su administración y mantenimiento.
- Se elimina el esfuerzo extra para asegurar la consistencia del contenido y su integridad a través de los dos sistemas.
- Un almacén de contenido único hace posible la identificación y el acceso de los objetos de aprendizaje a través de los dos sistemas basándose en un espacio de nombres común. Esto permite que el autor de un objeto

de aprendizaje defina los requisitos en términos de otros objetos de aprendizaje en el LCMS sin preguntar si el LMS reconoce esos requisitos.

- Con almacenes de contenido separados, aunque el espacio de nombres que identifica a los objetos de aprendizaje es de alguna forma estandarizado a través de los dos sistemas, el cliente debe asegurar que todos los requisitos definidos para el objeto de aprendizaje en el LCMS están publicados en el almacén del LMS, para que el LMS apruebe satisfactoriamente esas especificaciones de requisitos. Un almacén de contenido compartido entre los dos sistemas elimina completamente este problema.
- Los almacenes de contenido común hacen posible que los autores actualicen los objetos de aprendizaje en el LCMS una vez. Todos los usos del objeto de aprendizaje adoptan automáticamente la versión actualizada del almacén común. Esta característica es importante para sistemas en los que el contenido requiere de actualizaciones frecuentes.

La granularidad del seguimiento en los LCMSs ayuda a que los propietarios del contenido perciban la claridad y efectividad de sus objetos de aprendizaje. La correlación de estos datos y el perfil de usuario, el rol, las competencias y los niveles de habilidad disponibles en los LMSs proporcionan una percepción valiosa sobre los tipos de usuarios para los que el contenido es efectivo, o aquellos que tienen dificultades con el mismo.

De otra parte, la correlación de estos datos con las actividades de aprendizaje y los planes de estudio en los LMSs que incluyen los objetos de aprendizaje pueden revelar en qué parte deben incluirse los objetos de aprendizaje en el futuro y ayudar a refinar sus requisitos. Este análisis también puede revelar las dependencias de los requisitos de los objetos de aprendizaje respecto a las características de la audiencia.

A modo de síntesis, la tabla 2.2 resume las características más relevantes de los sistemas LMS y LCMS, proporcionando una comparativa entre estos dos tipos de sistemas de *eLearning*.

Característica	LMS	LCMS
Usuarios a los que va dirigido	Instructores, administradores de formación	Desarrolladores de contenido, diseñadores instruccionales, directores de proyectos
Proporcionan gestión para	Estudiantes	Contenido de aprendizaje
Manejo de clases, formación centrada en el profesor	Si (pero no siempre)	No
Informe del rendimiento de los resultados de la formación	Principal enfoque	Enfoque secundario
Colaboración entre estudiantes	Si	Si
Almacenamiento de los datos del perfil del estudiante	Si	No
Comparte datos del estudiante con un sistema ERP ( <i>Enterprise Requirement Planning</i> )	Si	No
Calendario de eventos	Si	No
Análisis de competencias-habilidades	Si	Si (en algunos casos)
Capacidades para la creación de contenidos	No	Si
Organización del contenido reutilizable	No	Si
Creación de preguntas y test de administración	Si (la mayoría de los LMS tiene esta capacidad)	Si (la gran mayoría de las herramientas lo tienen)
Evaluación dinámica y aprendizaje adaptativo	No	Si
Herramientas <i>workflow</i> para la gestión de procesos de desarrollo de contenidos	No	Si
Distribución de contenido, control de navegación e interfaz de estudiante	No	Si

Tabla 2.2: Resumen comparativo de los sistemas de *eLearning*

Continuando con la descripción del contexto de la tecnología de objetos de aprendizaje, es imprescindible hacer referencia a un concepto que asociado a los objetos de aprendizaje proporciona una completa descripción de los mismos. Dicho concepto se denomina meta-dato.

## 2.2. Tecnología de Meta-datos

En esta sección se hace referencia a la utilización de los meta-datos en los procesos de descubrimiento y acceso a los recursos de aprendizaje. El tema se aborda a partir de la definición de meta-dato, para seguir después con la descripción de las principales organizaciones y sus iniciativas al rededor de ésta tecnología. Para terminar, se describen los diferentes tipos de meta-datos y los aspectos que confirman la necesidad de su utilización en la creación de contenido Web.

### 2.2.1. Introducción

Un meta-dato es un dato estructurado que describe las características de un recurso [75], es decir la información acerca del objeto de aprendizaje al que identifica. En un modelo de información estructurada, un meta-dato es parte del modelo, parte de la estructura (DTD) que es completada con el contenido para formar un fichero válido. Un meta-dato también puede considerarse como una pieza de información que está unida al núcleo del contenido. Un conjunto de meta-datos robusto debe tener información perteneciente a áreas como el ciclo de vida del objeto, los requisitos técnicos, las especificaciones educativas, los derechos de autor y la clasificación, etc. [26]. Cuando se realiza una búsqueda de objetos de aprendizaje en un almacén, es la información contenida en dichos objetos la que se busca. Estas operaciones de descubrimiento y acceso requieren una descripción cuanto más estandarizada y es precisamente lo que los estándares de meta-datos proporcionan.

### 2.2.2. Estandarización

El concepto de meta-datos para identificar recursos en Internet se gestó a mediados de 1990 y fue formalizado en una reunión en Dublin-Ohio, lo que dio comienzo a la *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI) [45]. Más tarde, a finales del mismo año, comenzaron a formarse consorcios que después se interesaron en resolver problemas prácticos relacionados con la clasificación y recuperación de material (*Alliance for Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE) [7], *Warwick Framework* [228]), la creación de contenido basado en requisitos de aprendizaje individuales (*Learning Architecture, Learning Objects* (LALO) [117]), la organización y accesibilidad de recursos de aprendizaje (*Gateway to Educational Materials* (GEM) [81]), la interoperabilidad de los objetos de aprendizaje (*Education Network Australia* (EdNa) [68]) o el desarrollo de estándares, especificaciones y herramientas (*Global Learning Consortium Inc.* (IMS) [105]), *Learning Technology Standards Committee* (LTSC) [104]), *Advanced Distributed Learning-Sharable Content Object Reference Model* (ADL-SCORM)[197]). Otras iniciativas (*Canadian Core Learning Object Metadata Application Profile* (CanCore) [25]), han desarrollado perfiles de aplicación de meta-datos basadas y completamente compatibles con en el estándar de meta-datos LOM y la especificación para meta-datos del IMS.

Aunque existe un gran número de organizaciones involucradas en el proceso



de estandarización, en la figura<sup>3</sup> 2.2 solo se muestra las organizaciones más estables y activas en el proceso de estandarización de la tecnología educativa.

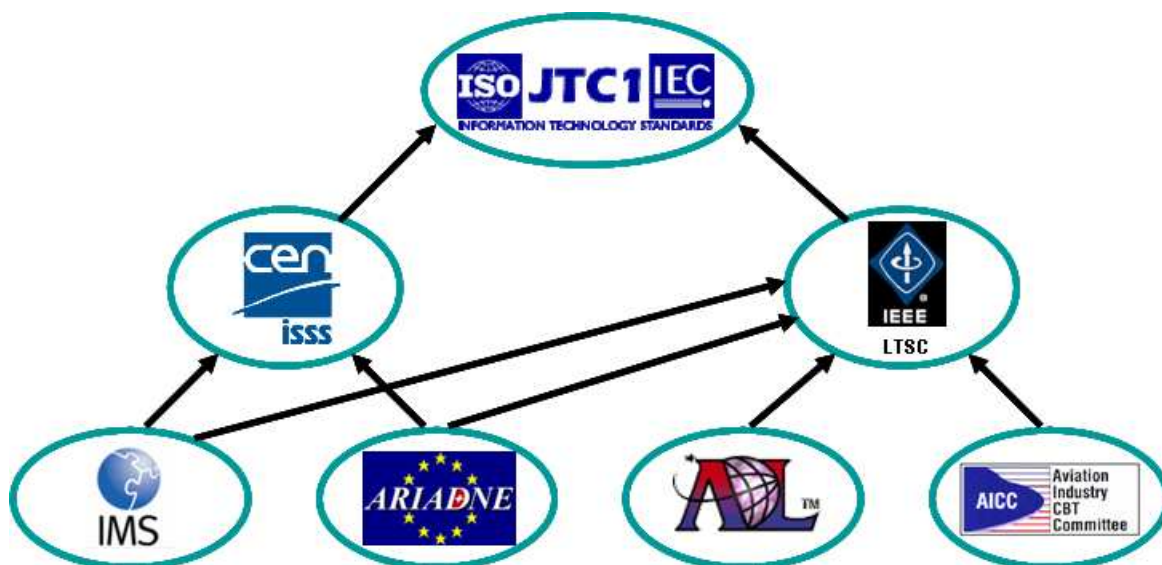


Figura 2.2: Proceso de estandarización de la tecnología educativa

Las especificaciones producidas por los consorcios como AICC, IMS y ARIADNE se basan en un proceso interno, en el que se verifican las necesidades y los requisitos de los miembros de la organización. Pero estas especificaciones no son estándares, por lo que no es requisito que tengan en cuenta las necesidades del dominio de aprendizaje en su totalidad.

Por su parte, organizaciones como el IEEE, CEN/ISS WSLT e ISO/IEC JTC1 SC36, tienen la obligación explícita de cubrir todos los requisitos y necesidades del dominio completo y mantener un proceso de estandarización abierto. Por este motivo, los borradores de los estándares se hacen públicos a través de todo el proceso, permitiendo que la comunidad participe en el desarrollo del estándar.

La parte más compleja de este proceso es lograr una validación por parte del usuario final. Por ello es tan importante que los consorcios desarrollen herramientas y guías que faciliten a sus miembros la experimentación y validación de las especificaciones que ellos producen.

La literatura ofrece una variedad de artículos en relación con la estandarización de la tecnología educativa. En *A Step ahead in E-learning Standardi-*

<sup>3</sup>fuentes: *Learning Technology Standardization: Making Sense of it All* [57]

zation: *Building Learning Systems from Reusable and Interoperable Software Components* [5], Anido et al., abordan el problema de la interoperabilidad como consecuencia de la proliferación de sistemas de aprendizaje. Realizan un análisis de los diferentes niveles de estandarización y las principales contribuciones en cada uno de ellos por parte de importantes consorcios. Y para contribuir al proceso de estandarización, proponen una arquitectura de servicios, basada en CORBA, para la construcción de sistemas de aprendizaje interoperables.

En *Learning Technology Standardization: Making Sense of it All* [57], Duval proporciona una taxonomía de los estándares y especificaciones más ampliamente adoptados en el dominio de la tecnología educativa y el profundo impacto que sobre ella producen.

Pero también existen sitios Web que ofrecen una amplia información a través de sus enlaces. Es el caso de CETIS (*The Centre for Educational Technology Interoperability Standards* [33]), centrado en la interoperabilidad entre estándares para tecnología educativa. Este sitio Web ofrece información acerca de los distintos grupos de trabajo interesados en temas como los meta-datos, la accesibilidad, entre otros. También ofrece una amplia colección de artículos dirigidos no solo a los educadores, sino también a los desarrolladores, manejadores y miembros de la comunidad educativa. Hay enlaces a foros de discusión, un directorio de productos, resúmenes de las especificaciones y estándares más recientes, calendario de eventos, etc. Es un sitio ideal para quienes se inician en el campo de la tecnología educativa y para quienes desean estar actualizados en el tema.

Otro sitio interesante es el *Technical Standards for learning education and training* [214], que en colaboración con EdNA desarrolla actividades sobre estándares técnicos para las TIC en el aprendizaje, la educación y la formación. Dichas actividades son coordinadas por el AICTEC, que formalmente es el *EdNA Reference Committee* (ERC).

La tabla 2.3 muestra un resumen de las áreas de estandarización en el campo del *eLearning* para las cuales se han desarrollado estándares <sup>4</sup> y especificaciones y los consorcios involucrados.

---

<sup>4</sup>Aparecen marcados en la tabla con un \*

Áreas	A <sup>5</sup>	B <sup>6</sup>	C <sup>7</sup>	D <sup>8</sup>	E <sup>9</sup>	F <sup>10</sup>	G <sup>11</sup>	H <sup>12</sup>	I <sup>13</sup>	J <sup>14</sup>	K <sup>15</sup>	L <sup>16</sup>	M <sup>17</sup>	N <sup>18</sup>	O <sup>19</sup>	P <sup>20</sup>	
Meta-datos	Si	-	-	-	Si	Si	Si	Si*	-	-	-	-	-	-	-	-	
Clasificación de contenido	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Empaquetado de contenido	-	Si	Si	-	Si	-	Si	Si	-	Si	-	-	-	-	-	-	
Secuenciación de contenido	-	-	-	-	Si	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	
Entornos de ejecución de contenido	-	Si	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Empresas	-	-	-	-	Si	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	
Información del estudiante	-	-	-	-	Si	-	Si	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	
Evaluación	-	-	-	-	Si	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Requisitos de Usuario	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Accesibilidad	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	
Competencias	-	-	-	-	Si	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	
Almacenes digitales	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Recuperación de contenido	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Reutilización de contenido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	
Mensajes y servicios Web	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	
Perfiles	-	-	-	-	-	Si <sup>21</sup>	-	Si <sup>22</sup>	-	-	-	Si <sup>23</sup>	-	-	-	-	
Diseño de aprendizaje	-	-	-	-	Si	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arquitecturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	Si	Si	Si

<sup>5</sup>DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) [45]

<sup>6</sup>AICC (The Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee) [3]

<sup>7</sup>LALO (Learning Architectures Learning Objects) [117]

<sup>8</sup>Warwick Framework [228]

<sup>9</sup>IMS (Instructional Management Systems) [105]

<sup>10</sup>ARIADNE [7]

<sup>11</sup>ADL-SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [197]

<sup>12</sup>IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) [104]

<sup>13</sup>ISO (International Organization for Standardization) [113]

<sup>14</sup>RLO (Reusable Learning Object Strategy)[185]

<sup>15</sup>W3C (World Wide Web Consortium) [247]

<sup>16</sup>CanCore (Canadian Core Learning Object Metadata Application Profile) [25]

<sup>17</sup>Gestalt (Getting Educational Systems Talking Across Leading-Edge Technologies) [84]

<sup>18</sup>SIF (Schools Interoperability Framework) [204]

<sup>19</sup>OKI (Open Knowledge Initiative [161]

<sup>20</sup>LSAL (Learning Systems Architecture Lab) [128]

<sup>21</sup>meta-datos (IEEE).

<sup>22</sup>Meta-datos (IEEE); Empaquetado y secuenciación de contenido (IMS), Entornos de ejecución (AICC).

<sup>23</sup>Meta-datos compatibles el con estándar LOM y la especificación para meta-datos IMS.

Tabla 2.3: Áreas de estandarización en el campo del *eLearning* y consorcios involucrados

Cabe aclarar que la tecnología de meta-datos no es solo aplicable en el contexto de la educación. Existen otras áreas en las se ha extendido su utilización. La tabla 2.4 muestra un resumen de dichas áreas y los entes que trabajan en ellas.

Entes	Descrip. bibliográfica	Imagen	Datos Geoespaciales	Descrip. conjuntos	Comercio electrónico	Derechos autor	Datos numéricos	Medios especiales	Preserva. datos	Periodismo
A <sup>24</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sup>25</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>26</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sup>27</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sup>28</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F <sup>29</sup>	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G <sup>30</sup>	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-
H <sup>31</sup>	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-
I <sup>32</sup>	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-
J <sup>33</sup>	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-
K <sup>34</sup>	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-
L <sup>35</sup>	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-
M <sup>36</sup>	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-
N <sup>37</sup>	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-
O <sup>38</sup>	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-
P <sup>39</sup>	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-
Q <sup>40</sup>	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-

<sup>24</sup>MARC (Machine Readable Cataloging) [132]

<sup>25</sup>DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) [45]

<sup>26</sup>GILS (Government Information Locator Service) [87]

<sup>27</sup>RFC (Format for Bibliographic Records) [182]

<sup>28</sup>TEI Headers (Text Encoding Initiative) [215]

<sup>29</sup>PICS (Platform for Internet Content Selection) [169]

<sup>30</sup>CDWA (Categories for the Description of Works of Art) [30]

<sup>31</sup>CIMI (Consortium for the Computer Interchange of Museum Information) [36]

<sup>32</sup>VRA (Visual Resources Association Data Standards Committee) [225]

<sup>33</sup>NISO (Data Dictionary for Technical Metadata for Digital Still Images) [156]

<sup>34</sup>OBJECT ID [159]

<sup>35</sup>CSDGM (Content Standards for Digital Geospatial Metadata) [40]

<sup>36</sup>EAD (Encoded Archival Description) [64]

<sup>37</sup>Z39.50 (Profile for Access to Digital Collection) [253]

<sup>38</sup>The INDEXS project [107]

<sup>39</sup>Rights Metadata (Book Industry Communication) [16]

<sup>40</sup>DOI (Digital Object Identifier) [53]

R <sup>41</sup>	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-	-
S <sup>42</sup>	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-	-
T <sup>43</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-
U <sup>44</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-
V <sup>45</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-	-
W <sup>46</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-
X <sup>47</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-
Y <sup>48</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	-
Z <sup>49</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si

Tabla 2.4: Iniciativas para el desarrollo de meta-datos en diversos campos

Establecer el conjunto de meta-datos a utilizar para los objetos de aprendizaje exige tener claridad respecto a qué elementos del estándar (o de la especificación) se van a utilizar (algunos elementos son opcionales), y establecer un balance entre la cantidad de información útil a contener y el tiempo y esfuerzo requeridos para introducir y mantener dicha información.

En la siguiente sección se describen los tipos de meta-datos y puntos clave de su aplicación.

### 2.2.3. Tipos de meta-datos

Cuando se aplica fuera de un almacén de recursos, el término meta-dato adquiere dimensiones más amplias. Por ejemplo, un proveedor de recursos lo utiliza para referirse a información codificada entre etiquetas HTML, que tienen como propósito facilitar la localización de dicho recurso en Internet. Un archivador de registros electrónicos puede utilizarlo para referirse a todo el procesamiento, el contexto y la información necesaria para identificar la autenticidad de un documento, la integridad de un archivo, etc. En cada una de las diferentes interpretaciones, los meta-datos no solamente identifican y describen al recurso, sino que además proporcionan datos acerca de su funcionalidad, su relación con otros recursos y la forma en la que debe ser manejado. Todos estos

<sup>41</sup>ICPSR (Data Documentation Initiative) [102]

<sup>42</sup>SDSM (Standard for Survey Design and Statistical Methodology Metadata) [200]

<sup>43</sup>Estándar ISO/IEC desarrollado por MPEG (Moving Picture Experts Group) [147]

<sup>44</sup>Public Broadcasting Metadata Initiative [168]

<sup>45</sup>SMEF (Standard Media Exchange Framework) [207]

<sup>46</sup>Preservation Metadata for Digital Objects: A Review of the State of the Art [171]

<sup>47</sup>CEDARS Preservation Metadata Elements [31]

<sup>48</sup>Networked European Deposit Library [153]

<sup>49</sup>PRISM (Publishing Requirements for Industry Standard Metadata) [172]

aspectos son importantes en el desarrollo de redes de sistemas de información digital y dada las variadas concepciones respecto a los meta-datos, resulta de utilidad distinguir entre los diferentes tipos. Cada tipo de meta-datos refleja aspectos clave de la funcionalidad de los mismos. La tabla 2.5, define cada uno de ellos y proporciona algunos ejemplos de su funcionalidad dentro de un sistema de información digital.

Tipo	Definición	Ejemplo
Descriptivos	Describen un recurso para propósitos tales como el descubrimiento, la identificación y el acceso. Esto incluye, por ejemplo, elementos como el título, el autor, un resumen y palabras clave. También suelen ser útiles en la evaluación de recursos.	Clasificación de registros, clasificaciones especializadas, relaciones de hiperenlaces entre recursos, anotaciones realizadas por los usuarios.
Estructurales	Se utilizan para navegar a través de un objeto. Incluyen información acerca de la organización interna del objeto. Indican como componerlos, por ello, son útiles en la secuenciación de contenido.	Datos que permitan enlazar texto codificado, imágenes embebidas, archivos de audio o vídeo, o cualquier otro recurso cuya propia estructura esté compuesta por parte complejas.
Administrativos	Proporcionan información útil para el administrador de los recursos, tal como la fecha cuando fueron creados, detalles técnicos y de acceso. Dentro de este tipo de meta-datos se encuentran una variedad de clasificaciones para datos administrativos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Gestión de derechos</i>: que por lo general se relacionan con los derechos de propiedad intelectual.</li> <li>▪ <i>Preservación de recursos</i>: contienen la información necesaria para archivar y preservar un recurso.</li> </ul>	Adquisición de información, documentación de requisitos para acceso legal, información de la ubicación, criterios de selección para la digitalización, control de versiones y diferenciación entre recursos similares.

Tabla 2.5: Tipos de meta-datos

Algunos autores [88], incluyen dentro de ésta tipología los meta-datos *técnicos*: que proporcionan información sobre el funcionamiento de los sistemas o el comportamiento propio de los meta-datos (por ejemplo: documentación hardware y software, autenticación y seguridad de datos, encriptación, etc.) y los meta-datos de *uso*: que describen el nivel y tipo de uso que se hace de los recursos (por ejemplo: control de versiones, reutilización del contenido).

Independientemente de las razones particulares por las cuales son utilizados, todos los tipos de meta-datos tienen en común la gestión física e intelectual de los recursos, con el fin de asegurar el acceso a ellos, tanto en el presente como a largo plazo.

El desarrollo de las redes de sistemas de información digital y el propio *World Wide Web*, ofrecen a los profesionales de la información nuevas oportunidades que anteriormente no habían sido exploradas. La conformidad de los meta-datos con las especificaciones y estándares internacionales, representan la herramienta que les permite explorar dichas oportunidades y crear nuevas direcciones. La siguiente sección enfatiza en la importancia de los meta-datos en la definición de esas nuevas direcciones dentro de los sistemas de información digital.

#### **2.2.4. Importancia de los meta-datos**

La mayoría de los usuarios probablemente asocian el concepto de meta-dato con recursos digitales. Pero en realidad los profesionales de la información los han utilizado desde hace muchos años y sin embargo su incorporación a los sistemas de información digital es más o menos reciente. Cabe señalar que su papel no es solamente representar la descripción de un recurso, sino hacer referencia al contexto, la gestión, la preservación y la utilización del recurso que están describiendo.

En cuanto a la generación de los meta-datos, estos pueden venir de diversas fuentes, siendo creados por personas, generados automáticamente o inferidos a través de las relaciones con otros recursos. Finalmente, su relación con el recurso digital lo convierte en partícipe de su ciclo de vida, pues es creado, modificado y a veces transferido.

No obstante, la principal función de los meta-datos es mejorar los procesos de gestión y recuperación de la información, lo que los convierte además en puntos focales para la compartición de datos. Así, lo anteriormente expuesto permite destacar la importancia de los meta-datos en aspectos como:

#### **Descubrimiento de recursos**

Al igual que en la clasificación de recursos, los meta-datos son útiles en el descubrimiento de los mismos porque: permiten encontrar los recursos a través de un criterio relevante, facilitan su identificación, agrupan aquellos recursos que comparten características similares, distinguen recursos diferentes y proporcionan información acerca de la ubicación de los mismo.

## **Incremento de la accesibilidad**

La descripción correcta de los recursos mediante meta-datos aumenta la posibilidad de acceder a ellos [88], favoreciendo la recuperación de la información. A pesar de que los estándares de meta-datos son desarrollados por organizaciones diferentes, estas incorporan en sus desarrollos elementos comunes, lo cual facilita a los usuarios la negociación a través de los sistemas de información. De este modo, el mapeo entre sistemas heterogéneos hace posible la consulta a través de bases de datos que utilicen diferentes esquemas de meta-datos para describir sus recursos.

## **Retención del contexto**

Los meta-datos desempeñan un importante papel en la documentación y mantenimiento de las relaciones entre los recursos digitales, haciendo referencia por tanto a la autenticidad estructural, la integridad procedimental y al grado de completitud de la información. Así por ejemplo, al documentar el contenido, el contexto y la estructura del fichero de un registro de meta-datos, es posible distinguir dicho registro respecto a información descontextualizada.

## **Organización de recursos digitales**

Debido al crecimiento exponencial de los recursos basados en la Web, se ha incrementado el uso de portales que contienen enlaces a recursos organizados de acuerdo a los tipos de audiencias o temas. Estas listas se construyen como páginas HTML estáticas que hacen referencia a los nombres y la ubicación de dichos recursos. Sin embargo, una forma más eficiente de construir ese tipo de páginas dinámicamente es mediante meta-datos almacenados en bases de datos. Para realizar este proceso de forma automática se utilizan herramientas software que permiten extraer y reformatear la información.

## **Disminución del tráfico en la Red**

Hacer búsquedas a través de índices que contengan la representación de un recurso y no el recurso en sí, no requiere mucho ancho de banda. Tampoco lo requiere el proceso de generación de dichos índices. [162].



## Interoperabilidad

La utilización de meta-datos para la descripción de recursos, hace posible que tal descripción pueda ser entendida tanto por los humanos como por las máquinas, promoviendo así la interoperabilidad. Esto significa que múltiples sistemas con diferentes tipos de plataformas hardware y software, estructuras de datos e interfaces, son capaces de intercambiar datos (idealmente) con una mínima pérdida de contenidos y funcionalidad.

## Identificación digital

Por lo general, los esquemas de meta-datos incluyen elementos como números para identificar el recurso al cual hace referencia el meta-dato. La ubicación de un recurso digital puede darse también utilizando el nombre de un archivo, una URL (*Uniform Resource Locator*) o algún otro tipo de identificador persistente DOI (*Digital Object Identifier*) [53], PURL (*Persistent URL*) [176]. Debido a que la ubicación de los recursos cambia frecuentemente, es preferible utilizar identificadores persistentes en lugar de URLs.

## Uso extendido

Los sistemas de información digital hacen posible la distribución de diferentes versiones de un único recurso. De esta forma, distintos usuarios al rededor del mundo, pueden acceder a esos recursos que antes por motivos económicos, geográficos o de otro tipo no habían tenido la oportunidad (por ejemplo, las pinturas de un museo virtual). Internet ha facilitado la creación de comunidades de usuarios con necesidades y formas diferentes de utilizar los recursos. Los meta-datos permiten documentar usos diferentes de los sistemas y sus contenidos y si están bien estructurados, los meta-datos permiten diferentes formas para buscar información, presentar los resultados de dicha búsqueda e incluso manipular los recursos sin comprometer la integridad de la información que contienen.

## Almacenamiento y preservación

La utilización de los meta-datos, junto a los vocabularios controlados, favorecen la precisión en la búsqueda de recursos a través de Internet. Esto se debe principalmente a que la búsqueda es un proceso de comparación (*matching*) entre términos [142]. Y dado que la información digital puede cambiar

debido a diferentes factores, entre ellos la evolución de la propia tecnología, los meta-datos constituyen un medio que permite asegurar la supervivencia, continuidad y accesibilidad de los recursos digitales. Para preservarlos es necesario contar con elementos especiales que: guarden un histórico de los cambios que han sufrido a lo largo del tiempo, proporcionen sus características físicas y documenten su comportamiento para emularlo con futuras tecnologías. En este sentido, existen iniciativas basadas o compatibles con el *ISO Reference Model for an Open Archival Information System* (OAIS) [112].

### 2.2.5. Recursos de Meta-datos

Internet ofrece una variedad de recursos relativos a los meta-datos, algunos de ellos se describen en esta sección.

El *Getty Research Institute. Introduction to Metadata: Pathways to Digital Information* [85], proporciona artículos e información básica sobre los meta-datos. También incluye un glosario y enlaces a los llamados *metadata cross-walks standards* que son bases de datos que referencian o comparan elementos de un estándar con los elementos de otro estándar.

Un sitio que proporciona muy buena información acerca de meta-datos, enfocada hacia los dominios audiovisual, cultural, educativo y de publicación, es el *Schemas: Forum for Metadata Schema Implementers* [199]. Cada dominio es analizado respecto a su situación actual, proyectos y trabajo futuro.

Un artículo que sirve como punto de partida para identificar los desarrollos históricos y requisitos comunes de los meta-datos, en busca de la armonización de sus respectivos modelos conceptuales es *A Common Model to Support Interoperable Metadata* [14].

Otro artículo muy citado es *Media Principles and Practicalities* [55], en él se identifican los principios de los meta-datos, mostrando además similitudes entre las iniciativas de DCMI y LOM.

La Universidad de Montreal ofrece un sitio llamado *MetaMap* [140] que a través de un grafo pedagógico en forma de mapa de metro, ayuda a comprender los conceptos relacionados con los estándares de meta-datos y las distintas iniciativas en ésta área.

Por su parte, la Universidad de Toronto trabaja en el proyecto *Modeling a Metalevel Ontology* [145], para el desarrollo de un esquema metanivel que permita a los usuarios navegar y probar prototipos, con los que se intenta establecer un puente entre la sintaxis entendible por los humanos y la sintaxis

entendible por las máquinas.

A nivel internacional, el desarrollo de iniciativas y arquitecturas para meta-datos es abundante. Así por ejemplo, la *Open Archives Initiative* [158] proporciona documentos y guías para la implementación de un protocolo para la recolección de meta-datos. Otras iniciativas pueden consultarse en *Metadata Resource Guide* [108].

Si lo que se busca son herramientas para meta-datos, en el sitio Web de *Dublin Core Initiative* se encuentran plantillas, herramientas de conversión y otro tipo de software como motores de búsqueda de meta-datos.

La UNESCO (*United Nations Education, Scientific and Cultural Organization* [221]), es un tesoro basado en temas que permite enlaces jerárquicos y asociativos entre términos. Hay versiones en Inglés, Francés y Español.

Y para obtener información actualizada, en *UKOLN Metadata* [223], se encuentra una lista de enlaces con información referente a meta-datos. Así mismo, la Universidad de Stanford ofrece información general sobre meta-datos, en la que sobresale un enlace a la *Metadata Bibliography* [109], generada en tiempo real, y enlaces de mapeo entre esquemas de meta-datos. Otros enlaces de interés son: *Colorado Digitalization Program* [38], IFLANET (*International Federation of Library Associations and Institutions*) [103], *Metadata Standards Directory* [139] y el *Minnesota State Archives* [143], en los que se encuentra información sobre estándares, proyectos, mapeo entre formatos de meta-datos, eventos y diversos tipos de herramientas.

Además, otra forma de estar actualizado es a través de las *listserver* ofrecidas por distintas organizaciones, como por ejemplo la *Mailing List* de Dublin Core, el EAD (*Encoded Archival Description*) [64] o las listas de discusión del LTSC, entre otras.

Para concluir el análisis del estado de la cuestión, en la siguiente sección, se aborda el tema de la tecnología de objetos de aprendizaje, la cual constituye la base del trabajo de investigación realizado y presentado en esta memoria.

## 2.3. Tecnología de Objetos de Aprendizaje

En las secciones anteriores se ha puesto de manifiesto el impacto de la revolución digital en diversas áreas de las TICs, el cual ha favorecido el desarrollo de múltiples recursos basados en la Web. Y aunque las tendencias pedagógicas actuales demandan libertad en la selección de dichos recursos, la capacidad individual de los usuarios se ve limitada por la falta de tiempo para ver todos

los recursos ofrecidos.

Esta situación plantea un problema digital, por lo tanto la solución que requiere debe ser de la misma naturaleza. Es por ello que el concepto de objetos de aprendizaje aparece como una alternativa para dar solución a éste y otros problemas relacionados, ofreciendo algunas ideas para distribuir más efectivamente dichos recursos y favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje.

### 2.3.1. ¿Qué son los objetos de aprendizaje?

En un primer acercamiento a la tecnología de objetos de aprendizaje, realizamos un estudio del estado de la cuestión que sintetizamos en el artículo *Introducción a los objetos de aprendizaje* [193]. Este artículo nos proporcionó conceptos interesantes en relación con esta tecnología. Sin embargo, una nueva revisión de la literatura pone de manifiesto que no se ha llegado a un acuerdo respecto al concepto de qué es un objeto de aprendizaje.

Por ello y para intentar dar respuesta a la pregunta sobre ¿qué son los objetos de aprendizaje? se ha realizado una selección de aquellos artículos que como *Learning Objects* [59] de Downes, la plantean. La idea principal es que “no hay consenso en la definición de objetos de aprendizaje, cuya idea básica permite una amplia latitud de interpretaciones. Los objetos de aprendizaje están orientados al soporte del aprendizaje *online*. Se crean una sola vez y se pueden utilizar muchas veces más. Dado que se distribuyen *online*, son considerados como objetos digitales y ya que se utilizan en el aprendizaje, están orientados a tener un componente educativo”.

En *Moving from Theory to Practice in the Design of Web-based Learning: Using a Learning Object Approach* [149], Murphy cita diversas definiciones en las que se identifica a los objetos de aprendizaje como recursos digitales que pueden ser reutilizados para soportar el aprendizaje. Dichos objetos son considerados como: “componentes instruccionales que pueden ser reutilizados muchas veces en diferentes contextos de aprendizaje” (una definición muy en la línea con la propuesta por Wiley [237]); “autocontenidos, reutilizables, trozos de aprendizaje de alta calidad, que pueden combinarse y recombinarse en actividades de aprendizaje” (tal como lo expresan Chitwood, et al. [34]). Además, este artículo ofrece un resumen de los atributos comúnmente aceptados de los objetos de aprendizaje como son: granularidad, reutilización, escalabilidad e interoperabilidad, y su utilización en los procesos de diseño de módulos de aprendizaje.

En *Using ICT to Share the Tools of the Teaching Trade: a Report on Open*

*Source Teaching* [218], Thomas y Horne profundizan en la idea de que los objetos de aprendizaje son “recursos digitales reutilizables para posibilitar el aprendizaje”.

En *What Is a Learning Object, Technically?* [110], Ip et al., revelan la clara demarcación de la responsabilidad entre los tecnólogos del aprendizaje, los SME (*Subject Mater Expert*) y los diseñadores instruccionales. Además hacen una revisión de las diferentes definiciones sobre objetos de aprendizaje y los enfoques que cada institución o persona les asocia. También describen las diferentes metáforas utilizadas para aclarar el concepto de objeto de aprendizaje, entre las que sobresale LEGO (utilizada por varios autores como Hodgins [97]; Mason, Adcock e Ip [2]), y la de átomos (utilizada por Wiley [237]), en la que se considera que a pesar de que los átomos son pequeñas unidades que se juntan bajo leyes químicas de combinación, no todos los átomos pueden combinarse para producir moléculas. También se recalca la importancia de la granularidad, un concepto muy bien estudiado por Wiley, quien sostiene que la descripción de un objeto de aprendizaje debe hacerse a partir de un modelo de capas independientes, pero comprimidas. Así, la granularidad va unida al número de capas contenidas. IMS promueve esta idea en su especificación *Content Packaging*, y utiliza el término recursos para referirse a los objetos de aprendizaje.

En *Learning Objects 101: A primer for Neophytes* [111], Millar presenta diferentes visiones sobre los objetos de aprendizaje, algunas de ellas los definen como uno de los mayores paradigmas que dominan actualmente la educación formal. Sin embargo, para otros simplemente representa un nuevo manejo de algo que los profesores han venido haciendo durante años.

En otros artículos de autores como Mortimer [146]; Recker y Gibbons [234]; Longmire [124]; McGreal [136]; Muzio, Heins y Mundell [148]; Gibbons, Nelson y Richards [86]; Hodgins [98]; Rogers [188]; Naidu [151]; Martinez [133]; Orrill [165]; Olivier y Liber [164]; Thorpe, Kubiak y Thorpe [219]; Weller, Pegler y Mason [229]; Williams [244]; Wiley [231], [232], [233], [234], [235], [236], [237], [238], [239], [240], [241], [242], Campbell [23] y Christiansen y Anderson [35], ofrecen una variedad de análisis acerca del potencial de uso de los objetos de aprendizaje, definiciones, taxonomías, características y diversas perspectivas de aplicación, enfocadas, por ejemplo, a la creación o la reutilización de objetos de aprendizaje.

A la vista de tantas y tan variadas visiones de los objetos de aprendizaje, en el artículo *When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of Learning Objects* [211], Sosteric y Hesemeier admiten que no es fácil encontrar buenas definiciones, por lo que ésta es la tarea que se proponen al

realizar este artículo. Señalan que la dificultad entre las definiciones existentes es que están lejos de ser de alguna utilidad para identificar o criticar los objetos de aprendizaje. Hacen una dura crítica a la definición del IEEE sobre objetos de aprendizaje, en la que se considera como tal a “cualquier entidad digital o no digital que puede ser usada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje soportado en tecnología”. Dado que la definición junta “cosas” digitales y no digitales dentro de la categoría de objetos de aprendizaje, para los autores una definición que incluye cualquier cosa no es una definición como tal. Todo lo que la definición dice es que los objetos de aprendizaje son “algo” que se puede utilizar en cualquier clase de entorno de aprendizaje. Dichas “cosas” no son útiles hasta que no tienen asociado un contexto. Por ejemplo, una imagen por sí sola no enseña nada, no se puede conocer su contexto desde una observación meramente casual. Lo que haría que se pudiera considerar esa imagen como un objeto de aprendizaje sería una información adicional que le permitiera al profesor-diseñador (o tal vez a un programa) conocer cómo utilizar ese objeto en un entorno educativo. También ofrecen un análisis de algunas definiciones que utilizan aproximaciones (a su juicio) contraproducentes para los teóricos de las ciencias de la computación y en particular para la programación orientada a objetos. Un ejemplo de esas definiciones es la de Quinn [177]: “el modelo de objetos de aprendizaje se caracteriza por la creencia de que se pueden crear trozos de contenido educativo independientes que proporcionan una experiencia de aprendizaje para algunos propósitos pedagógicos. Dibujado sobre el modelo OOP, esta aproximación afirma que esos trozos son autocontenidos y pueden contener referencias a otros objetos, pueden ser combinados o secuenciados para formar interacciones educativas más grandes. Esos trozos de contenido educativo pueden ser de cualquier tipo (interactivo-pasivo) y de cualquier formato. Un objeto de aprendizaje no es necesariamente un objeto digital”.

La definición propuesta por Quinn es menos que satisfactoria puesto que aunque establece una conexión con la teoría de la OOP, la definición de un objeto de aprendizaje se reduce a una lista de características que no contribuyen al entendimiento del concepto como tal. Para los autores, Quinn se limita solamente a proporcionar un “brillo terminológico”.

Otra definición orientada al ámbito de la OOP es la de Robson [186], quien sostiene que los objetos de aprendizaje son recursos de aprendizaje en un “modelo orientado a objetos” que proporciona un conjunto de características para los objetos de aprendizaje, “tienen métodos y propiedades, generalmente los métodos incluyen interpretación y métodos de evaluación y las propiedades incluyen contenido y las relaciones con otros recursos”.

El problema de las definiciones de Quinn y Robson es que están dirigidas a personas que tienen experiencia con metodologías orientadas a objetos, y sin ese conocimiento de fondo no es posible conocer lo que es exactamente un método, cuáles son sus propiedades y cuáles de esas características técnicas son proporcionadas en forma de funcionalidad por los objetos de aprendizaje.

Friesen [77] sin embargo, nota que no solo existe una confusión conceptual en la literatura y desacuerdo en cómo mapear las características de la OOP a los objetos de aprendizaje, de modo que el ajuste entre los dos parece ser contraintuitivo. ¿Qué sentido de la palabra objetos puede aplicarse a la noción de objetos de aprendizaje? La separación entre objetos de aprendizaje y meta-datos parece ser contraria a la combinación entre código y dato, tal como se define en los objetos software. Finalmente, concluye sus pensamientos sobre cómo mapear los objetos de la ciencia de la computación a los objetos de aprendizaje diciendo: “con frecuencia se identifican modularidad, interoperabilidad y descubrimiento como atributos importantes de los objetos de aprendizaje. Sin embargo, examinado esas características, solo se enfatiza en lo teórico. No hay acuerdo sobre cómo cada uno de esos aspectos se debe mapear cuando se trata de un objeto de aprendizaje”. Para hacer más complicado el asunto, Friesen hace referencia a tres definiciones, ninguna de las cuales los teoriza: para Longmire deben ser modulares, no secuenciales y unitarios. Para Rechele et al., deben ser adaptables, y por último Ip et al. sostienen que deben construirse de tal forma que los usuarios no se preocupen por la complejidad de sus componentes, en otras palabras deben ser una “caja negra” en el sentido descrito en la teoría del diseño orientado a objetos.

A pesar de que la teoría de OOP tiene muchos conceptos interesantes, su aplicabilidad y los métodos para entender los objetos de aprendizaje no la hacen del todo apropiada. Esto se puede ver claramente cuando se considera que pocos conceptos tiene que ver con los objetos de aprendizaje y que se invierte mucho tiempo tratando de hacer que estos encajen (a la fuerza) dentro del modelo orientado a objetos.

Muchos autores entienden esta dificultad y tienden a reducir la contribución de la OOP solamente para proporcionar la noción de reusabilidad de los objetos. En definitiva, no es imprescindible utilizar la OOP para definir los objetos de aprendizaje como modulares, reutilizables o independientes de la plataforma. Existen otras disciplinas que pueden resultar más relevantes para entender lo que son los objetos de aprendizaje y a partir de las cuales seamos capaces de producir definiciones nuevas y refinar nuestro conocimiento acerca de ellos.

Finalmente, la definición extraída de [211], propone que “un objeto de

aprendizaje es un archivo digital (película, imagen, etc.) utilizado para propósitos pedagógicos, los cuales incluyen internamente o por asociaciones, sugerencias sobre el contexto apropiado en el cual utilizar el objeto”. Además puntualizan que para obtener una definición de un objeto de aprendizaje es necesario responder preguntas como: ¿Cuál es el propósito de los objetos de aprendizaje? ¿Permiten realmente resolver problemas del sistema educativo? ¿Hacen realmente parte de la transformación actual del *face-to-face* o de la educación a distancia? ¿Qué características de los objetos de aprendizaje ayudan a alcanzar nuestros objetivos? ¿Cuál es el papel de los estándares? ¿Cómo podemos evaluar los objetos de aprendizaje desde un punto de vista teórico-práctico? ¿Qué teorías pueden servir para comprender los objetos de aprendizaje?

Para concluir afirman que “el proceso de respuesta a cada una de estas preguntas debe ser iterativo y debe permitir movernos entre la teoría, los estándares y las implementaciones actuales. Es necesario profundizar en los detalles de implementación e investigar sobre la efectividad pedagógica de los objetos de aprendizaje. Esto significa que debemos estar seguros de que podemos implementar nuestras nociones de objetos de aprendizaje en código y que esas implementaciones contribuyen de alguna forma al dominio de la teoría educativa y la práctica”.

La capacidad de reutilización añade otras características a la definición, como la necesidad de utilizar etiquetas para clasificar, almacenar y recuperar objetos de aprendizaje. Otras características presentes en algunas definiciones son el tamaño y la granularidad.

Particularmente, la reutilización ha sido estudiada por Wiley quien resalta la relación inversa entre el tamaño de un objeto de aprendizaje y su reusabilidad. Esto significa que si el tamaño del objeto de aprendizaje decrece (es decir que su granularidad es baja) entonces su potencial para múltiples aplicaciones aumenta [234]. Hamel y Ryan-Jones en *Designing instruction with learning objects* [92], señalan que los objetos de aprendizaje más pequeños soportan mejor un diseño instruccional flexible. La flexibilidad también se enfoca del lado del estudiante, por tanto es posible proporcionar a diferentes estudiantes experiencias de enseñanza diferentes, como sostienen Quinn y Hobbs en *Learning objects and instructional components*.

En *Learning Environments for student-centered learning* [44], Darby define a los objetos de aprendizaje como “pequeños elementos en un curso *online* que definen una actividad de aprendizaje”. También han sido definidos en términos de su capacidad para revolucionar la creación, el almacenamiento y la distribución de los contenidos de aprendizaje. Este es el enfoque que da Barron a su artículo *Pioneering applications of learning objects* [13], en el que define a



los objetos de aprendizaje como “un nuevo modelo para el aprendizaje digital, uno en el cual el contenido de aprendizaje está libre de contenedores propietarios, puede fluir entre diferentes sistemas y puede mezclarse, reutilizarse y actualizarse continuamente.”

Koper por su parte, ha dado un paso más al diferenciar contenido y diseño de aprendizaje e introducir el concepto de “unidad de estudio” [116]. Una unidad de estudio puede modelarse a través de los objetivos, las evaluaciones, los diversos roles y otras variables educativas. El diseño de aprendizaje se desarrolla alrededor de ese contenido, formalizando la descripción de la unidad de estudio.

### 2.3.2. Beneficios y características

A pesar de que no hay acuerdo entre los autores respecto a una definición apropiada para los objetos de aprendizaje, si que lo hay en cuanto a los beneficios que aportan en el desarrollo de cursos. Estos beneficios han sido resumidos por Longmire [124], en los siguientes aspectos:

- **Flexibilidad:** Los objetos de aprendizaje son simples respecto a los elementos agregados, lo que se traduce en la habilidad para contextualizarlos en el momento en el que vayan a ser utilizados.
- **Facilidades para actualización, búsqueda y gestión del contenido:** En este aspecto los meta-datos juegan un papel importante porque su utilización en la descripción de los objetos de aprendizaje, hace que estas tareas se ejecuten con mayor rapidez, facilidad y eficiencia.
- **Personalización:** Permite realizar cambios en las secuencias y otras formas de contextualización del contenido, teniendo en cuenta las necesidades de las distintas clases de estudiantes. La modularidad de los objetos de aprendizaje potencia la distribución y recombinación del material al nivel de granularidad deseado.
- **Interoperabilidad:** El gran potencial de los objetos de aprendizaje es que pueden ser aplicados para múltiples usos entre sistemas de aprendizaje y contextos diferentes. La aplicación de especificaciones y estándares favorece una mayor interoperabilidad entre los sistemas y sus contenidos.
- **Facilidades para el aprendizaje basado en competencias:** La agregación de competencias permite construir cursos en temas particulares y con objetivos de aprendizaje que tratan de capturar las relaciones de

dependencia entre dichos temas. El etiquetado de los objetos de aprendizaje granulares permite cubrir carencias de las competencias individuales, cuando se aplica en aproximaciones adaptativas basadas en competencias.

- **Incremento en el valor del contenido:** Este incremento favorece el intercambio comercial de objetos de aprendizaje, el cual es posible a través de la economía de objetos de aprendizaje.

Además, desde el punto de vista de la generación del contenido, la reutilización hace decrecer el tiempo y el costo de desarrollo; y desde el punto de vista de la distribución, la personalización permite un alto nivel de individualización, de acuerdo a las preferencias y necesidades particulares de cada alumno.

Se puede decir que los beneficios que aportan los objetos de aprendizaje en el desarrollo de cursos, pueden ser considerados como características de los mismos. La influencia que tiene cada una de estas características en los diferentes tipos de usuario (alumno, profesor y desarrollador) se refleja en la tabla 2.6.

Característica	Estudiantes	Profesores	Desarrolladores
<b>Personalización</b>	Acceden a cursos diseñados de acuerdo a los requisitos y al estilo de aprendizaje individuales	Generan cursos que se adaptan a las necesidades de las diferentes audiencias, ofreciendo además caminos de aprendizaje alternativos	Desarrollan herramientas que permiten modificar los cursos para adaptarlos a las diferentes necesidades, tanto del lado del alumno como del lado del profesor
<b>Interoperabilidad</b>	Acceden a los objetos de aprendizaje, independientemente de la plataforma y sistema hardware	Utilizan materiales de cursos que han sido desarrollados en otro lugar con un conjunto de herramientas o plataforma distintos al que disponen	Desarrollan cursos independientes de las plataformas siguiendo los criterios señalados en los estándares para tecnología educativa
<b>Inmediatez</b>	Tienen acceso <i>just-in-time</i> a los objetos de aprendizaje que desean	Obtener los objetos de aprendizaje que necesitan para construir cursos justo en el momento en el que se los solicitan	Desarrollan almacenes de objetos de aprendizaje utilizando tecnologías de meta-datos para facilitar su ubicación y recuperación inmediata por parte de los usuarios potenciales (profesores y alumnos)
<b>Reutilización</b>	Acceden a materiales que han sido utilizados en otros escenarios, con la certeza de que han superado criterios de calidad que los convierten en elementos reutilizables por su potencial educativo	Incorporan materiales educativos en múltiples escenarios de enseñanza, disminuyendo el tiempo invertido en el desarrollo del material didáctico. Desarrollan objetos de aprendizaje para cubrir un rango de necesidades específico de la audiencia	Ahorran en el tiempo y costo de desarrollo de los materiales educativos

<b>Accesibilidad</b>	Acceden al contenido sin restricciones debidas a discapacidad o falta de compatibilidad con el sistema de distribución de contenido	Crean contenido educativo con distintas alternativas de acceso para dar cobertura a las distintas clases de audiencias	Localizan diferentes objetos de aprendizaje y los distribuyen a través de diferentes sistemas y plataformas, cumpliendo los criterios de accesibilidad marcados por los estándares, para el desarrollo de contenido. Crean herramientas capaces de generar objetos de aprendizaje accesibles por diferentes tipos de usuarios y desde diferentes sistemas y plataformas, aplicando siempre criterios de accesibilidad
<b>Durabilidad</b>	Acceden a contenidos que se adaptan fácilmente a los cambios tecnológicos	Crean contenidos educativos que puedan ser rediseñados y adaptados a las nuevas tecnologías sin perder su integridad	Ofrecen herramientas que permitan generar contenidos educativos que el profesor pueda modificar para adaptarlos a las nuevas tecnologías

Tabla 2.6: Características de los objetos de aprendizaje y su influencia en distintos tipos de usuarios

No obstante, los objetos de aprendizaje no solo son útiles en el desarrollo de cursos sino también en la implementación de mejores sistemas de recuperación y clasificación, mecanismos más robustos para la actualización y distribución de datos y en la definición de recursos educativos.

La tecnología de objetos de aprendizaje, como cualquier otra nueva tecnología, ha de pasar por una serie de estados antes de llegar a ser aceptada dentro del área a la que pertenece. Esos estados se reflejan con claridad en la literatura actualmente disponible:

- Confusión acerca de lo que es.
- División entre entusiastas y detractores.
- Identificación de elementos que resultan familiares respecto a otras tecnologías, lo que puede iniciar un proceso de aceptación lento.
- Investigaciones para determinar la mejor forma de aplicar, entender y explotar su potencial.
- Aceptación de la tecnología.

Y también, al igual que todas las tecnologías, aún aquellas ya asentadas dentro de su ámbito particular, la tecnología de objetos de aprendizaje tiene aspectos negativos, que evidentemente afectan su adopción:

- Descripción y definición de sus características con un alto nivel de complejidad ([77], [146], [173], [50]).
- Inmadurez de la tecnología y las aproximaciones ([69]).
- Especificaciones sin terminar, lo que retrasa su implementación por algún tiempo ([51], [66]).
- Falta de consenso respecto a la granularidad de los objetos de aprendizaje frente a su potencial para el ensamblaje de nuevos objetos ([237], [10], [96]).
- Falta de correspondencia entre el soporte pedagógico y las necesidades de las organizaciones [10]. Los esquemas de meta-datos contienen una mínima información sobre el diseño instruccional.
- Falta de medios adecuados que aseguren los derechos de copia del contenido reutilizable [13].

La presencia de los objetos de aprendizaje en el contexto del *eLearning* ha generado una nueva forma de pensar acerca del contenido de aprendizaje:

- Tradicionalmente el contenido se ha representado como cursos. Sin embargo, con los objetos de aprendizaje el contenido se representa como unidades mucho más pequeñas, cuya duración oscila entre dos y quince minutos.
- Al ser unidades de información o de aprendizaje independientes, se pueden almacenar en base de datos, entre las cuales se puede establecer interacciones.
- Su desarrollo generalmente se basa en una estrategia orientada al aprendizaje.
- Al ser elementos auto-contenidos, cada objeto de aprendizaje puede utilizarse independientemente.
- Se pueden agrupar en grandes conjuntos de contenido, incluyendo las estructuras de los cursos tradicionales.
- Al ser etiquetados con meta-datos, cada objeto de aprendizaje tiene una información descriptiva que le permite ser buscado y encontrado fácilmente.

- Los objetos de aprendizaje permiten que el aprendizaje sea:
  - *just-enough*: si solo necesita una parte del curso, puede seleccionar los objetos que sean necesarios.
  - *just-in-time*: dado que se pueden localizar fácilmente, se pueden obtener de forma instantánea, y
  - *just-for-you*: permite la personalización del aprendizaje a distintos niveles.

### 2.3.3. Reutilización de objetos de aprendizaje

Tradicionalmente, los cursos se han creado como una entidad única, presentados en una sola forma y a una única audiencia. La nueva visión del contenido educativo en forma de objetos de aprendizaje, que se pueden combinar y reutilizar, ha dado origen al concepto de objetos de aprendizaje reutilizables, o lo que dentro del contexto del *eLearning* se conoce como RLOs (*Reusable Learning Objects*).

Sin duda, la reutilización es una de las características de los objetos de aprendizaje que más ha impulsado su aceptación y utilización en el desarrollo de contenido educativo. Pero crear RLOs es una labor que exige, en primer lugar, un compromiso por parte de los desarrolladores para utilizar estándares con el fin de favorecer la reutilización de los objetos de aprendizaje creados. Así, los beneficios que la reutilización aporta al desarrollo del contenido se refleja en diferentes aspectos como:

- Independencia (a veces referida como descontextualización)
- Personalización
- Flexibilidad
- Mantenimiento más eficiente
- Distribución a través de diferentes tipos de medios
- Reducción de costos de producción
- Reducción del tiempo de búsqueda y acceso
- Incremento en la calidad del producto final

Un RLO ideal, es decir, desarrollado en un entorno de aprendizaje adaptable y escalable, tiene las siguientes características [124]:

- Modular, independiente y transportable entre aplicaciones y sistemas
- No secuencial
- Capaz de satisfacer un objetivo de aprendizaje único
- Accesible por diferentes tipos de audiencias
- Coherente y unitario dentro de un esquema predeterminado, de modo que un pequeño grupo de etiquetas pueden capturar la idea o esencia de su contenido
- Redefinible y rediseñable dentro de un esquema visual diferente, sin que pierda su valor esencial o el significado del texto, los datos o las imágenes.

No hay que olvidar que el desarrollo efectivo de objetos de aprendizaje requiere que se proporcione un contexto, ya que sin este los objetos de aprendizaje pueden resultar confusos. La contextualización es un punto clave para la personalización del contenido. Sin embargo, los conceptos de reutilización y contextualización originan la llamada paradoja de la reusabilidad [196]. La paradoja de la reusabilidad postula que entre más contextualizados estén los objetos de aprendizaje, menos reutilizables son y viceversa. Por tanto, el ensamblaje automático de diferentes tipos de objetos de aprendizaje no es posible, esto es lo que sostiene Wiley en su artículo *The Reusability Paradox* [243]. En él analiza la relación inversa entre el tamaño y su reutilización. Wiley postula que si el tamaño del objeto de aprendizaje decrece (es decir, si su granularidad es poca), su potencial de reutilización en múltiples aplicaciones se incrementa.

Otro de los autores que abordan el tema de la reutilización es Tom Carey en su artículo *How to Reuse Learning Objects* [28], en el que incluye una descripción de los beneficios de la reutilización y sus implicaciones en el desarrollo de objetos de aprendizaje. También explica algunas estrategias para el desarrollo de RLOs.

En *On the Concepts of Usability and Reusability of Learning Objects* [203], Sicilia y García muestran las dificultades existentes en torno a la reutilización. También examinan las relaciones entre la usabilidad y la reutilización y resaltan la importancia de la orientación de los meta-datos al aprendizaje.

Downes por su parte en *Design, Standards and Reusability* [62], señala que para diseñar el aprendizaje utilizando objetos de aprendizaje es necesario

especificar los objetos que van a ser utilizados, y si los objetos son especificados, entonces el diseño de aprendizaje no es reutilizable. También Downes en *Design and Reusability of Learning Objects in an Academic Context: A New Economy of Education* [60], describe tendencias, problemas, principios y las mejores aproximaciones en relación con los objetos de aprendizaje.

Polsani en este excelente artículo *Use and Abuse of Reusable Learning Objects* [173], captura un debate tradicional alrededor de los objetos de aprendizaje. Argumenta que solamente algo que combina elementos digitales y la exposición puede ser considerado como un objeto de aprendizaje. La creación de objetos de aprendizaje de acuerdo a una definición conceptual avanzada requiere que la estructura del objeto de aprendizaje refleje dos principios básicos fundamentales: la intención de aprendizaje y la reusabilidad.

Una extensa bibliografía Web con información sobre objetos de aprendizaje, herramientas, estándares y compatibilidad, almacenes de objetos de aprendizaje, entre otros, se encuentra en *Designing Courses: Learning Objects, SCOs, IMS Standards, XML, SGML, etc.* [46].

La Universidad de Waterloo, ofrece información acerca de las características, definiciones, beneficios, estándares, reutilización de los objetos de aprendizaje en su sitio Web *Co-operative Learning Objects Exchange (CLOE)* [37].

Y para conocer quién está reutilizando objetos de aprendizaje, se puede ver esta información en: *Learning Object Reuse Acknowledgment* en cogdogblog y con comentarios de Stephen Downes.

No cabe duda que el IMS y SCORM son los principales consorcios involucrados en el desarrollo de especificaciones y herramientas para la generación de RLOs. Si bien, IMS cuenta con una especificación orientada al empaquetamiento de contenido, *IMS Content Packaging* [106]. El modelo de información describe estructuras de datos utilizadas para proporcionar interoperabilidad entre el contenido basado en Internet y las herramientas para la creación de contenido, los sistemas para la gestión del contenido (LMSs) y los entornos de ejecución. El objetivo de este modelo de información es definir un conjunto de estructuras estándar que puedan ser utilizadas para el intercambio de contenido. Tales estructuras proporcionan la base para que tanto los desarrolladores como los implementadores puedan crear materiales educativos interoperables a través de las herramientas de autor, los LMSs y los entornos de ejecución, creados de forma independiente por otros desarrolladores.

Un paquete de contenido IMS está formado por dos partes: un documento XML que describe la organización de todo el recurso de aprendizaje y un conjunto de archivos físicos que contienen los objetos de aprendizaje que for-

man dicho recurso. Cada archivo de contenido físico tiene asociado un archivo XML que contiene los meta-datos que lo describen. El paquete también incluye programas de control que mantienen la comunicación entre el objeto de aprendizaje (que puede ser un SCO) y el entorno de ejecución (que puede ser SCORM).

En *TeleEducation NB* [217], se encuentran objetos de aprendizaje para dar soporte a *Content Packaging* y otros temas relacionados con esta tecnología.

SCORM por su parte, proporciona una especificación, la SCORM 2004, más conocida como SCORM 1.3 que consta de tres partes:

- *Content Aggregation Model (CAM)*: Define cómo empaquetar, distribuir y utilizar RLOs.
- *Run-Time Environment*: Permite distribuir objetos de aprendizaje a diferentes plataformas, estableciendo un método de comunicación entre los LMSs y los objetos de aprendizaje creados.
- *Sequencing and Navigation*: Controla las interacciones entre los usuarios y los LMSs.

A pesar de que SCORM es un estándar de facto muy utilizado, aún no es ampliamente aceptado dentro de la comunidad de objetos de aprendizaje. Esto se debe en parte a su complejidad, sus especificaciones son bastante extensas. Sin embargo, al igual que muchas de las especificaciones del IMS, cuenta con numerosas implementaciones que proporcionan compatibilidad entre distintos sistemas LMS y entre los objetos de aprendizaje desarrollados utilizando ambas especificaciones.

Para obtener RLOs es necesario contar con:

- Los objetos de aprendizaje en sí mismos
- Meta-datos para describir su contenido
- Un objetivo de aprendizaje definido para el objeto de aprendizaje en un contexto de aprendizaje particular
- La definición de un contexto de aprendizaje completo, es decir que incluya las aproximaciones de aprendizaje, las características de la audiencia, los objetivos de aprendizaje y las relaciones existentes entre los objetos de aprendizaje que conforman dicha experiencia



- Los comportamientos, las limitaciones, las reglas y la secuencia de los objetos de aprendizaje dentro de la experiencia de aprendizaje
- El contexto de distribución

Uno de los proyectos enfocados al desarrollo de herramientas basadas en las tecnologías emergentes y en las especificaciones para *eLearning* es RELOAD (*Reusable eLearning Object Authoring and Delivery*) [181]. Existe una versión beta para el editor de meta-datos distribuido bajo licencia GLP. El propósito central es proporcionar y facilitar la creación, compartición y reutilización de objetos de aprendizaje y servicios, y favorecer la aplicación de aproximaciones pedagógicas. Además, dispone de un conjunto de herramientas compatibles con las especificaciones IMS y SCORM, e incluye una guía con ejemplos de recursos.

#### 2.3.4. Almacenes de Objetos de Aprendizaje

Los almacenes son lugares en donde se guardan los objetos de aprendizaje. Estos almacenes contienen enlaces a los objetos de aprendizaje localizados en diferentes lugares de la red, y su contenido es actualizado y mantenido constantemente. Algunos ejemplos de almacenes son TeleCampus [216], CAREO [29], MERLOT [137]. La mayoría de los almacenes utilizan LOM como esquema de meta-datos para describir los objetos de aprendizaje que almacenan, sin embargo, la proliferación de diferentes esquemas de meta-datos representa un problema para el descubrimiento de objetos de aprendizaje. Algunas iniciativas intentan resolver este problema mediante el uso de RDF, como el caso de Edutella [71]. Con ello se busca que los objetos de aprendizaje puedan interoperar independientemente del esquema de meta-datos que utilicen. De esta forma se mantiene la filosofía P2P (*Peer to Peer*) de Internet, proporcionando un control descentralizado de los objetos de aprendizaje, característica que es de interés para los productores de contenido.

POOL (*Portal for Online Objects in Learning*) [174] es uno de los muchos esfuerzos internacionales para la creación de almacenes de objetos de aprendizaje. CAREO [29] es otra iniciativa que reconoce la necesidad de un esfuerzo convergente, que se han empezado a canalizar a través del CRAG (*Canadian Repository Action Group*). El objetivo es agrupar varios proyectos en un único esfuerzo pan-Canadiense para crear una estrategia nacional para el avance de los almacenes de objetos de aprendizaje.

ARIADNE [7] tiene como objetivo el desarrollo de objetos de aprendizaje de

alta calidad, herramientas y metodologías que permitan compartir y reutilizar los recursos educativos.

La bibliografía Web disponible sobre almacenes de objetos de aprendizaje es abundante, por ejemplo en *Learning Objects Repositories* [126], que ofrece una amplia lista de ellos.

*Learning Object Repository Access and Exchange Web Service Specification* [127], La especificación LORAX (*Learning Federation Learning Object Repository Access and Exchange*) define un servicio Web para el intercambio de objetos de aprendizaje. Este servicio proporciona una interfaz que permite a los clientes del sistema descubrir y descargar meta-datos de objetos de aprendizaje mediante el uso de SOAP (*Simple Object Access Protocol*).

*The Maricopa Learning eXchange* es un almacén electrónico de paquetes (ideas, ejemplos, recursos) que soporta el aprendizaje en los colegios de la comunidad Maricopa. Hay al rededor de novecientos trece temas ( por ejemplo, nuevo, popular, recientemente actualizado o temas al azar) y además proporciona facilidades para realizar búsquedas mediante la utilización de palabras clave.

Para comparar la forma en la que varios almacenes de objetos de aprendizaje los representan e ilustrar el papel que la tecnología RSS (*Really Simple Syndication*) [190] puede jugar en la tecnología de objetos de aprendizaje se puede consultar *EdTechPost* [70], que recientemente ha incorporado elementos de *CAREO*, *Maricopa Learning eXchange*; *MedWeb Resources* (preguntas de selección múltiple); *Humbul Resources for Humanities Computing*; *UK Centre for Materials Education*; *EdNA Online*; *MERLOT* enseñanza y tecnología.

La base de datos *online* Australiana *EdNA* [68], organiza y redistribuye grandes volúmenes de recursos educativos. La lista de recursos recientes se pueden ver a través de la sección *Sites to Explore*, al final de *edna-for-schools*.

Algunos almacenes son de libre acceso como: *Apple Learning Interchange* [6], *GEM (Gateway to Educational Materials)* [81], *Wisconsin Online Resource Center* [245].

Otros almacenes guardan objetos de aprendizaje para áreas específicas como las matemáticas (*MathGate* [134]), Salud (*BioResearch* [17]), Fisiología (*The Harvey Project* [93]), Manuscritos medievales (*Digital Scriptorium* [48]) y Ciencia, Matemáticas, Ingeniería y Tecnología Educativa (*SMETE* [208]), entre otros.

Y por supuesto, también hay almacenes comerciales como: *Lydia Global Repository* [130], *XanEdu* [248] y *Fathom* [73], por citar algunos.

Los sistemas para el almacenamiento de objetos de aprendizaje se pueden evaluar desde diferentes criterios, por ejemplo su funcionalidad o el impacto que tienen sobre los usuarios. En términos de la funcionalidad interesa, por ejemplo, evaluar la actualización, el ensamblaje coherente del material educativo y el acceso y rapidez de descarga de dichos materiales. En términos del impacto sobre los usuarios, los resultados son menos claros debido en gran parte a las normas de desarrollo educativo de las propias instituciones, donde la creación del contenido sigue siendo predominantemente personal. Por supuesto, este puede ser un problema más de tipo cultural que técnico.

La economía de los objetos de aprendizaje basada en estándares ofrece la posibilidad de aumentar el acceso a materiales de aprendizaje de alta calidad y a costo reducido. Pero esta aproximación tiene implicaciones en cuanto a las estructuras técnicas de soporte, la naturaleza de desarrollo del curso y el manejo institucional. Y mientras sigan emergiendo especificaciones y la interoperabilidad entre los sistemas sea desigual, la economía de objetos de aprendizaje se mantendrá a pequeña escala y de forma experimental. Sin embargo, el desarrollo de herramientas de integración y autoría inteligentes, abrirán nuevas posibilidades para la conversión e integración de materiales no compatibles, que sin duda ayudará a salvar las barreras técnicas y culturales.

### 2.3.5. Recursos de interés

Para saber más sobre la tecnología de objetos de aprendizaje, existe muchos recursos disponibles, por ejemplo, algunas presentaciones como la de Lorna Campbell en el evento *Learning Objects Summit* titulada *Engaging With Learning Object Economies* [24], que proporciona un marco comprensivo acerca de los objetos de aprendizaje, en el cual se cubren aspectos como: definiciones, características de los objetos de aprendizaje, problemas, economía de objetos de aprendizaje, iniciativas para compartir recursos, disponibilidad de objetos de aprendizaje, perfiles de aprendizaje, control de calidad, derechos de propiedad intelectual y gestión de derechos digitales, descripción y descubrimiento de recursos, diversidad de marcos pedagógicos.

Mills en su presentación titulada *Learning about Learning Objects with Learning Objects* [141], muestra algunos ejemplos de objetos de aprendizaje con los que ilustra el concepto claramente y ofrece un plan para su diseño.

Otro recurso que proporciona una extensa bibliografía de los objetos de aprendizaje se encuentra en *Sit: Learning Objects* [206].

Completando el recorrido se encuentra *Learning Objects Portal* [125], un

sitio de aprendizaje interactivo que a través de sus distintas secciones permite alcanzar un conocimiento acerca de los objetos de aprendizaje. Cada sección está acompañada por una bibliografía de recursos relevantes.

En *Learning Objects: Resources For Distance Education* [59], Downes describe los objetos de aprendizaje desde una perspectiva teórica y práctica, así como también su naturaleza y principales componentes.

Un buen resumen acerca de los objetos de aprendizaje es el que ofrece Wagner en su artículo *The New Frontier of Learning Object Design* [226].

En *A Primer on Metadata for Learning Objects: Fostering an Interoperable Environment* [136], McGreal y Roberts describen el papel de las especificaciones de meta-datos en el desarrollo de entornos de aprendizaje. Cubre aspectos como: ¿qué son los meta-datos? ¿qué es un objeto de aprendizaje? las características de los meta-datos y las especificaciones.

Shepard describe los objetos de aprendizaje y proporciona varios ejemplos de estos en *Objects of Interest* [202].

Otro sitio con muy buenos enlaces es *Online Learning in the 21st Century* [163].

Un tutorial sobre objetos de aprendizaje se encuentra en *All About Learning Objects* [4], en el que se puede ver cuales son los pros y contras de la utilización de los objetos de aprendizaje, respecto a criterios como la flexibilidad, el soporte pedagógico, el costo de producción, el costo del usuario final y el soporte en la industria.

Otro tutorial es *Introducción a los Objetos de Aprendizaje* [195], (en español e inspirado en una presentación de Wiley), describe muy bien sus características, tiene muchos ejemplos y además un apartado de evaluación de cada tema tratado.

Un ejemplo de sistemas para la generación de objetos de aprendizaje es *TALON Learning Object System* [213], descrito por Dunning et al. Este sistema proporciona un conjunto de objetos de aprendizaje creados y diseñados para algunos estilos de enseñanza y aprendizaje. Dichos objetos están descritos en términos que el instructor puede comprender y rediseñar para crear sus propios cursos.

Unas buenas referencias que contienen información acerca del papel de los objetos de aprendizaje en la distribución de aprendizaje son: *The Learning Marketplace* [63], la sección acerca de la aplicación práctica de los objetos de aprendizaje, proporciona un buen resumen que describe cómo se crean los objetos de aprendizaje y cómo se integran para formar cursos.

*Feasibility of Course Development Based on Learning Objects: Research Analysis of Three Case Studies* [35], presenta una revisión de cómo se utilizan los objetos de aprendizaje en el desarrollo de cursos, cómo son utilizados por los profesores y la disponibilidad y la posibilidad de crear cursos mediante la reutilización de objetos de aprendizaje.

*Design Issues Involved in Using Learning Objects for Teaching a Programming Language within a Collaborative eLearning Environment* [74], investiga acerca del uso de objetos de aprendizaje en la construcción de sistemas de aprendizaje colaborativos para la enseñanza y el aprendizaje de programación en Java, y para proporcionar un entorno para la programación colaborativa. Incluye también la creación de un gran almacén de objetos de aprendizaje Java.

Y para que los profesores sepan como enfrentar el reto de utilizar la tecnología de objetos de aprendizaje, una buena referencia es: *Preparing Teachers To Use Learning Objects* [22], este artículo de Bratina, Hayes y Blumsack discute la aplicación práctica de los objetos de aprendizaje en el aula. Describe las razones por las que los profesores utilizarían objetos de aprendizaje y los medios para motivarlos. También incluye ayudas sobre cómo desarrollarlos.

*Using Learning Objects in Four Instructional Architectures* [12], en este artículo Barritt explica cómo utilizar objetos de aprendizaje en cuatro arquitecturas diferentes y en particular en arquitecturas para el descubrimiento guiado.

Algunos artículos que presentan la “parte oscura” de los objetos de aprendizaje son: *Three Objections to Learning Objects and E-learning Standards* [78], en este artículo Friesen identifica algunas de los desacuerdos entre la comunidad de objetos de aprendizaje, algunos respecto al propósito y otros respecto a la neutralidad pedagógica.

Otro artículo en esa línea es: *The Dark Side of Object Learning: Learning Objects* [52], en el que Dodani sostiene que los objetos de aprendizaje aún se encuentran en su infancia y que es necesario avanzar en la investigación de la tecnología de componentes, arquitecturas, técnicas de evaluación y en el establecimiento de estándares y mejores prácticas.

También en cogdogblog, se encuentra un artículo de las mismas características titulado *A Bit Overly Excitable Over Learning Object Tool* [1].

*The Education Object Economy* [67], esta es una fundación que promueve el desarrollo, discusión y distribución de los objetos de aprendizaje.

Un aspecto importante en la selección de los objetos de aprendizaje es la

calidad de los mismos. Hay dos sitios en los que se puede encontrar objetos de aprendizaje con esta característica *Shambles Lessons Plans* y los recursos de educación y formación de *EdNA* que tiene calidad asegurada.

## Problemas y resultados

Algunos artículos plantean problemas y resultados relacionados con el uso de los objetos de aprendizaje, como:

A *LOM Research Agenda* [56], Duval y Hodgins identifican resultados importantes en la investigación de objetos de aprendizaje y su utilización.

Un análisis interesante es el que realiza Wiley en *Learning Objects: Difficulties and Opportunities* [242], en el que señala que los supuestos detrás del diseño de los estándares tienen una pobre correspondencia con las consideraciones pedagógicas actuales, enfatizando la importancia de la colaboración, las comunidades de estudiantes, la negociación social, los problemas con la reutilización y la descontextualización; las barreras IP y una relación inversa entre la utilidad de los objetos de aprendizaje y el nivel de aprendizaje requerido.

Downes en *The Lattecentric Ecosystem* [61] hace referencia a la confusión que existe en relación a la naturaleza y función de los objetos de aprendizaje. Estos no son como capítulos de un libro y lecciones puestos en un sistema lineal. Son entidades progresivamente más complejas que el texto sujeto a diferentes gramáticas, la cual debe ser caracterizada como un tipo de red semántica.

Rodriguez, Chen, Shi y Shang proponen en *Open Learning Objects: The Case for Inner Metadata* [187], lo que llaman “*inner metadata*” para definir lo que puede llamarse “objetos de aprendizaje abiertos”. Básicamente se trata de objetos de aprendizaje con propiedades adaptativas tales como el lenguaje o el estilo de aprendizaje. Tales características interactúan con la descripción del estudiante para generar un producto final.

Shabajee en su artículo *Primary Multimedia Objects and Educational Metadata* [192], describe un dilema fundamental en relación con los meta-datos de los objetos de aprendizaje: de una parte los clasificadores de recursos no especifican un contexto educativo en el cual el recurso pueda ser aplicado, porque eso regularía todas las potenciales aplicaciones, pero de otra parte, la selección de los términos de los meta-datos utilizados para describir los contenidos de los objetos de aprendizaje se basa inevitablemente en suposiciones acerca de cómo cuándo y dónde serán utilizados y por quién. Basado en éste análisis Shabajee sugiere tres posibles aproximaciones para resolver el dilema, la más

prometedora incluye “comunidades de interés para anotar recursos”.

### 2.3.6. Herramientas de soporte

Existen gran cantidad de herramientas desarrolladas para dar soporte a la tecnología de objetos de aprendizaje. En este apartado se presentan algunas de ellas.

*Saba Corporation* [191], construye objetos de aprendizaje IMS para formación corporativa. El sistema de gestión de educación de Saba es un sistema de gestión de aprendizaje basado en Internet.

*CyberProf* [41], es una herramienta que permite al profesor crear objetos de aprendizaje. Tiene funcionalidades para trabajo interactivo, conferencia, evaluación, listas de discusión, entre otras.

*Belvedere* [15], es una herramienta para la construcción de mapas conceptuales y objetos de aprendizaje.

*Docent* [49], es un producto que permite la creación de objetos de aprendizaje modulares reutilizables.

*Avilar Web Mentor* [8], es una herramienta IMS para la producción de objetos de aprendizaje. El sistema de producción y el de distribución de cursos se combinan para formar el servidor corporativo. Este servidor es el encargado de la administración y distribución de los cursos a los estudiantes, así como de su seguimiento. El *Personal Authoring System* se utiliza para crear los cursos que deben ser distribuidos por el servidor corporativo.

*Generation 21 Learning Systems* [82] es una plataforma tecnológica completamente integrada que incluye la habilidad para producir objetos de aprendizaje.

Una extensa lista de herramientas con una breve descripción de sus funcionalidades se encuentra en *Software Tools for Web Learning* [210]. Otro sitio donde buscar información sobre herramientas es *e-Learning Centre* [120].

Heins y Himes presentan en su artículo *Creating Learning Objects With Macromedia Flash MX* [94], la descripción de cómo se deben utilizar las herramientas Macromedia para construir objetos de aprendizaje. También explican cómo añadir contenido dinámico dentro de los objetos de aprendizaje.

Aunque las herramientas implementan conjuntos de características muy variadas, por ejemplo, algunas describen los objetos de aprendizaje, los clasifican, los agregan, los manejan, estructuran evaluaciones y crean colecciones de

objetos de aprendizaje, definen comportamientos del contenido e interacciones y especifican controles de navegación e interfaces, lo importante es crear herramientas enfocadas hacia el contenido, que soporten la creación de objetos de aprendizaje, ocultando la tecnología en sí misma. El resultado debe ser un conjunto de herramientas que le permitan al usuario centrarse en la creación de los contenidos sin tener que preocuparse por los detalles técnico del sistema que utilizan.

### Algunos libros

- *Creating a Reusable Learning Objects Strategy : Leveraging Information and Learning in a Knowledge Economy* (Lee Alderman, Chuck Barritt -Pfeiffer, 2004). ISBN: 0787964956.
- *Online Education Using Learning Objects* (ed. Rory McGreal - Routledge 2004). ISBN: 0415335124.
- *Reusing Online Resources, a sustainable approach to e-learning* (Ed. Allison Littlejohn - Kogan Page London y Sterling, VA, 2003). ISBN: 0749439505.
- *Transforming e-Knowledge, A revolution in the Sharing of Knowledge* (Donald Norris, Jon Mason, Paul Lefrere, 2003). ISBN: 0970041322.
- *Instructional Use of Learning Objects* (David A. Wiley - Agency for Instructional Technology, 2002). ISBN: 0784208921.
- *Learning Objects: Contexts and Connections* [91], Es un libro digital en el que interviene varios autores, editado por Gynn y Acker. Entre los temas que se abordan esta la diferencia entre objetos de aprendizaje en la aproximación de aprendizaje *online* y la aproximación de comunidades de aprendizaje, realizado por Wiley. Por su parte, Halm ofrece una descripción de los estándares más allá de LOM, y Lamberson y Lamb ofrecen una discusión acerca de los sistemas de gestión de contenido de aprendizaje argumentando que pueden funcionar a la vez como plataforma y como almacén.

### 2.3.7. Tendencias

A lo largo de esta sección se presentan algunas de las áreas de investigación más relevantes en relación con la tecnología de objetos de aprendizaje y su utilización en los procesos de enseñanza-aprendizaje.



Aunque en esta memoria se ha abordado el tema de la reutilización en profundidad, cabe resaltar que representa uno de los aspectos más atractivos dentro de las nuevas tendencias de investigación, relacionadas con los objetos de aprendizaje. La reutilización es aplicable a diferentes ámbitos, desde la distribución de contenidos (incluyendo diferentes tipos de medios y formatos), hasta la *redefinición* del contenido para distintos propósitos, disciplinas y contextos. Esto es lo que algunos llaman *repurposing* o la habilidad de utilizar la misma pieza de contenido sin realizar cambios significativos de la misma, para propósitos diferentes para los que originalmente fue creada.

Otros esfuerzos están dirigidos hacia el diseño para la reutilización de contenidos, en el que se busca la aplicación de técnicas de descomposición automática que permitan extraer los componentes originales utilizados en la agregación.

La granularidad afecta la reutilización de los objetos de aprendizaje, algunos abogan por la necesidad de definir taxonomías que permitan identificar diferentes clases de objetos de aprendizaje y sus componentes. La modularidad del contenido potencia la distribución y recombinación a diferentes niveles de granularidad.

También se hace referencia a la necesidad de contar con arquitecturas que permitan potenciar la composición dinámica de objetos de aprendizaje. Estas iniciativas deben permitir estructurar diversos aspectos del contenido, basándose en especificaciones como *IMS Content Packaging* [106], en lenguajes como EML [115], SMIL [209] o DocBook [54]. La estructuración de objetos de aprendizaje debe incluir la generación dinámica de componentes, basada en el procesamiento de datos (semi) estructurados.

En cuanto a la descripción de los objetos de aprendizaje, se siguen desarrollando técnicas para la creación de perfiles de aplicación, los cuales buscan versiones más fácilmente aplicables de los esquemas de meta-datos, que permitan una alta interoperabilidad semántica. Pero aún es necesario contar con guías que describan la forma apropiada de definir dichos perfiles y el proceso de traducción de un perfil a otro.

Además del tratamiento del contenido, también se investiga acerca de técnicas para mejorar el acceso al mismo. En este sentido, se proponen nuevos paradigmas de acceso que permitan al usuario obtener los resultados requeridos a través de la formulación de criterios de búsqueda complejos. Dos de estos paradigmas son:

- *Visualización de la información*: permite a los usuarios el control y la manipulación de los meta-datos para llegar a los objetos de aprendizaje más relevantes. Esta aproximación potencia el control de los procesos de

selección por parte del usuario.

- *Técnicas de recomendación social*: se basa en las similitudes entre los usuarios para sugerir objetos de aprendizaje relevantes. Esta aproximación tiene unas características muy importantes, por ejemplo, que explota los datos acerca de las interacciones previas entre los usuarios y los almacenes de objetos de aprendizaje o LORs (*Learning Objects Repositories*) y reduce el tiempo y la carga cognitiva involucrados en la navegación y la búsqueda.

La búsqueda a través de almacenes heterogéneos, es otra línea de investigación, enfocada hacia la habilidad para buscar contenidos y meta-datos a través de diversos almacenes federados. Este tipo de almacenes proporcionan acceso rápido a los datos y el mantenimiento automático de la información. Además, las arquitecturas federadas representan un vehículo para crear almacenes capaces de dar soporte a la compartición de información entre grupos distribuidos geográficamente. La adopción de estándares favorece el buen funcionamiento de los almacenes federados.

Otra interesante línea de investigación es la interoperabilidad, definida dentro del contexto educativo como la capacidad de juntar objetos de aprendizaje pertenecientes a múltiples fuentes para que trabajen juntos. Su aplicación se realiza a diferentes escalas:

- *Objetos de aprendizaje*: la interoperabilidad depende en gran parte de la aplicación de descriptores estándar (meta-datos) y la compatibilidad entre las tecnologías utilizadas para el desarrollo del contenido.
- *Meta-datos*: la aplicación de esquemas de meta-datos basados en estándares, favorece en gran medida la interoperabilidad entre contenidos, facilitando la agregación del mismo. Los desarrollos en este campo están orientados a lograr la interoperabilidad semántica. También se ha incrementado la necesidad de permitir *mappings* automáticos entre esquemas de meta-datos. La idea básica es que la descripción de las relaciones entre los elementos de los meta-datos esté disponibles para el procesamiento realizado por las máquinas, utilizando como traductores a agentes software. La existencia de registros de meta-datos deben asegurar interoperabilidad entre los estándares de meta-datos y los perfiles de aplicación que pueden incluir elementos de datos de diferentes conjuntos de elementos. También se habla de extender la noción de registros, para posibilitar el mapeo y *crosswalks* entre elementos y además entre los valores que son apropiados para esos elementos.

- *LORs*: el diseño y gestión de almacenes de objetos de aprendizaje requieren protocolos específicos o el uso de tecnologías *P2P* cuyo propósito es disminuir las barreras de participación en las infraestructuras de objetos de aprendizaje. Las arquitecturas híbridas representan resultados interesantes, como la definición de super *peers* a través de las redes de comunicación.
- *Herramientas*: que permitan (a) validar los estándares y las implementaciones de los mismos y frente a estos los requisitos de las experiencias realizadas por los usuarios y (b) la conversión e integración de materiales educativos no compatibles.

Sin lugar a dudas, una de las actividades más recientes en los desarrollos orientados a la Web es la Web semántica [18] cuya finalidad es dotar de significado a todas las clases de información sobre la Web. Un subconjunto importante de esa información lo representan los objetos de aprendizaje.

La siguiente sección refleja las tendencias de los objetos de aprendizaje dentro de la Web semántica.

### **Objetos de aprendizaje: tendencias dentro de la Web Semántica**

Las tendencias de desarrollo de la Web semántica se centran en tres áreas aplicadas a la educación: la informática, el diseño instruccional y los sistemas de bibliotecas. Las iniciativas resultantes de la combinación entre estas áreas han dado origen a nuevas áreas de interés como el desarrollo de almacenes de meta-datos, *Topic maps* y recientemente investigaciones sobre los aspectos pedagógicos de los meta-datos. Actuando como pegamento entre estas tres áreas se encuentran los objetos de aprendizaje.

En relación a los objetos de aprendizaje, la Web semántica ofrece distintas posibilidades enfocadas hacia el desarrollo de tecnologías que:

- Faciliten su descubrimiento y almacenamiento en bases de datos locales y globales, para lo cual los objetos de aprendizaje deben estar dotados de información semántica (meta-datos) que facilite su descubrimiento y reutilización.
- Favorezcan el uso de ontologías que permitan resaltar la estructura de los objetos de aprendizaje confiriéndoles significado pedagógico.

- Potencien la personalización de los contenidos educativos y el desarrollo de objetos de aprendizaje inteligentes que puedan asistir al usuario en la realización de tareas más significativas dentro de la Web semántica.

De otra parte, los objetos de aprendizaje también deben proporcionar información pedagógica que especifique el tipo de actividades cognitivas en las que los estudiantes estarán involucrados y las estrategias de enseñanza-aprendizaje asociadas a los objetos de aprendizaje, de tal forma que los conceptos del dominio al que pertenecen puedan ser transferidos eficazmente al estudiante. Finalmente, se deben desarrollar herramientas para la generación y el soporte de la reutilización de objetos de aprendizaje [194].

## Tecnologías básicas

Dentro de la Web semántica las tecnologías unicode [222] y URIs [152], son indispensables para identificar los recursos Web. La familia de tecnologías XML (*eXtensible Markup Language*) [250] se utiliza para presentar, manipular y transmitir documentos y datos estructurados. Sin embargo, la Web semántica está relacionada con la representación e interpretación de los datos, por lo que el usuario podrá buscar conceptos más que palabras y más que extraer y combinar información de las páginas Web, será la red la que realice cálculos e inferencias (deducción de conocimiento a partir de datos ya entendidos). Otra de las tecnologías utilizadas dentro de la Web semántica es RDF (*Resource Description Framework*) [178] que proporciona un modelo de datos común (basado en XML *NameSpaces* [250]), el cual se utiliza para formalizar los meta-datos.

La definición de ontologías relacionadas con estrategias de enseñanza-aprendizaje es útil porque permite especificar dentro del objeto de aprendizaje información relevante para el procesamiento de dicho objeto de aprendizaje desde el punto de vista pedagógico. Esto favorece la personalización de la enseñanza basada en las preferencias, el estilo de aprendizaje del estudiante y el diseño particular del objeto de aprendizaje. Otra clase de ontologías que se necesitan son las relacionadas con la estructura física del objeto de aprendizaje, para que éste pueda ser utilizado e interpretado en diferentes sistemas de enseñanza. A día de hoy son pocas las iniciativas orientadas al desarrollo de ontologías para la Web semántica tanto en Estados Unidos (DAML DARPA *Agent Markup Language* [42] y OIL (*Ontology Inference Language*) [160]) como en Europa (DAML+OIL) [43], sin embargo es importante que exista un mecanismo que permita su unificación.

Las tendencias tecnológicas dentro de la Web semántica abren nuevos horizontes para campos como la recuperación de la información, la computación ubicua o la gestión del conocimiento. La Web semántica se basa sintácticamente en XML y semánticamente en RDF y las ontologías, aunque intervienen otros actores como los criterios de confianza entre usuarios, la credibilidad, las firmas digitales, entre otros.

La estructura de hiperenlaces de la Web actual presenta una relación fluida y dinámica del contexto y del contenido de los objetos de aprendizaje. Sin embargo, es difícil obtener una interpretación semántica de los contenidos de dichos objetos de aprendizaje. Este tipo de semántica está cobrando importancia en el contexto del *eLearning*, en el que la estructura conceptual del contenido es una parte esencial del material de aprendizaje.

Perder la información conceptual del contenido implica el no poder integrar contextualmente los conceptos que se intentan aprender, lo cual es muy importante para lograr entender cualquier tema de un área en particular. La iniciativa de la Web semántica en su estado actual, no proporciona tal semántica pues solo ofrece descripciones para los recursos y no dice nada sobre cómo presentar los recursos a los usuarios en una forma conceptualmente clara. Es por ello que se avanza en la definición de una Web conceptual [157] que no solo proporcione información semántica para la máquina, sino también información conceptual para el usuario.

La tabla 2.7 resume las líneas de investigación abiertas y sus enfoques principales.

Líneas de investigación	Enfoque principal
<b>Contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Reutilización: repurposing</i> o la habilidad de utilizar la misma pieza de contenido sin realizar cambios significativos de la misma, para propósitos diferentes para los que originalmente fue creada.</li> <li>▪ <i>Taxonomías</i>: que permitan identificar diferentes clases de objetos de aprendizaje y sus componentes. La modularidad del contenido potencia la distribución y recombinación a diferentes niveles de granularidad.</li> <li>▪ <i>Composición dinámica</i>: permitir estructurar diversos aspectos del contenido, basándose en especificaciones como <i>IMS Content Packaging</i> [106], en lenguajes como EML [115], SMIL [209] o DocBook [54]. La estructuración de objetos de aprendizaje debe incluir la generación dinámica de componentes, basada en el procesamiento de datos (semi) estructurados.</li> <li>▪ <i>Descomposición automática</i>: extracción de los componentes originales que se utilizaron en la agregación del contenido.</li> </ul>
<b>meta-datos</b>	perfiles de aplicación: Versiones más fácilmente aplicables de los esquemas de meta-datos para favorecer la interoperabilidad semántica.
<b>Acceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Visualización de la información</i>: permite a los usuarios el control y la manipulación de los meta-datos para llegar a los objetos de aprendizaje más relevantes.</li> <li>▪ <i>Técnicas de recomendación social</i>: se basa en las similitudes entre los usuarios para sugerir objetos de aprendizaje relevantes.</li> </ul>
<b>Búsqueda</b>	<i>Almacenes federados</i> : proporcionan acceso rápido a los datos y el mantenimiento automático de la información. Además, las arquitecturas federadas representan un vehículo para crear almacenes capaces de dar soporte a la compartición de información entre grupos distribuidos geográficamente. La adopción de estándares favorece el buen funcionamiento de los almacenes federados.

<b>Web semántica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Facilidades para el descubrimiento y almacenamiento de objetos de aprendizaje en bases de datos locales y globales, para lo cual los objetos de aprendizaje deben estar dotados de información semántica (meta-datos) que facilite su descubrimiento y reutilización.</li> <li>▪ Utilización de ontologías que permitan resaltar la estructura de los objetos de aprendizaje confiriéndoles significado pedagógico.</li> <li>▪ Potenciación de la personalización de los contenidos educativos y el desarrollo de objetos de aprendizaje inteligentes que puedan asistir al usuario en la realización de tareas más significativas dentro de la Web semántica.</li> </ul>
<b>Interoperabilidad</b>	<p>A diferentes niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ objetos de aprendizaje</li> <li>▪ meta-datos</li> <li>▪ LORs</li> <li>▪ Herramientas</li> </ul> <p>Soporte para tutoría inteligente y modelos conceptuales para generación, integración y reutilización de objetos de aprendizaje.</p>

Tabla 2.7: Líneas de investigación en la tecnología de objetos de aprendizaje

## Enlaces de interés

Algunos recursos en los que se encuentran referencias al futuro de la tecnología de objetos de aprendizaje son:

*Learning Objects in a Wider Context* (Canadian Association of Distance Educators, 2003) y los comentarios de G. Siemens (elearnspace blog: Junio, 2003).

Emerging Trends in E-Learning (*International Conference on Educational Multimedia*, 2004) complementado con *The Rise of Learning Objects* (Stephen Downes , Marzo, 2004).

Y en *Trends and Issues: The impact of Learning Objects* [220] se encuentra una excelente descripción de la tecnología, con un análisis de las implicaciones y tendencias futuras.

## 2.4. Conclusiones

En este capítulo se ha presentado el contexto dentro del cual se enmarca la tecnología de objetos de aprendizaje, ya que constituye la base para el desarrollo de esta tesis doctoral. El punto de partida ha sido el análisis del *eLearning*, a través del cual se han identificado los principales tipos de sistemas de *eLearning* (LMS y LCMS), que aunque con enfoques distintos, comparten aspectos que les permiten alcanzar el mismo objetivo de alto nivel: acelerar la transferencia de conocimiento.

Continuando hacia la caracterización de la tecnología de objetos de aprendizaje, se ha realizado el estudio de la tecnología de meta-datos. De dicho estudio se concluye que es posible imaginar que la creación de meta-datos consistentes permite cubrir nuevas necesidades, por ejemplo, el multiversiónado o la minería de datos. Sin embargo, el diseño técnico e intelectual requerido en el desarrollo y la gestión de los meta-datos no son procesos triviales. Queda aún por resolver muchas preguntas en relación a los meta-datos, como: ¿cuál es el mejor esquema o esquemas de meta-datos que debe aplicarse para cubrir las necesidades del creador de la información, los almacenes de recursos y sus usuarios?, ¿cómo capitalizar su utilización para anticiparse a futuras aplicaciones?, ¿qué estrategias se deben utilizar para asegurar el mantenimiento de los meta-datos de acuerdo con las versiones más recientes de los esquemas aplicados? Está claro que los meta-datos darán mucho de que hablar, sobre todo en los desarrollos orientados a la Web semántica, cuya finalidad es dotar de significado a todas las clases de información sobre la Web.

Finalmente, se ha realizado un análisis profundo de la tecnología de objetos de aprendizaje. Dicha tecnología representa un subconjunto importante de la información manejada dentro de la Web semántica. Uno de los problemas fundamentales que se ha observado en relación con esta tecnología es la falta de consenso en la propia definición de lo que es un objeto de aprendizaje. Sin embargo, después de analizar las diversas definiciones, desde nuestro punto de vista, la definición que mejor ofrece una visión de lo que debe ser un objeto de aprendizaje es la presentada por Sosteric y Hesemeier [211], quienes proponen que un objeto de aprendizaje es “un archivo digital (película, imagen, etc.) utilizado para propósitos pedagógicos los cuales incluyen internamente o por asociaciones sugerencias sobre el contexto apropiado en el cual utilizar el objeto”. A pesar de las discrepancias con referencia a la definición, sí que hay acuerdo en lo referente a los beneficios que aporta el uso de esta tecnología. Tales beneficios se han resumido en diferentes aspectos que, en última instancia, representan las características de la misma y cuya influencia en los diferentes tipos de usuarios (alumno, profesor, desarrollador) ha sido identifi-



cada. También se han tratado otros aspectos como los almacenes de recursos digitales, las diversas herramientas de soporte, sin olvidar el lado oscuro de esta tecnología y como no, las tendencias futuras. Entre las diferentes líneas de investigación, quizás la reutilización, a la cual se ha prestado una atención importante, representa uno de los retos más interesantes. La parte más complicada de la reutilización es el ensamblaje de objetos de aprendizaje para generar nuevos objetos de aprendizaje. El ensamblaje requiere esencialmente:

- La localización de los recursos de aprendizaje apropiados, que eventualmente puedan ser combinados para satisfacer los objetivos pedagógicos propuestos.
- La descripción de los objetos de aprendizaje a través de metadescripciones de alto nivel.
- La expresión formal de los objetivos de aprendizaje dentro del contexto seleccionado para realizar la experiencia de aprendizaje.
- Un conjunto de reglas de composición que regulen la construcción de los nuevos objetos de aprendizaje a partir de los ya existentes.

El análisis del estado de la cuestión y las conclusiones formuladas a partir del mismo, han permitido perfilar las características y los requisitos que debe cumplir la solución propuesta. En este sentido, se pretende aportar un primer paso a través del trabajo presentado en esta memoria, cuyo objetivo es ofrecer un modelo conceptual para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje, el cual se describe en el capítulo 3.



## Parte III

# MODELO CONCEPTUAL PARA LA GENERACIÓN, ENSAMBLAJE Y REUTILIZACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE



## Capítulo 3

# MODELO CONCEPTUAL ELO

En este capítulo se describe el modelo conceptual propuesto para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. Este modelo conceptual consta de un modelo de contenido cuyos componentes se describen en la sección 3.1.2. En la sección 3.2 se describen el mecanismo y el proceso de ensamblaje de ELOs propuesto y en la sección 3.3 se describe el proceso de reutilización de los ELOs.

Este modelo constituye una guía de apoyo para los profesores-diseñadores (o desarrolladores de contenido) que deseen crear y utilizar:

- Los componentes del modelo de contenido ELO: unidades de información (UIs), unidades de contenido (UCs), unidades didácticas (UDs).
- Los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje.
- Los meta-datos para describir los componentes del modelo de contenido y los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje.

### 3.1. Modelo de Contenido ELO

El modelo de contenido ELO describe los componentes utilizados en una experiencia de aprendizaje, cuál es la relación entre dichos componentes, cómo se describen para facilitar su búsqueda y descubrimiento y las reglas que hacen posible el ensamblaje de dichos componentes para su posterior reutilización.

### 3.1.1. Definición de ELO

En el modelo propuesto, se considera como ELOs (*Electronic Learning Objects*) a aquellos recursos educativos descritos por meta-datos y organizados en una estructura multicapa, de tal forma que los elementos más avanzados de esta estructura incluyen *conocimiento asociado* (CA) con vistas al ensamblaje y la reutilización.

El *conocimiento asociado* (denotado como *CA*) representa la característica esencial que hace posible el ensamblaje de diferentes tipos de ELOs. El *CA* se refiere a los *requisitos* necesarios para la comprensión del ELO y las *competencias* adquiridas después de su comprensión. Por ejemplo, en el contexto de la Informática, el *CA* para un curso sobre XML estaría representado por los siguientes *requisitos*: conocimientos básicos sobre WWW, HTML, construcción de páginas Web y conocimientos sobre lenguajes de *scripting* como *JavaScript* o *VBasic*. Y las *competencias* serían: aprender qué es XML y la diferencia respecto a HTML. También aprender a utilizar XML para el desarrollo de aplicaciones Web.

Los meta-datos que describen a los ELOs se basa en los siguientes criterios:

- En el nivel más sencillo, su estructura se corresponde con el estándar de meta-datos LOM desarrollado por el LTSC del IEEE (utilizado para la descripción de las *Unidades de Información*). Sobre ésta estructura se construyen otros dos niveles de meta-datos (utilizados para la descripción de las *Unidades de Contenido* y *Unidades Didácticas*).
- Deben diseñarse con vistas a su ensamblaje.
- Deben ser interoperables.
- Deben representar un medio clave para la búsqueda y descubrimiento de los datos y la información.
- Deben ser validados para asegurar la correcta realización de las operaciones de descubrimiento.
- Deben preservarse en un entorno seguro para protegerlos de las pérdidas y asegurar su continua disponibilidad.
- Deben actualizarse periódicamente para reflejar los cambios en los datos, en el acceso a los datos y en otra información contenida en los archivos de meta-datos.

A continuación se describen los componentes del modelo de contenido ELO.

### 3.1.2. Componentes del modelo de contenido ELO

El modelo de contenido ELO está formado por los siguientes componentes: *Unidades de Información* (UIs), *Unidades de Contenido* (UCs) y *Unidades Didácticas* (UDs). Estos componentes se ubican dentro de una estructura jerárquica que abarca tres niveles de granularidad: *Nivel 0*, *Nivel 1* y *Nivel 2*. Los elementos contenidos en cada uno de estos niveles determinan el grado de componibilidad de los objetos de aprendizaje, el cual depende del conocimiento asociado a cada elemento.

La figura 3.1 ilustra la estructura jerárquica y a continuación se describen las características estructurales correspondientes a cada uno de sus elementos (UI, UC y UD).

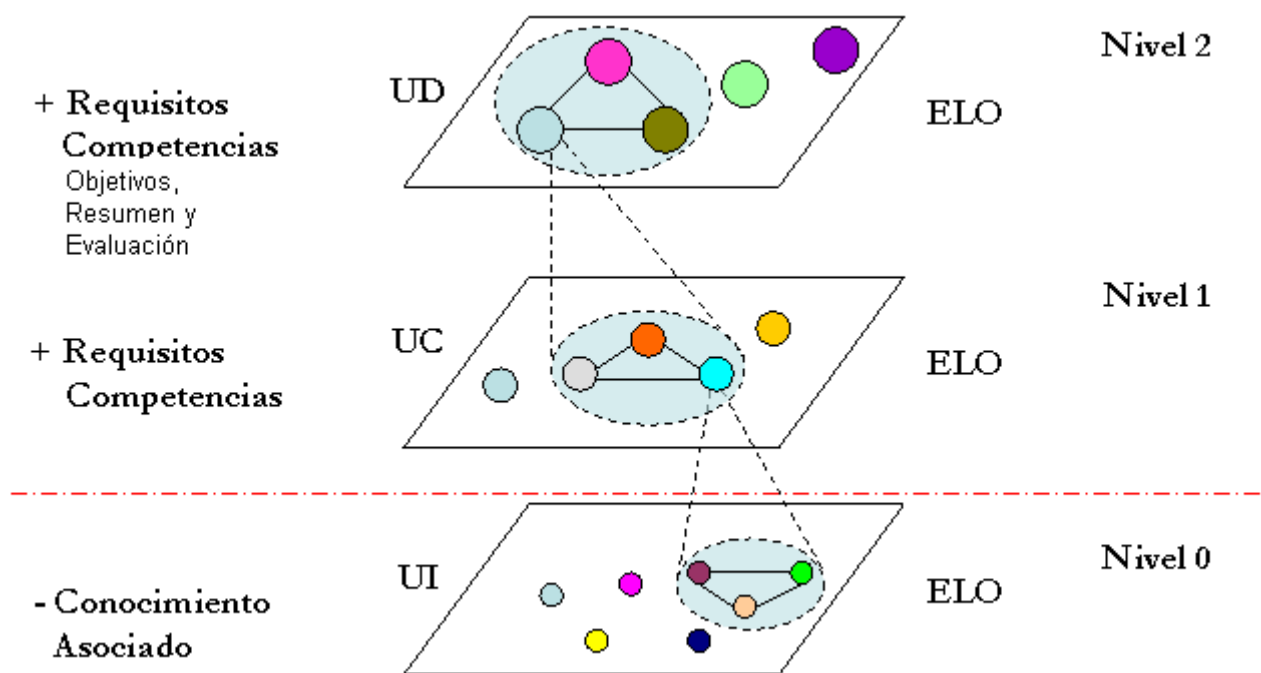


Figura 3.1: Niveles de granularidad

#### Unidades de Información (UI)

Las *unidades de información* se encuentran en el *Nivel 0*. Una unidad de información es un *elemento atómico* autocontenido y por lo tanto, altamente reutilizable. En adelante se denota como UI. Cada UI contiene un único

archivo multimedia que el usuario puede localizar, recuperar y manipular separadamente. Desde un punto de vista estructural coinciden con el estándar de meta-datos LOM [104]. En cuanto a su utilización, son asimilables a las *Assets* definidas dentro del modelo de referencia SCORM [197].

Las UIs carecen de conocimiento asociado por lo tanto necesitan de un contexto que les confiera significado educativo, ya que por si solas no representan un experiencia que proporcione conocimiento al alumno.

Ejemplos de unidades de información son ficheros cuyo contenido es texto, audio, imagen, etc. Por ejemplo, en el contexto de una asignatura de programación, algunas unidades de información serían: una descripción textual de la sentencia `if`, un ejemplo del uso de `if`, un diagrama de flujo de `if`, etc.

## - Meta-datos para las unidades de información (UIs)

Los meta-datos proporcionan una información descriptiva acerca de las UIs, independiente de su utilización en cualquier otro contenido. Estos meta-datos facilitan la reutilización y el descubrimiento dentro de almacén de ELOs, durante la creación de contenido. El conjunto de meta-datos que describe a las UIs es equivalente a los meta-datos definidos en el estándar de meta-datos LOM. De acuerdo con LOM todos los elementos de meta-datos son opcionales. Esto implica que cuando se construye una instancia de meta-datos el desarrollador puede seleccionar los elementos que quiere utilizar. El modelo de información de LOM está dividido en nueve categorías de elementos de meta-datos:

- *General*: utilizada para describir información general acerca de los componentes del modelo de contenido.
- *Life Cycle*: utilizada para describir características relacionadas con la historia y estado actual de los componentes del modelo de contenido y aquellos que han afectado al componente durante su evolución.
- *Meta-Metadata*: utilizada para describir información acerca del registro de meta-datos en sí mismo.
- *Technical*: utilizada para describir requisitos técnicos de los componentes del modelo de contenido.
- *Educational*: Utilizada para describir características educativas y pedagógicas de los componentes del modelo de contenido.
- *Rights*: Utilizada para describir los derechos de propiedad intelectual y las condiciones de uso de los componentes del modelo de contenido.



- *Relation*: Utilizada para definir las características que establecen las relaciones entre los componentes del modelo de contenido y otros componentes.
- *Annotation*: Utilizada para proporcionar comentarios sobre la utilidad educativa de los componentes del modelo de contenido, e información sobre cuándo y quién los realizó.
- *Classification*: Utilizada para describir cuando los componentes del modelo de contenido se encuentran dentro de un sistema de clasificación particular.

## Unidades de Contenido (UC)

Las *unidades de contenido* se encuentran en el *Nivel 1* de la estructura multicapa. En adelante se denotan como UCs. Una UC se forma ensamblando UIs, o ensamblando UIs y UCs. Las UCs representan una experiencia educativa con *conocimiento asociado*. Es decir, que una UC necesita de unos requisitos para su comprensión y proporciona unas competencias tras su comprensión. Desde el punto de vista de su utilización, las UCs son asimilables a los *SCO*s (*Sharable Content Objects*) de SCORM [197], con la diferencia fundamental de que las UCs tienen *conocimiento asociado*.

Dentro del contexto de una asignatura de programación, algunos ejemplos de UCs serían:

Unidades de Contenido	Título	Requisitos	Competencias
$UC_1$	Introducción a las Computadoras e Internet	Ninguno	Introducción computadoras, Introducción Internet
$UC_2$	Estructuras de Control I	Introducción Computadoras	Estructuras de Control I, if, if/else, switch
$UC_3$	Estructuras de Control II	Introducción Computadoras	Estructuras de Control II, do, while, do/while
$UC_4$	Métodos	Estructuras de selección, Estructuras de repetición	Métodos, parámetros por valor y referencia, parámetros de salida

Tabla 3.1: Ejemplos de unidades de contenido

Nótese que la tabla 3.1 se refiere a los meta-datos de las UCs, obviando los datos correspondientes a cada una de ellas.

## - Meta-datos para las unidades de contenido (UCs)

De la misma manera que para las UIs, los meta-datos proporcionan información descriptiva acerca del contenido de una UC independiente de su uso dentro de un curso u otro tipo de contenido. Estos meta-datos facilitan la reutilización y el descubrimiento dentro de almacén de ELOs, durante la creación de contenido. Dado que, desde nuestro punto de vista, las categorías del estándar de meta-datos LOM no eran suficientes para describir las UCs y las UDs de la forma adecuada en vistas al proceso de ensamblaje, se ha realizado una extensión al estándar de meta-datos LOM en la categoría 5. *Educational* añadiendo nuevos elementos a la misma. Los elementos añadidos al estándar LOM para describir unidades de contenido se muestran en la tabla 3.2.

Nr	Nombre	Explicación
5.12	requirements	condición o capacidad para que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los diferentes caminos de aprendizaje.
5.12.1	requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> .
5.13	competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente. Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”.
5.13.1	competency	En el proceso de ensamblaje, las competencias del ELO resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de los ELOs que se está ensamblando.
5.14	files	Indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados en el ensamblaje del nuevo ELO.
5.14.1	file	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje.

Tabla 3.2: Valor de los Meta-datos añadidos al estándar LOM para la descripción de unidades de contenido (UCs)

## Unidades Didácticas (UD)

Las *unidades didácticas* se encuentran en el *Nivel 2* de la estructura multicapa. Se denotan como UD. Una UD se forma ensamblando UCs, UCs con UD, o UD. Una UD representa el conocimiento referente a un área tras la acumulación de diversas experiencias educativas relacionadas. Al igual que las UCs una UD incluye conocimiento asociado. Desde un punto de vista centrado en su utilización, una UD es asimilable a un *Content Organization* SCORM,

al cual se le añade el *conocimiento asociado*.

Por ejemplo, dentro del contexto de una asignatura de programación, podríamos encontrar las siguientes UD's :

Unidades Didácticas	Título	Requisitos	Competencias	Objetivos	Resumen	Evaluación
UD <sub>1</sub>	Programación Java	Ninguno	Introducción computadoras, Introducción Internet, Estructuras de Control I, if, if/else, switch, Programación orientada a objetos...	Entender los conceptos básicos de la informática y familiarizarse con los lenguajes de programación, en especial Java	Aprender a programar en Java, entender técnicas de resolución de problemas	No especificada
UD <sub>2</sub>	Lenguaje unificado de modelado UML	Programación orientada a objetos	Modelado orientado a objetos, Diagramas de casos de uso, Diagramas de actividad, Diagramas de clases ...	Comprender y aplicar los conceptos básicos de UML	Aprender a utilizar UML	No especificada
UD <sub>3</sub>	Patrones de Diseño	Programación orientada a objetos, Análisis orientado a objetos, Diseño orientado a objetos	Patrones de diseño orientado a objetos, Patrones de creación, Abstract Factory	Utilizar los diferentes patrones de diseño	Entender la importancia y beneficios de la utilización de los patrones de diseño	Realizar el diseño de un sistema informático aplicando los conceptos aprendidos

Tabla 3.3: Ejemplos de unidades didácticas

Nótese que la tabla 3.3 se refiere a los meta-datos de las UD's, obviando los datos correspondientes a cada una de ellas.

### - Meta-datos para las unidades didácticas (UD's)

Al igual que para las UI's y las UC's, los meta-datos proporcionan información descriptiva acerca del contenido de una UD independiente de su uso dentro de un curso u otro tipo de contenido. Estos meta-datos facilitan la reutilización y el descubrimiento dentro del almacén de ELO's, durante la creación de contenido. Los elementos añadidos al estándar LOM para describir unidades didácticas son los mismos que se utilizan en la descripción de las UC's,

pero además se incluye otros meta-datos que aunque no influyen en el proceso de ensamblaje, permiten diferenciar la descripción de UCs y UD. Dichos elementos se muestran en la tabla 3.4.

Nr	Nombre	Explicación
5.15.1	objective	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”. El objetivo basado en esta competencia sería “ <i>los estudiantes deben construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”.
5.16	summary	Representa un resumen de los aspectos más relevantes de la UD.
5.17	evaluation	Representa los mecanismos de evaluación que serán aplicados para evaluar la UD creada
5.18	items	Describe la ubicación de los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje para generar la UD (representado mediante una URL) y además indica el tipo de ELO utilizado en su creación, sea UC o UD.
5.181	item	Contiene las direcciones (URLs) correspondientes a los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje y el tipo de cada uno de ellos (UC o UD).

Tabla 3.4: Valor de los Meta-datos añadidos al estándar LOM para la descripción de unidades didácticas (UDs)

## 3.2. Ensamblaje de ELOs

En esta sección se presta especial atención a la noción de *ensamblaje*, la cual se puede describir en términos de la correspondencia sintáctica, estructural y semántica entre los recursos educativos. El proceso de ensamblaje proporciona una forma consistente para relacionar diferentes tipos de componentes del modelo de contenido ELO, mediante la aplicación de un mecanismo de ensamblaje. En particular, se aborda la correspondencia semántica, representada mediante ontologías. Esto permite la construcción del mecanismo para el ensamblaje de objetos de aprendizaje heterogéneos, denominado *OntoGlue*. El elemento fundamental del mecanismo propuesto es el concepto de *conocimiento asociado* (CA), descrito en la sección 3.1.1. El proceso de ensamblaje se completa con la descripción del ELO mediante la aplicación basada en reglas de meta-datos didácticos. La consistencia del proceso de ensamblaje facilita la búsqueda y descubrimiento de los ELOs, para su posterior reutilización.

La tabla 3.5 muestra las posibles combinaciones que se pueden presentar entre los elementos pertenecientes a los distintos niveles de granularidad (figura 3.1).

	<b>UI</b> (Nivel 0)	<b>UC</b> (Nivel 1)	<b>UD</b> (Nivel 2)
<b>UI</b> (Nivel 0)	UC	UC	×
<b>UC</b> (Nivel 1)	UC	UD	UD
<b>UD</b> (Nivel 2)	×	UD	UD

Tabla 3.5: Resultado de ensamblar ELOs pertenecientes a distintos niveles

La tabla 3.5 indica que es posible obtener UCs a partir del ensamblaje de UIs o del ensamblaje entre UIs y UCs. No se contemplan combinaciones entre elementos atómicos como las UIs y estructuras complejas como las UDs, pues las UIs solo pueden llegar a las UDs a través de las UCs.

El ensamblaje de UCs da como resultado una UD. El ensamblaje entre UCs y UDs genera una nueva UD. Finalmente, el ensamblaje UDd da como resultado una nueva UD.

El proceso de ensamblaje de ELOs requiere de la definición de conceptos clave, como la comparación entre ELOs descrita en la sección 3.2.1, la cual enfatiza en la comparación del *conocimiento asociado* definido para ELOs heterogéneos (UCs y UDd). En esta misma sección, se explica la importancia de las ontologías en la definición del mecanismo para el ensamblaje de ELOs, así como también una discusión referente a la utilización de lógica de primer orden dentro del contexto de esta tesis. Y previo a la descripción del mecanismo para el ensamblaje de ELOs (OntoGlue) (sección 3.2.2), se describe la representación de los ELOs desde el punto de vista de su descripción formal.

### 3.2.1. Comparación entre ELOs

El punto clave en el proceso de ensamblaje de ELOs es la comparación del *conocimiento asociado* definido para ELOs heterogéneos. Esto significa que interesa comparar semánticamente los requisitos y las competencias definidas para cada uno de los ELOs en cuestión. Por ejemplo, retomando uno de los ELOs definidos en la sección anterior dentro del contexto de la programación, supongamos que tenemos el requisito: *conocimiento básico computadoras* y la competencia: *conocimientos básico computadoras*. La pregunta clave es, ¿se puede deducir que el ELO que contiene la competencia puede ensamblarse con el ELO que contiene el requisito? En este caso, podemos afirmar que sí, ya que al ser sintácticamente iguales podemos suponer que la competencia *cubre* al requisito.

El problema se presenta cuando la sintaxis del conocimiento asociado a los

ELOs es diferente, aunque el conocimiento asociado tengan la misma semántica. Un ejemplo de este caso sería un ELO con el requisito *estructuras de selección* y otro ELO con la competencia *estructuras de control I*. ¿Podemos en este caso ensamblar ambos ELOs? La respuesta sería sí, si ambos conocimientos asociados, a pesar de tener una sintaxis distinta, tuvieran las misma semántica.

Para resolver este problema utilizaremos ontologías, ya que son un mecanismo clave en la tarea de establecer relaciones semánticas entre conceptos sintácticamente distintos [19].

## Ontologías

Las ontologías son entidades utilizadas con profusión en la inteligencia artificial. Su capacidad para estructurar conocimiento y los razonamientos que se pueden realizar sobre ellas hacen de las ontologías mecanismos muy útiles para diversas tareas [90].

Una definición muy breve del termino ontología es el proporcionado por Gruber [90], según la cual “una *ontología* es la especificación de una conceptualización”. Es decir, una ontología es una descripción de conceptos y relaciones que pueden existir para un usuario o una comunidad de usuarios.

Lo importante de una ontología (de acuerdo con lo dicho por Gruber) es el uso que se quiera hacer de ella. Por ejemplo, según Sinir [205] “una ontología es un mecanismo para especificar la semántica de los datos”. Rusell y Norvig [189] utilizan ontologías como mecanismos para “desarrollar representaciones capaces de sostener acciones racionales sobre un dominio”<sup>1</sup>.

Finalmente, un uso muy extendido de las ontologías se produce en el contexto de la Web semántica, donde las ontologías pueden utilizarse para “ser capaces de enlazar semánticamente distintos recursos” [18].

En cualquier caso, una ontología proporciona dos grandes beneficios: *(i)* permite estructurar un dominio de conocimiento; y *(ii)* permite hacer comparaciones entre términos sintácticamente distintos, aunque semánticamente iguales<sup>2</sup>.

En esta tesis se utilizan las ontologías para proporcionar vocabularios controlados en los que definir el *conocimiento asociado* (requisitos y competencias) a los ELOs. De esta forma, utilizando las clases de las ontologías, se dispone

---

<sup>1</sup>Este uso está muy relacionado con el concepto de *base de conocimiento*.

<sup>2</sup>Evidentemente, también permite hacer razonamientos sobre conceptos, aunque esta ventaja será utilizada parcialmente en esta tesis.

de un vocabulario homogéneo de definición de conocimiento asociado, lo que permite hacer comparaciones entre el conocimiento asociado perteneciente a distintos ELOs.

En cuanto a la extensión del vocabulario controlado, es decir, en cuanto al número de clases de la ontología, esta tesis comparte la idea de Hendler [95], ya que no se concibe la existencia de una única ontología de tamaño desmesurado que determine todo el vocabulario posible vinculado al conocimiento asociado. En su lugar se concibe la existencia de múltiples ontologías, específicas a entidades u organizaciones, que determinen el conocimiento asociado en un área particular. En cualquier caso, esta tesis tampoco se preocupa del proceso de definición de ontologías, trabajo que se reserva a expertos en pedagogía de cada área de conocimiento.

Con el fin de fomentar la reutilización y el ensamblaje de ELOs es necesario contar con un mecanismo que permita comparar diversos términos entre ontologías distintas. Por ejemplo, aunque “programación en Java” y “programar Java” pueden ser términos semánticamente equivalentes, desde un punto de vista sintáctico no son iguales. El uso de *mappings* entre ontologías resuelve este problema.

Un *mapping entre ontologías* es el proceso por el cual dos ontologías están relacionadas a nivel conceptual, y los individuos de la ontología origen se transforman en entidades en la ontología destino de acuerdo con las relaciones semánticas establecidas [201].

Esta tesis tampoco se preocupa del proceso mediante el cual se establecen los *mappings* entre distintas ontologías. Dicho proceso puede ser manual o automático [121]. En cualquier caso, su establecimiento o supervisión es un trabajo reservado a expertos en pedagogía de cada área de conocimiento.

## - Lenguajes de ontologías

Las ontologías deben estar representadas en algún lenguaje. Un lenguaje de ontologías normalmente introduce *conceptos* (clases, entidades), *propiedades* de conceptos (atributos), *relaciones* entre conceptos (asociaciones) y restricciones adicionales.

En general, un lenguaje de ontología puede ser:

- Simple: incluyendo únicamente conceptos y taxonomías
- Basado en marcos: incluyendo únicamente conceptos y propiedades

- Basado en lógica.

El modelo conceptual de datos del modelo Entidad-Relación o el Lenguaje Unificado de Modelado (UML [21]), pueden ser lenguajes válidos para representar ontologías [76]. Por supuesto también se pueden considerar los lenguajes que son variaciones de lógicas descriptivas asociados a diversos sistemas como *CLASSIC*, *OBSERVER*, *GRAIL*, *LOOM* u *OIL* [18], entre otras. Finalmente, también se dispone de lenguajes para la representación de ontologías basados en XML (por ejemplo, OWL [167]).

Hasta ahora hemos hablado únicamente de la sintaxis del lenguaje. En un mundo determinado, la semántica de la ontología viene dada por:

- Una clase se identifica con un conjunto de instancias
- Una relación  $n$ -aria se identifica con un conjunto de  $n$  tuplas de instancias
- Un atributo se identifica con un conjunto de pares de una sentencia y un elemento del dominio

Antes hemos definido lenguajes de descripción de ontologías y una semántica para las ontologías. Existe una forma alternativa de concebirlas:

- La ontología definida mediante un lenguaje visual, puede representarse a través de un conjunto de fórmulas de primer orden<sup>3</sup>.
- La semántica de la ontología son todos los modelos de la teoría asociada a dicho conjunto.

Los principales inconvenientes de utilizar lógica de primer orden como lenguaje de ontologías son:

- El poder expresivo es demasiado alto para obtener problemas de inferencia eficientes y decidibles.
- Si restringimos las expresiones lógicas, el poder de inferencia podría ser muy bajo para expresar teorías decidibles e interesantes.

Con el fin de subsanar este inconveniente se han desarrollado diversas *lógicas descriptivas* [9]. Estas lógicas son subconjuntos (fragmentos) de la lógica de

---

<sup>3</sup>Estas restricciones también podrían expresarse en un lenguaje menos formal.



primer orden que permiten mecanismos de razonamiento menos costosos que los basados en lógica de primer orden. Existen diversas lógicas descriptivas, desde FL- hasta ALC [9], una de las más utilizadas en la actualidad.

De esta forma, si se concibe una ontología considerando sus clases como una colección de restricciones, es posible deducir restricciones adicionales. Es decir, se puede *razonar* sobre la ontología. Por ejemplo, podemos comprobar si:

- Una clase es inconsistente (denota siempre al conjunto vacío).
- Una clase es subentidad de otra<sup>4</sup>, etc.

Las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 ilustran los conceptos anteriores. TC representa Tiempo Completo y TP Tiempo Parcial.

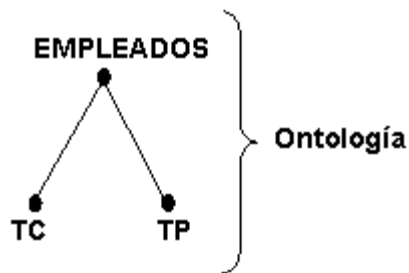


Figura 3.2: Ejemplo de ontología

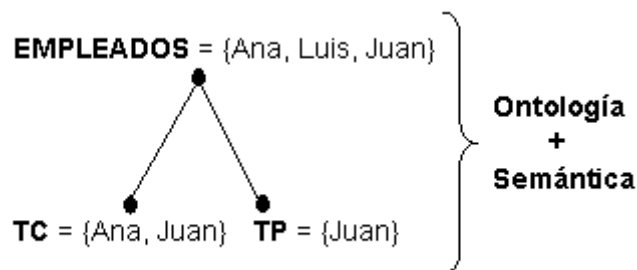


Figura 3.3: Ontología más Semántica

Esta tesis abstrae del lenguaje concreto de definición de ontologías por dos razones. En primer lugar, y como ya hemos comentado, los individuos que

<sup>4</sup>O dicho de otra forma, una entidad es subsumida por otra.

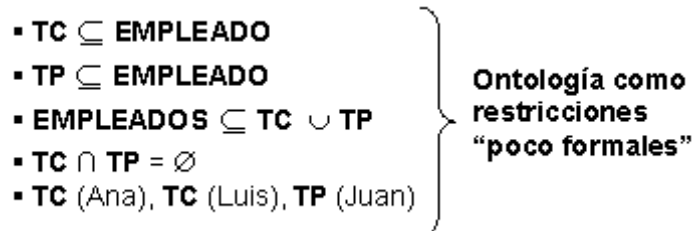


Figura 3.4: Ontología como restricciones “poco formales”

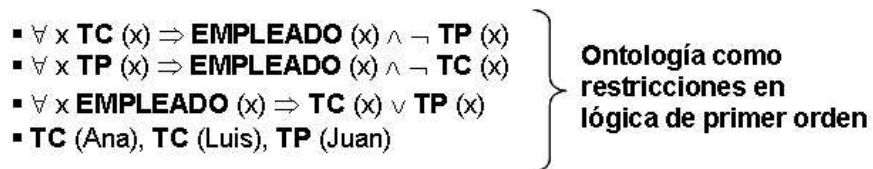


Figura 3.5: Ontología como restricciones en lógica de primer orden

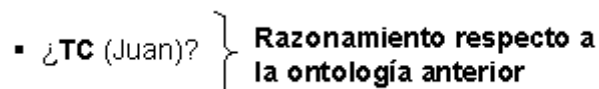


Figura 3.6: Razonamiento sobre la ontología anterior

componen las clases no son relevantes, ya que solo nos interesa el nombre de las clases y las relaciones de estas con el resto de las clases de la ontología<sup>5</sup> para formar una taxonomía. Es decir, solo nos interesa la taxonomía inducida por el vocabulario de las clases [189].

En segundo lugar, en esta tesis no va a ser necesario razonar sobre ontologías más allá de una mera comprobación estática de relaciones estructurales sobre clases, ya que las clases son fijas (constantes en número y nombre) y previamente organizadas en forma de taxonomía. Dicho de otra formas, aunque en esta tesis se utiliza el mecanismo de subsunción en ontologías [9], solamente se aplica a ontologías ya construidas. Por tanto, el problema de subsunción solo se aplica a conceptos que ya han sido subsumidos y que han formado una ontología, no a cualquier expresión que pueda construirse utilizando la gramática que defina a una lógica descriptiva.

Así, si se tienen dos conceptos  $C$  y  $D$  que se corresponden con clases de una ontología ya construida, la pregunta  $C \sqsubseteq D$ , es equivalente a calcular si  $(C \text{ is\_a } D) \vee \exists E((C \text{ is\_a } E) \wedge (E \sqsubseteq D))$ .

Por los dos motivos anteriores:

- En esta tesis, se utiliza en los ejemplos una notación visual similar a la utilizada por Franconi [76], con una semántica idéntica a la proporcionada por él.
- Con respecto a las expresiones formales que hacen referencia a las ontologías, utilizaremos lógica de primer orden, con independencia de la forma en que se conciban las clases de las ontologías.

Las figuras 3.7 y 3.8 ilustran los conceptos anteriores.

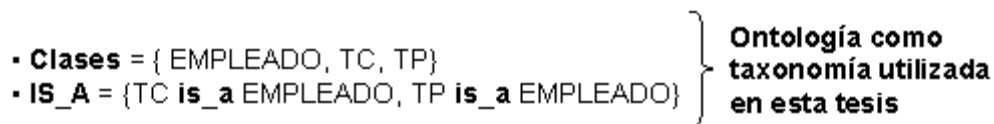


Figura 3.7: Ontología como taxonomía utilizada en esta tesis

En cuanto a los *mappings* entre ontologías, se utiliza la siguiente notación:

- Las letras  $O, O'$  denotan las ontologías.

---

<sup>5</sup>Según la relación is\_a [76]

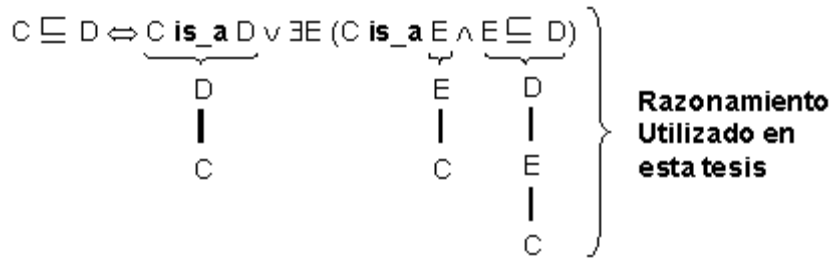


Figura 3.8: Razonamiento utilizado en esta tesis

- El conjunto de clases que forman a una ontología  $O$ , se denota como  $Clases_O$ .
- Por conveniencia, también consideraremos el conjunto de todas las ontologías posibles, el cual se denota como  $\Omega_{Ontologias}$ .
- Finalmente, los *mappings* entre ontologías se denotan como  $m : Clases_O \rightarrow Clases_{O'} \cup \{\perp\}$ .

Nótese que los *mappings* no tienen por que ser totales, ya que es bastante difícil que una ontología contenga en su totalidad a las clases de otra distinta [121]. Para convertir a los *mappings* en funciones totales, utilizaremos el símbolo  $\perp$ .

- El caso anterior se refiere a los *mappings* 1 a 1, es decir, cuando una clase en una ontología se corresponde con una única clase en otra ontología. Es posible también la existencia de *mappings* 1 a n, donde una clase puede corresponderse con más de una clase en otra ontología. En este caso, los *mappings* se denotan como  $m : Clases_O \rightarrow 2^{Clases_{O'}} \cup \{\perp\}$

Antes de describir en detalle el mecanismo de ensamblaje de ELOs, describiremos cómo se representan los ELOs desde el punto de vista de su descripción formal.

## Formalización de los ELOs

En la sección 3.1.2 se describieron los ELOs desde un punto de vista conceptual. En este apartado, se proporciona una formalización con vistas a la definición del mecanismo de ensamblaje de ELOs. Los ELOs se caracterizan

desde el punto de vista de los requisitos y las competencias. Para ello, se definen los siguientes conceptos.

Para los propósitos de formalización se definen los siguientes conjuntos:

- $\mathcal{R}$ : Conjunto de todos los requisitos.
- $\mathcal{C}$ : Conjunto de todas las competencias.
- $\mathcal{M}$ : Conjunto de todos los meta-datos y
- $\mathcal{D}$ : Conjunto de todos los datos.

Nótese que:

- $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{M}$ , es decir, los requisitos son meta-datos
- $\mathcal{C} \subseteq \mathcal{M}$ , es decir, las competencias son meta-datos
- $\mathcal{R} \cap \mathcal{C} \neq \emptyset$ , es decir, imponemos esta restricción para hacer válido el mecanismo de ensamblaje, ya que de ser disjuntos no tendríamos de competencias para cubrir requisitos.

En nuestra aproximación utilizaremos ontologías para el proceso de ensamblaje. Estas ontologías definen taxonomías de meta-datos, proporcionando una representación estructurada del dominio. Por tanto, lo que se está diciendo es que tendremos ontologías  $O$  cuyas clases ( $Clases_O$ ) serán meta-datos (es decir,  $Clases_O \subseteq \mathcal{M}$ ).

Nótese además que hablamos de un contenido a nivel sintáctico. Por ejemplo, si consideramos la ontología de *Formas* tal y como se ilustra en la figura 3.9:

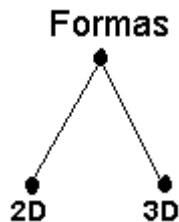


Figura 3.9: Ejemplo de ontología

En nuestra aproximación consideramos únicamente el nombre de las clases y no los individuos que las componen. Es decir,  $Clases_O = \{Formas, 2D, 3D\} \subseteq \mathcal{M}$  con independencia de que la clase  $2D = \{círculo, cuadrado, triángulo, \dots\}$

A partir de estos conceptos proporcionamos una definición formal para los ELOs, empezando por los elementos más atómicos, las unidades de información.

### Representación formal de las unidades de información (UIs)

**Definición 3.2.1 (Formalización Unidades de Información).** *Sea  $\mathcal{D}$  el conjunto de todos los datos posibles y sea  $\mathcal{M}$  el conjunto de todos los meta-datos posibles. Definimos al conjunto de unidades de información como un subconjunto  $\mathcal{UI} \subseteq 2^{\mathcal{D}} \times 2^{\mathcal{M}}$ . Así, si tenemos una unidad de información  $i \in \mathcal{UI}$ ,  $i$  será de la forma  $i = (D, M)$ . Donde:*

- $D$ : Es el conjunto de datos de  $i$ .
- $M$ : Es el conjunto de meta-datos de  $i$ .

Nótese que a nivel conceptual el conjunto de datos  $M$  coincide con los meta-datos que describe el estándar LOM. Sea como fuere, este detalle no tiene mayor trascendencia en la formalización, ya que únicamente estamos interesados en describir el proceso de ensamblaje de ELOs y este proceso solo tiene en cuenta el conocimiento asociado.

Cabe señalar que entendemos por datos cualquier tipo de representación multimedia, es decir, texto, audio, imagen, vídeo, etc. individual o una combinación de ellas.

### - Ejemplo de aplicación de la representación formal de las UIs

Supongamos que tenemos una unidad de información  $i_1$  que representa una sentencia  $if$  (expresada por un texto) y otra unidad de información  $i_2$  que representa un diagrama de flujo de una sentencia  $if$  (expresada como una imagen). Veamos cómo se expresa formalmente cada una de estas unidades de información, si aplicamos la representación formal correspondiente.

$$\begin{aligned} \text{texto sentencia } if &\quad \leftrightarrow \quad i = (TEXTO_{if}, METADATOS_{TEXTO_{if}}) \\ \text{imagen sentencia } if &\quad \leftrightarrow \quad i = (IMAGEN_{if}, METADATOS_{IMAGEN_{if}}) \end{aligned}$$

## Representación formal de las unidades de contenido (UCs)

**Definición 3.2.2 (Formalización Unidades de Contenido).** Sea  $\mathcal{D}$  el conjunto de todos los datos posibles y sea  $\mathcal{M}$  el conjunto de todos los meta-datos posibles,  $\mathcal{R}$  el conjunto de todos los requisitos posibles y  $\mathcal{C}$  el conjunto de todas las competencias posibles. Definimos al conjunto de unidades de contenido como un subconjunto  $\mathcal{UC} \subseteq 2^{\mathcal{D}} \times 2^{\mathcal{M}} \times 2^{\mathcal{R}} \times 2^{\mathcal{C}}$ . Así, si tenemos una unidad de contenido  $c \in \mathcal{UC}$ ,  $c$  será de la forma  $c = (D, M, R, C)$ . Donde:

- $D$ : Es el conjunto de datos de  $c$ .
- $M$ : Es el conjunto de meta-datos de  $c$ .
- $R$ : Es el conjunto de requisitos de  $c$ .
- $C$ : Es el conjunto de competencias de  $c$ .

### - Ejemplo de aplicación de la representación formal de las UCs

Para ilustrar la aplicación de la representación formal de las UCs retomamos los ejemplos presentados en la tabla 3.1:

$UC_1$ : ICI (Introducción a las computadoras e Internet)	$\leftrightarrow c = (ICI, METADATOS_{ICI}, \{\emptyset\}, \{\text{Introducción a las computadoras e Internet}\})$
$UC_2$ : ECI (Estructuras de Control I)	$\leftrightarrow c = (ECI, METADATOS_{ECI}, \{\text{Introducción a las computadoras e Internet}\}, \{\text{Estructuras de Control I, if, if/else, switch}\})$
$UC_3$ : ECII (Estructuras de Control II)	$\leftrightarrow c = (ECII, METADATOS_{ECII}, \{ICI\}, \{\text{Estructuras de Control II, do, while, do/while}\})$
$UC_4$ : Métodos	$\leftrightarrow c = (METODOS, METADATOS_{METODOS}, \{ES, ER\}, \{\text{METODOS, PVR, PS,}\})$

## Representación formal de las unidades didácticas (UDs)

**Definición 3.2.3 (Formalización Unidades Didácticas).** *Sea  $\mathcal{D}$  el conjunto de todos los datos posibles y sea  $\mathcal{M}$  el conjunto de todos los meta-datos posibles,  $\mathcal{R}$  el conjunto de todos los requisitos posibles,  $\mathcal{C}$  el conjunto de todas las competencias posibles. Definimos al conjunto de unidades didácticas como un subconjunto  $\mathcal{UD} \subseteq 2^{\mathcal{D}} \times 2^{\mathcal{M}} \times 2^{\mathcal{R}} \times 2^{\mathcal{C}}$ . Así, si tenemos una unidad didáctica  $d \in \mathcal{UD}$ ,  $d$  será de la forma  $d = (D, M, R, C)$ . Donde:*

- $D$ : Es el conjunto de datos de  $d$ .
- $M$ : Es el conjunto de meta-datos de  $d$ .
- $R$ : Es el conjunto de requisitos de  $d$ .
- $C$ : Es el conjunto de competencias de  $d$ .

Nótese que desde un punto de vista composicional las UCs y las UDs coinciden. Esto no representa un contradicción, ya que como se describe en el mecanismo *OntoGlue* (sección 3.2.2) no hay diferencias entre las UCs y UDs desde el punto de vista composicional en la práctica.

### - Ejemplo de aplicación de la representación formal de las UDs

Para ilustrar la aplicación de la representación formal de las UDs retomamos los ejemplos presentados en la tabla 3.3:



$UD_1$ : Programación Java	$\leftrightarrow d =$	(PROGRAMACION JAVA, $METADATOS_{PROGRAMACIONJAVA}$ , {ICI, ECI, ECII, POO, ...})	{ $\emptyset$ },
$UD_2$ : UML (Lenguaje Unificado de Modelado)	$\leftrightarrow d =$	(UML, $METADATOS_{UML}$ , {POO}, {MOO, DCU, DA, DC, ...})	
$UD_3$ : PD (Patrones de Diseño)	$\leftrightarrow d =$	(PD, $METADATOS_{PD}$ , {POO, AOO, DOO}, {PDOO, PC, ...})	

Finalmente, proporcionamos una descripción formal de los ELOs.

### Representación formal de los ELOs

**Definición 3.2.4 (Formalización ELOs).** Sea  $\mathcal{E} = \mathcal{UI} \cup \mathcal{UC} \cup \mathcal{UD}$  y sea  $\Pi_i$  la proyección  $i$ -ésima de una tupla. Entonces, sea  $e \in \mathcal{E}$ . Definimos  $Requisitos_e$  como:

- $\emptyset$ , si  $e \in \mathcal{UI}$
- $\mathcal{R} = \Pi_4 e$ , si  $e \in \mathcal{UC} \in \mathcal{UD}$

Definimos  $Competencias_e$  como:

- $\emptyset$  si  $e \in \mathcal{UI}$
- $\mathcal{C} = \Pi_3 e$ , si  $e \in \mathcal{UC} \in \mathcal{UD}$

### Mecanismo de comparación: *OntoGlue*

*OntoGlue* representa un mecanismo de comparación semántica entre los requisitos y las competencias pertenecientes a los ELOs que se quieren ensamblar. Los conceptos básicos necesarios para comprender su funcionamiento se describen en detalle en la siguientes sección.

### 3.2.2. *OntoGlue*: mecanismo para el ensamblaje de ELOs basado en ontologías

*OntoGlue* es un mecanismo desarrollado en esta tesis, basado en ontologías que permite comparar semánticamente los requisitos y las competencias pertenecientes a ELOs heterogéneos. Así pues, los requisitos y las competencias representan clases que pertenecen a ontologías particulares. El problema fundamental al que se da solución con la aplicación de *OntoGlue* es a la diferencia sintáctica entre conceptos, puesto que se establecen *mappings* entre ontologías.

Para entender como funciona el mecanismo *OntoGlue*, es necesario definir previamente algunos conceptos:

- *Ontología alcanzable por una clase*. Este concepto indica si una clase de una ontología tiene una representación como otra clase en otra ontología gracias a un *mapping*, o encadenamiento de *mappings*.
- *Representación de una clase en la ontología*. Este concepto permite obtener la representación en una ontología destino de una clase que es capaz de alcanzar a otra ontología.
- *Conocimiento cubierto*. Este concepto indica cuando una clase subsume a otra, bien en la misma ontología, o bien en otra ontología alcanzable por ambas clases.

Estos conceptos se analizan tanto para el caso de *mappings 1 a 1* como para *mappings 1 a n*. También se analiza el caso de conocimiento cubierto entre grupos de clases. En todas las definiciones se incluye un ejemplo sencillo para motivar la necesidad de las mismas. Cada ejemplo representa un caso donde las clases tienen una sintaxis distinta, pero una semántica idéntica.

#### Ontología Alcanzable

Como se ha comentado antes, este concepto hace referencia a la posibilidad de que exista un *mapping* (o cadena de éstos) que asigne a una clase en una ontología origen otra clase en una ontología destino. Esta ontología destino la denominaremos *ontología alcanzable*. Por ejemplo, supongamos que tenemos la clase (o conocimiento asociado) *JSP* que denota una habilidad necesaria en la ontología *Programación avanzada en Java*. Veamos tres casos en los que la clase *JSP* alcanza a una ontología:

- Toda clase alcanza a la ontología que la define, es decir *JSP* alcanza a *Programación avanzada en Java*.
- Hay un *mapping* de la ontología origen a la ontología destino. Así, si tenemos un *mapping*  $m$  tal que  $m(JSP) = \text{Java Server Page}$ , siendo *Java Server Page* una clase de la ontología *Tecnologías Web en Java*, decimos que la clase *JSP* alcanza a la ontología *Tecnologías Web en Java*.
- Hay una cadena de *mappings* de la ontología origen a la ontología destino. Así, si en el caso anterior existe un *mapping*  $m'$  tal que  $m'(\text{Java Server Page}) = \text{Página de Servidor Java}$ , siendo *Página de Servidor Java* una clase de la ontología *Java avanzado*, decimos que la clase *JSP* alcanza a la ontología *Java avanzado*.

La figura 3.10 ilustra estos ejemplos

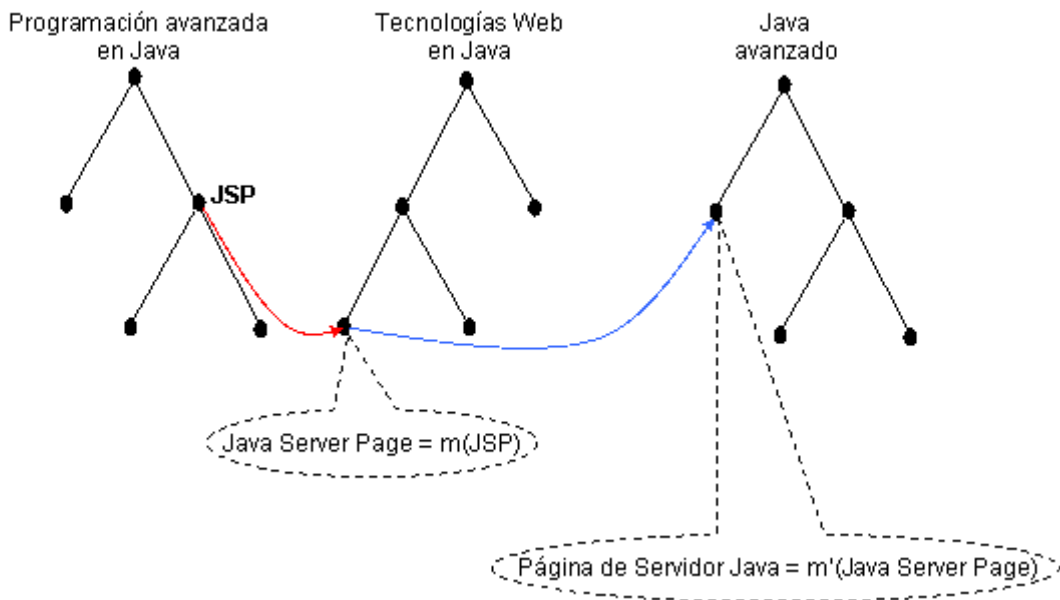


Figura 3.10: Situación de los ejemplos

Los ejemplos anteriores se formalizan a continuación.

**Definición 3.2.5 (Ontología Alcanzable).** Sea  $O \in \Omega_{\text{Ontologías}}$  una ontología y  $C \in \text{Clases}_O$  una clase suya. Sea  $O' \in \Omega_{\text{Ontologías}}$  una ontología. Decimos que  $O'$  es alcanzable por  $C$  si

(a) Las ontologías coinciden, es decir que

$$O = O'$$

La figura 3.11 ilustra este caso:

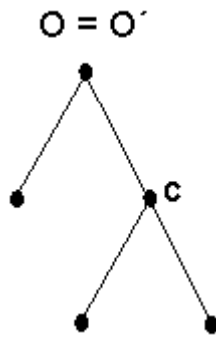


Figura 3.11: Las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son iguales

(b) Hay un *mapping*  $m(C)$  que lleva la clase  $C$  de la ontología origen  $O$  a la ontología destino  $O'$

$$\exists m: Clases_O \rightarrow Clases_{O'} \cup \{\perp\}, \text{ tq } m(C) \in Clases_{O'}$$

La figura 3.12 ilustra este caso:

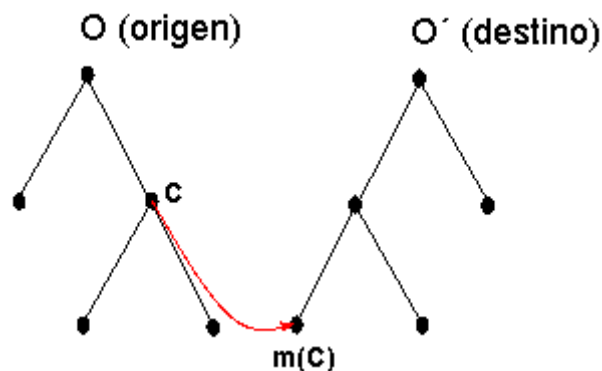


Figura 3.12: Las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  distintas

(c) Si hay varios *mappings*  $m(C)$  que llevan a la clase  $C$  a la ontología destino  $O'$

$$\exists O'' \in \Omega_{Ontologías}, \exists m: Clases_O \rightarrow Clases_{O''} \cup \{\perp\}, tq \\ m(C) \in Clases_{O''} \text{ y } O' \text{ es alcanzable por } m(C).$$

La figura 3.13 ilustra este caso:

En este ejemplo, los *mappings* intermedios  $m(C)$  llevan a la clase  $C$  a la ontología destino  $O'$ .

### Representación de una clase en una ontología

Como se ha comentado en párrafos anteriores, si hay un *mapping* entre dos ontologías, es importante conocer cuál es la representación en la ontología destino de la clase sobre la que actúa dicho *mapping*. Así, en el ejemplo que se está manejando:

- La representación de toda clase en su ontología es ella misma, es decir, la representación de la clase *JSP* en la ontología *Programación avanzada en Java*, es la propia clase *JSP*.
- Si hay un *mapping* de la ontología origen a la ontología destino,  $m$  tal que  $m(JSP) = Java\ Server\ Page$ , siendo *Java Server Page* una clase de la ontología *Tecnologías Web en Java*, la representación de la clase *JSP* en la ontología *Tecnologías Web en Java*, es la clase *Java Server Page*.

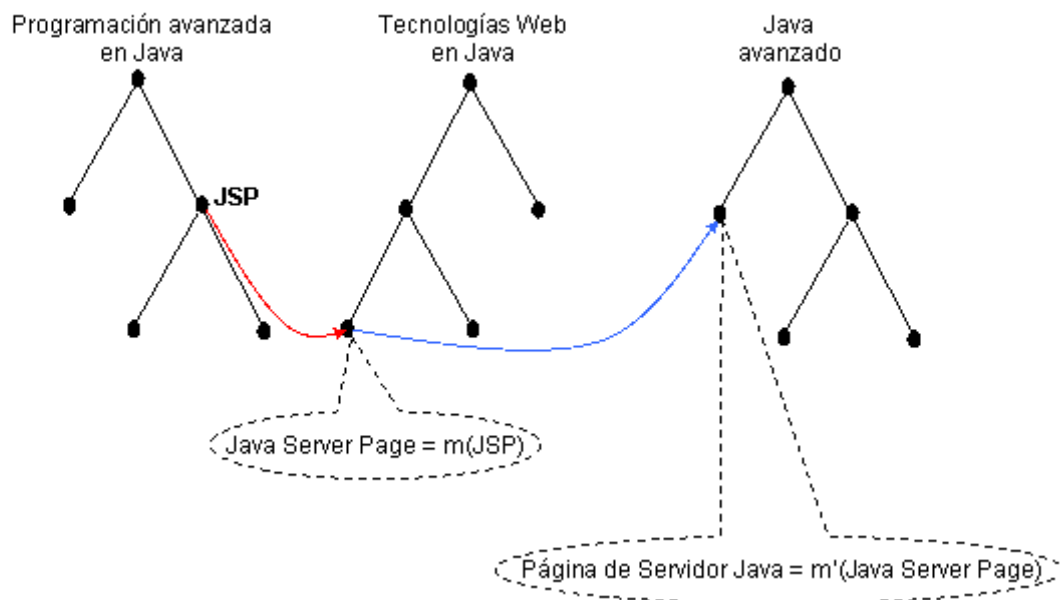


Figura 3.13: Los *mappings* intermedios llevan a  $C$  a la ontología destino  $O'$

- Si hay una cadena de *mappings* de la ontología origen a la ontología destino, tal que en el caso anterior existe un *mapping*  $m'$  tal que  $m'(Java\ Server\ Page) = P\acute{a}gina\ de\ Servidor\ Java$ , siendo *Página de Servidor Java* una clase de la ontología *Java avanzado*, la representación de la clase *JSP* en la ontología *Java avanzado* es la clase *Página de Servidor Java*.

Para obtener esta representación es necesario definir la *función representación*, tal como se muestra en la siguiente definición.

**Definición 3.2.6 (Representación de una clase en una ontología).** Sean  $O, O' \in \Omega_{Ontologias}$  ontologías,  $C \in Clases_O$  una clase de  $O$ , y  $O'$  alcanzable por  $C$ . La representación de  $C$  en  $O'$ , es una función  $rep : \Omega_{Clases} \times \Omega_{Ontologias} \rightarrow \Omega_{Clases} \cup \{\perp\}$  tq:

- (a) Si las ontologías coinciden:

$$O = O' \Rightarrow rep(C, O') = C$$

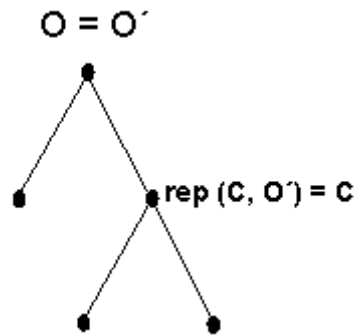


Figura 3.14: Representación de  $C$  cuando las ontologías origen y destino son iguales

La figura 3.14 ilustra este caso:

(b) Si hay un mapping  $m$  entre las ontologías:

$$\begin{aligned} &\exists m: Clases_O \rightarrow Clases_{O'} \cup \{\perp\}, \text{ tq} \\ &m(C) \in Clases_{O'} \Rightarrow \text{rep}(C, O') = m(C) \end{aligned}$$

La figura 3.15 ilustra este caso:

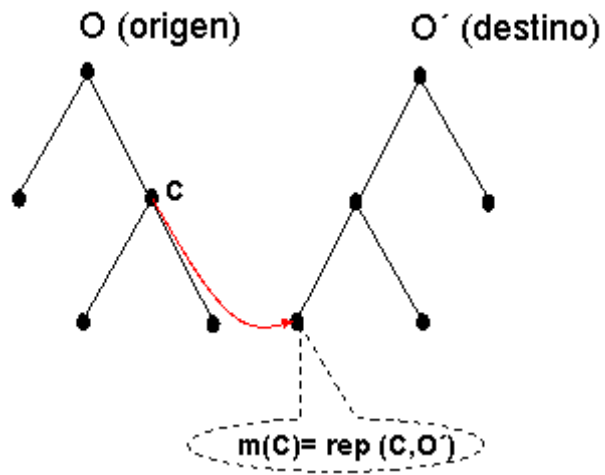


Figura 3.15: Representación de  $C$  cuando las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son distintas y hay un único *mapping*

(c) Si hay una cadena de *mappings* entre las ontologías:

$$\begin{aligned} \exists O'' \in \Omega_{\text{Ontologías}}, \exists m: \text{Clases}_O \rightarrow \text{Clases}_{O''} \cup \{\perp\}, tq \\ m(C) \in \text{Clases}_{O''} \Rightarrow \text{rep}(C, O') = \text{rep}(m(C), O') \end{aligned}$$

La figura 3.16 ilustra este caso:



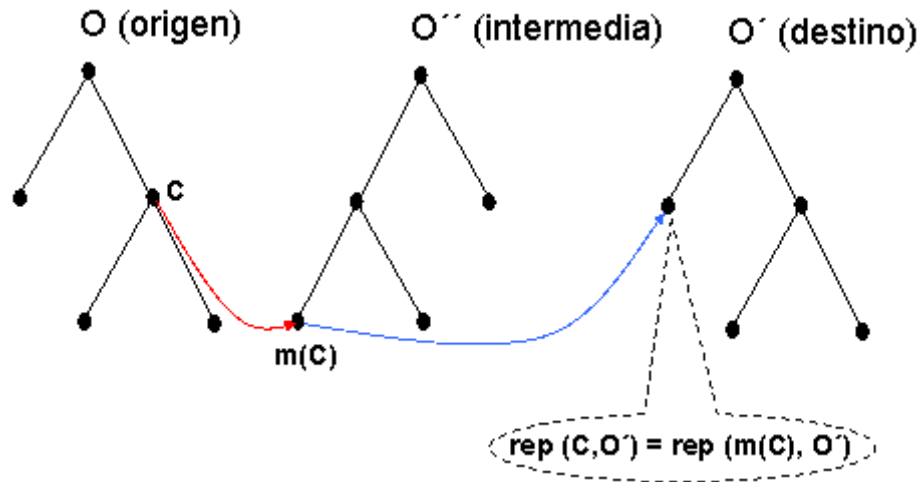


Figura 3.16: Representación de  $C$  cuando existen ontologías intermedias  $O''$  para llegar a la ontología destino  $O'$

(d) Para hacer esta función total también se considera el caso en el que la clase origen no alcanza a la ontología destino:

$$eoc, rep(C, O') = \perp$$

### Conocimiento cubierto

En párrafos anteriores se ha comentado que este concepto es similar al de subsunción, pero además considera el caso en el que las clases a comparar no se encuentren en la misma ontología. Si las clases no se encuentran dentro de la misma ontología, el caso más general es aquel en el que existe una ontología intermedia de comparación, alcanzable por ambas clases.

Por ejemplo, si se quiere comparar la clase *JSP* de la ontología *Programación avanzada en Java*, con la clase *Struts* de la ontología *Java avanzado*, y no hay ningún *mapping* que lleve a la clase *Struts* a la ontología *Programación avanzada en Java*, ni ningún *mapping* que lleve a la clase *JSP* a la ontología *Java avanzado*. Entonces ¿es imposible comparar ambas clases? No necesariamente. Supongamos que existe un *mapping*  $m$ , tal que  $m(JSP) = Java Server Page$  en la ontología *Tecnologías Web en Java*; y que existe también otro *mapping*  $n$ , tal que  $n(Struts) = Jakarta Struts$ , siendo *Jakarta Struts* una clase de la ontología *Tecnologías Web en Java*. En este caso, se pueden comparar las

clases *JSP* y *Struts* en la ontología intermedia de comparación *Tecnologías Web en Java*. Supongamos que en esta ontología se tiene que *Jakarta Struts* *is\_a* *Java Server Page*, ya que *Jakarta Struts* es una clase más específica que *Java Server Pages*. En este caso, se puede decir que *JSP cubre* a *Struts*, ya que en una ontología de comparación (*Tecnologías Web en Java*) la representación de la clase (*Java Server Page*) subsume a la representación de la otra clase (*Jakarta Struts*).

A continuación se presenta la formalización del ejemplo anterior.

**Definición 3.2.7 (Una clase cubre a otra clase).** Sean  $O, O' \in \Omega_{\text{Ontologías}}$  ontologías. Sean  $C \in \text{Clases}_O$ , y  $C' \in \text{Clases}_{O'}$  clases suyas. Si  $\exists O'' \in \Omega_{\text{Ontologías}}$ , ontología tq  $O''$  es alcanzable por  $C$  y  $C'$ , entonces  $C$  cubre a  $C'$  ( $C \vdash C'$ ) sii,  $\text{rep}(C', O'') \text{ is\_a } \text{rep}(C, O'')$

Es decir, que dentro de la ontología de comparación, la clase que representa a  $C$  subsume a la clase que representa a  $C'$ .

Las figuras 3.17, 3.18 y 3.19 ilustran varios ejemplos de conocimiento cubierto.

En la figura 3.17, las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son iguales y la clase  $C$  contiene a  $C'$ , por lo tanto  $C$  cubre a  $C'$ .

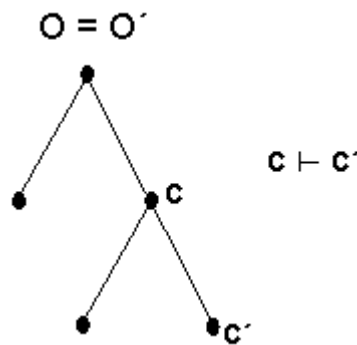


Figura 3.17: Ejemplo de conocimiento cubierto donde las ontologías origen y destino son iguales

En la figura 3.18 las ontologías de origen  $O$  y destino  $O'$  son diferentes, y  $C$  cubre a  $C'$  porque la representación de la clase  $C$  en la ontología destino  $O'$  (esto es,  $\text{rep}(C, O')$ ) subsume a  $C'$ .

En la figura 3.19 las representaciones de las clases  $C$  y  $C'$  en la ontología de comparación  $O''$  son iguales, por lo tanto,  $C$  cubre a  $C'$ .

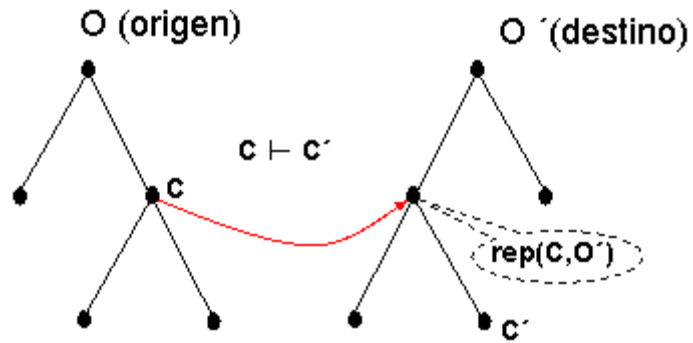


Figura 3.18: Ejemplo de conocimiento cubierto donde las ontologías origen y destino son diferentes

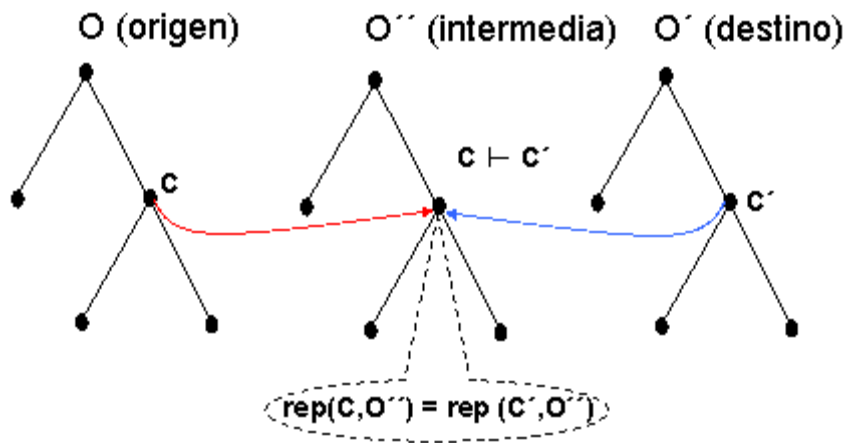


Figura 3.19: Conocimiento cubierto cuando existen ontologías intermedias

## Conocimiento cubierto (entre conjuntos)

Finalmente, en este apartado se define la noción de conocimiento cubierto entre conjuntos. Es necesario ampliar la definición anterior de conocimiento cubierto porque en la práctica se comparan conjuntos de competencias y requisitos, y no una única competencia con un único requisito.

La extensión supone la posibilidad de tener dos conjuntos de clases de distintas ontologías. Se dice que un conjunto cubre a otro, si para cada clase del conjunto a cubrir hay una clase del conjunto que cubre, de tal forma que son comparables en alguna ontología de comparación, y una clase cubre a la otra.

**Definición 3.2.8 (Conocimiento cubierto entre conjuntos).** Sean  $\phi, \psi \subseteq \Omega_{Clases}$  conjuntos de clases de ontologías. Si  $\forall C' \in \psi \exists C \in \phi$  y  $\exists O'' \in \Omega_{Clases}$  ontología, tq  $O''$  es alcanzable por  $C$  y  $C'$ , y  $C$  cubre a  $C'$  ( $C \vdash C'$ ) entonces  $\phi$  cubre a  $\psi$  ( $\phi \vdash \psi$ )

Es decir, cada clase de  $\psi$  es cubierta por alguna clase de  $\phi$  en alguna ontología de comparación.

Hasta ahora solo se ha hablado de *mappings* 1 a 1, en las definiciones siguientes se extienden las definiciones al caso de *mappings* 1 a n.

## Ontología Alcanzable (*mappings* 1 a n)

El concepto de ontología alcanzable para *mappings* 1 a n se expresa en la siguiente definición:

**Definición 3.2.9 (Ontología alcanzable, *mapping* 1 a n).** Sea  $O \in \Omega_{Ontologias}$  una ontología y  $C \in Clases_O$  una clase suya. Sea  $O' \in \Omega_{Ontologias}$  una ontología. Decimos que  $O'$  es alcanzable por  $C$  sii

- (a) Las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  coinciden, es decir que

$$O = O'$$

La figura 3.20 ilustra este caso:

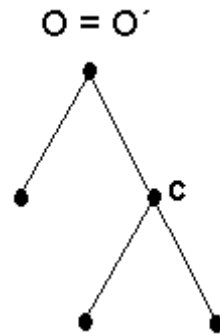


Figura 3.20: Las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son iguales

(b) Hay un *mapping* que lleva la clase  $C$  de la ontología origen  $O$  a un conjunto de clases en la ontología destino  $O'$

$$\exists m: Clases_O \rightarrow 2^{Clases_{O'}} \cup \{\perp\}, \text{ tq } m(C) \in 2^{Clases_{O'}}$$

La figura 3.21 ilustra este caso:

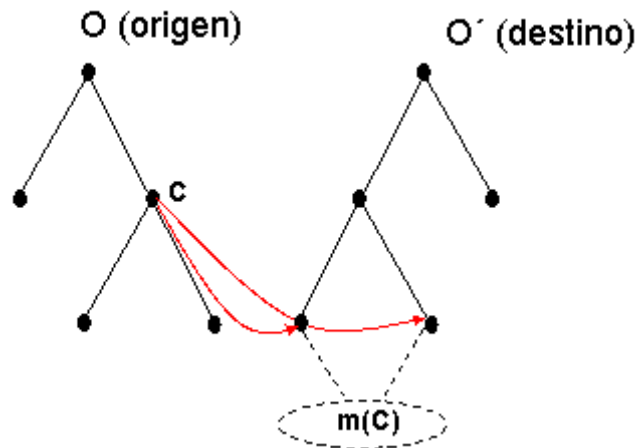


Figura 3.21: Las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son distintas

(c) Hay una cadena de *mappings* que llevan a la clase  $C$  a la ontología destino  $O'$

$$\exists O'' \in \Omega_{Ontologias}, \exists m: Clases_O \rightarrow 2^{Clases_{O''}} \cup \{\perp\}, \text{ tq } m(C) \in 2^{Clases_{O''}} \wedge \forall C'' \in m(C), O' \text{ es alcanzable por } C''$$

La figura 3.22 ilustra este ejemplo:

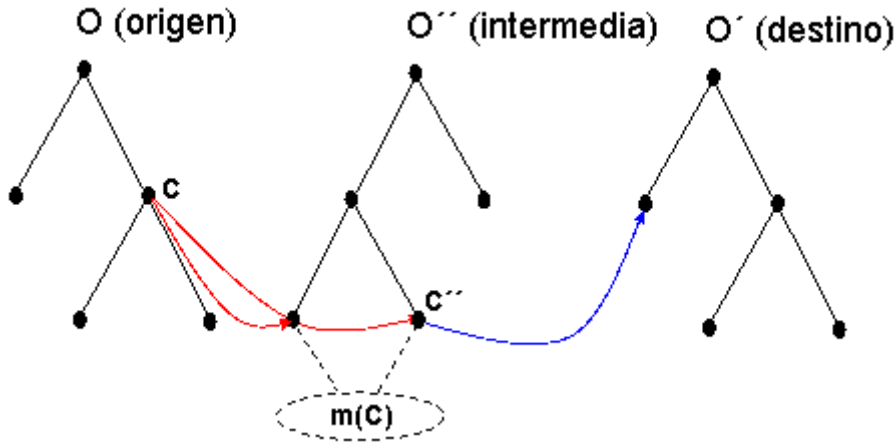


Figura 3.22: Los *mappings* intermedios llevan a  $C$  a la ontología destino  $O'$

Nótese como la definición considera el caso de la figura 3.22. Para empezar, en el ejemplo hay una única ontología intermedia  $O''$  (se ha tomado solo una ontología intermedia por simplificar el ejemplo, pero pueden haber varias ontologías intermedias).  $m(C)$  está representado por dos clases en  $O''$ , y solo una de estas clases ( $C''$ ) alcanza a la ontología destino ( $O'$ ).

### Representación de una clase en una ontología (*mappings* 1 a n)

Al igual que en el caso de *mapping* 1 a 1 es necesario definir la *función representación*.

**Definición 3.2.10 (Representación de una clase en una ontología, *mappings* 1 a n).** Sean  $O, O' \in \Omega_{Ontologias}$  ontologías y  $C \in Clases_O$  una clase de  $O$ , y  $O'$  alcanzable por  $C$ . La representación de  $C$  en  $O'$ , es una función  $rep: \Omega_{Clases} \times \Omega_{Ontologias} \rightarrow 2^{\Omega_{Clases}} \cup \{\perp\}$  tq:

(a) Si las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  coinciden, la representación de la clase  $C$  es ella misma:

$$O = O' \Rightarrow \text{rep}(C, O') = \{C\}$$

La figura 3.23 ilustra este caso:

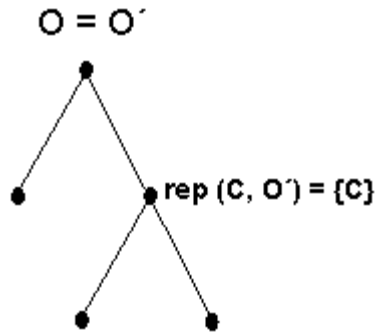


Figura 3.23: Representación de  $C$  cuando las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son iguales

(b) Si hay un *mapping* de la clase  $C$  en un conjunto de clases de la ontología destino  $O'$ , la representación de dicha clase en la ontología destino  $O'$  es su imagen a través del *mapping*.

$$\begin{aligned} \exists m : \text{Clases}_O &\rightarrow 2^{\text{Clases}_{O'}} \cup \{\perp\}, \text{ tq} \\ m(C) \in 2^{\text{Clases}_{O'}} &\Rightarrow \text{rep}(C, O') = m(C) \end{aligned}$$

La figura 3.24 ilustra este caso:

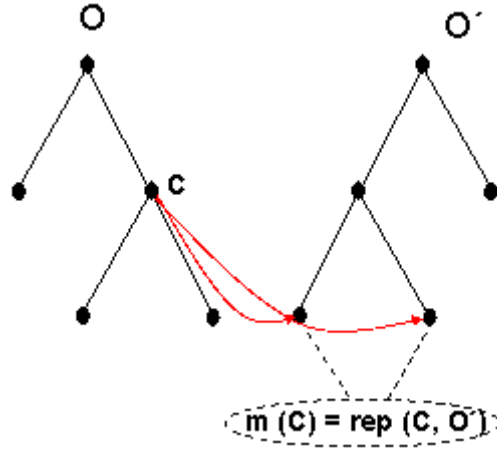


Figura 3.24: Representación de  $C$  cuando las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son diferentes

(c) Si hay una cadena de *mappings*, la representación de la clase  $C$  en la ontología destino  $O'$  es la representación de las clases intermedias en las ontologías intermedias, a través de los *mappings*, para aquellas clases intermedias ( $\phi$ ) que logren llegar a la ontología destino  $O'$ .

$$(\exists O'' \in \Omega_{Ontologias} \exists m: Clases_O \rightarrow 2^{Clases_{O''}} \cup \{\perp\}, \text{ tq } m(C) \in 2^{Clases_{O''}}, \\ \forall C'' \in m(C) \text{ } O' \text{ es alcanzable por } C'' \Rightarrow rep(C, O') = \bigcup_{C'' \in m(C)} rep(C'', O')$$

La figura 3.25 ilustra este caso:



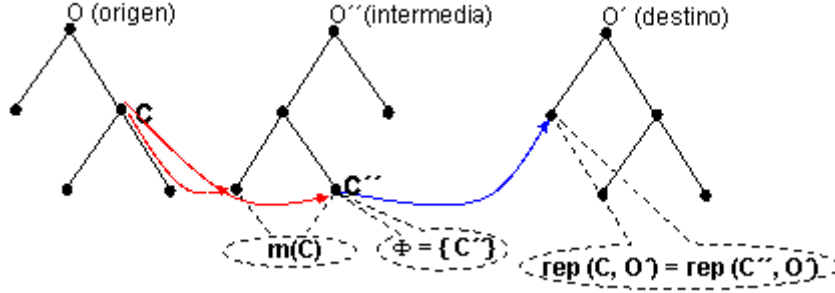


Figura 3.25: Representación de  $C$  cuando existen ontologías intermedias

(d) Para hacer esta función total también se considera el caso en el que la clase origen no alcanza a la ontología destino:

$$\text{eoc, } \text{rep}(C, O') = \perp$$

### Conocimiento cubierto (*mappings* 1 a n)

El conocimiento cubierto para el caso 1 a n, es similar al caso 1 a 1, pero teniendo en cuenta que hay que considerar que ahora la clase origen puede estar representada por  $n$  clases en la ontología destino.

**Definición 3.2.11 (Conocimiento cubierto, *mappings* 1 a n).** Sean  $O, O' \in \Omega_{\text{Ontologías}}$  ontologías y  $C \in \text{Clases}_O, C' \in \text{Clases}_{O'}$  clases suyas. Si  $\exists O'' \in \Omega_{\text{Ontologías}}$ , ontología tq  $O''$  es alcanzable por  $C$  y  $C'$ , entonces  $C$  cubre a  $C'$  ( $C \vdash C'$ ) sii  $\forall D' \in \text{rep}(C, O'') \exists D \in \text{rep}(C', O'') [D \vdash D']$

Es decir, dentro de la ontología de comparación  $O''$ , las clases que representan a  $C$  cubren a las clases que representan a  $C'$  (es decir, las subsumen).

Las figuras 3.26, 3.27 y 3.28 ilustran ejemplos de conocimiento cubierto para *mappings* 1 a n.

En la figura 3.26 la ontología es la misma, y  $C$  subsume a  $C'$ .

En la figura 3.27, las ontologías origen  $O$  y destino  $O'$  son diferentes y la representación de la clase  $C$  en la ontología destino es igual a  $C'$ , por lo tanto  $C$  cubre a  $C'$ .

En la figura 3.28, las clases  $C$  y  $C'$  tienen su representación en la ontología de comparación  $O''$  y la representación de la clase  $C$  contiene a la representación de la clase  $C'$ , por lo tanto la clase  $C$  cubre a la clase  $C'$ .

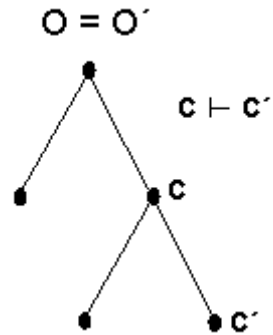


Figura 3.26: Conocimiento cubierto cuando las ontologías de origen  $O$  y destino  $O'$  son iguales

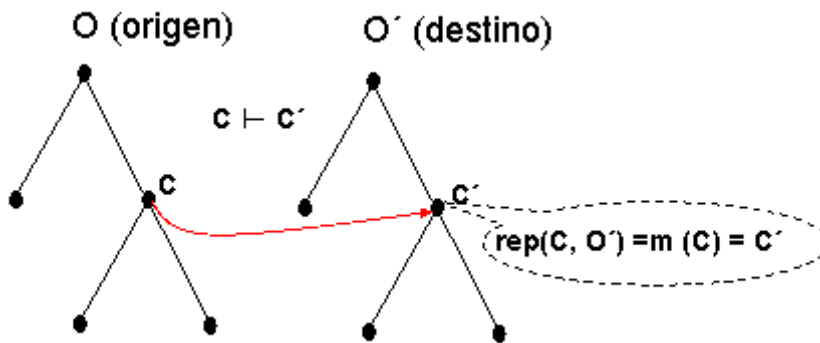


Figura 3.27: Conocimiento cubierto cuando las ontologías de origen  $O$  y destino  $O'$  son distintas

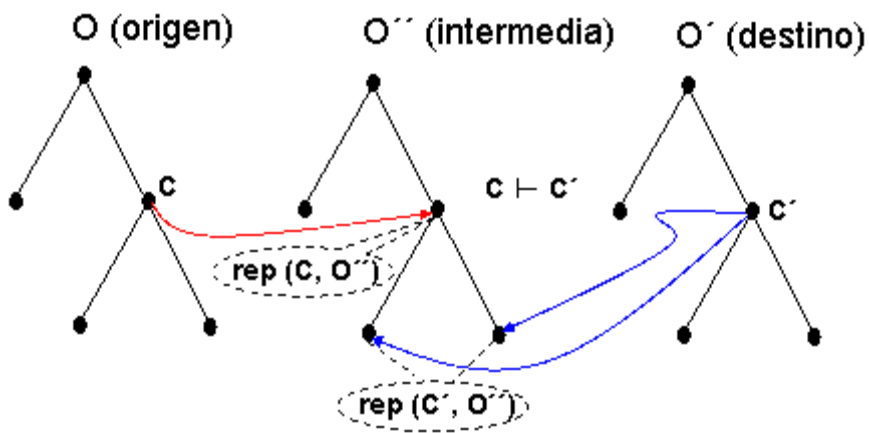


Figura 3.28: Conocimiento cubierto cuando existen ontologías intermedias

Nótese que no es necesario extender la noción de conocimiento cubierto entre conjuntos porque dicha definición no menciona explícitamente si los *mappings* son 1 a 1 ó 1 a n.

### 3.2.3. Mecanismo OntoGlue Full

Si queremos comparar un requisito  $D \in \Omega_{Clases}$  con una competencia  $C \in \Omega_{Clases}$ , *OntoGlue* fuerza la existencia de una ontología en la que tanto  $D$  como  $C$  tengan una representación. Según esto, no podrían ensamblarse dos ELOs como los de la figura 3.29, ya que no existe una ontología intermedia de comparación en la que las clases de las ontologías tengan representación a través del *mapping* de sus clases en dicha ontología de comparación.

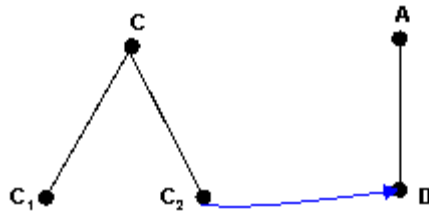


Figura 3.29: Ensamblaje de dos ELOs

Esto sugiere la necesidad de contar con un mecanismo tal que permita cubrir casos como el anterior. Por tal motivo, en este apartado se define un mecanismo denominado *OntoGlue Full*. La idea fundamental subyacente es calcular el cierre transitivo<sup>6</sup> por las relaciones de especialización y aquellas relaciones inducidas a través de *mappings*. Por simplicidad, solo proporcionamos las definiciones para el caso de *mappings* 1 a n.

### Conocimiento Cubierto

El concepto de conocimiento cubierto por una clase  $C$  representa a todo el conocimiento que cubre la clase mediante el cierre transitivo por las relaciones de herencia e inducidas por *mappings*. Para comprender este concepto es necesario definir varias funciones auxiliares.

**Definición 3.2.12 (AlcanzablesC).** *Esta función permite hacer el cierre transitivo por todos los mappings definidos que incluyan a una clase  $C$  en su dominio. Se representa como:*

<sup>6</sup>Ver <http://mathworld.wolfram.com/TransitiveClosure.html>

$$\text{alcanzablesC: } \Omega_{\text{Clases}} \rightarrow 2^{\Omega_{\text{Clases}}}$$

La función  $\text{alcanzablesC}(C)$  se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Si } \exists m \in \Omega_{\text{mappings}}^7 \text{ tq } \text{estaDefinido}^8(m(C)) , \\ \text{alcanzablesC}(C) &= \text{alcanzablesDirectos} \bigcup_{C' \in \text{alcanzablesDirectos}} \text{alcanzablesC}(C'), \\ & \text{donde } \text{alcanzablesDirectos} \text{ es } \bigcup_{m \in \Omega_{\text{mappings}}} \{m(C) \mid \text{estaDefinido}(m(C))\} \end{aligned}$$

Si no existe *mapping*, el valor para la función  $\text{alcanzablesC}(C)$  es igual al conjunto vacío:

$$\text{eoc, } \text{alcanzablesC}(C) = \emptyset$$

**Definición 3.2.13 (subClases).** *La función  $\text{subClases}$  proporciona las subclases a cualquier nivel de una clase determinada. Esta función se representa como:*

$$\text{subClases: } \Omega_{\text{Clases}} \rightarrow 2^{\Omega_{\text{Clases}}}$$

El cálculo de la función  $\text{subClases}$  se realiza de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{subClases}(C) &= \text{subClasesDirectas} \bigcup_{C' \in \text{subClasesDirectas}} \text{subClases}(C') \\ & \text{Donde, } \text{subClasesDirectas} = \{C' \mid C' \text{ is\_a } C\} \end{aligned}$$

**Definición 3.2.14 (conocimientoCubierto).** *Esta función calcula el conocimiento cubierto por una clase. Tiene en cuenta el cierre transitivo por la relación de especialización y por las relaciones inducidas por los mappings. Se representa como:*

$$\text{conocimientoCubierto}: \Omega_{\text{Clases}} \rightarrow \Omega_{\text{Clases}}$$

Para calcular el  $\text{conocimientoCubierto}(C)$  definimos:

$$\begin{aligned} \text{ActualesSubclases} &= \text{subClases}(C) \in 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \\ \text{ActualesAlcanzables} &= \text{alcanzablesC}(C) \in 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \\ \text{Actuales} &= \{C\} \cup \text{ActualesAlcanzables} \cup \text{ActualesSubclases} \end{aligned}$$

Finalmente, la función  $\text{conocimientoCubierto}$  utiliza la función recursiva  $\text{calcularC}$  para llevar a cabo su funcionalidad:

$$\text{conocimientoCubierto}(C): \text{calcularC}(\text{Actuales}, \text{ActualesSubclases}, \text{ActualesAlcanzables})$$

Dicha función se define a continuación.

**Definición 3.2.15 (calcularC).** La función  $\text{calcularC}$  se representa como:

$$\text{calcularC}: 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \times 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \times 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \rightarrow (2^{\Omega_{\text{Clases}}} \times 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \times 2^{\Omega_{\text{Clases}}}) \cup 2^{\Omega_{\text{Clases}}}.$$

El cálculo de la función  $\text{calcularC}(\text{Actuales}, \text{ActualesSubclases}, \text{ActualesAlcanzables})$  se realiza de la siguiente forma:

- Si  $\text{ActualesSubclases} \neq \emptyset \vee \text{ActualesAlcanzables} \neq \emptyset$ , definimos:

$$\begin{aligned} \text{NuevasSubclases} &= \text{subClases}(\text{ActualesAlcanzables}) \setminus \text{Actuales} \\ \text{NuevasAlcanzables} &= \text{alcanzablesC}(\text{ActualesSubclases}) \setminus \text{Actuales} \\ \text{Nuevas} &= \text{Actuales} \cup \text{NuevasSubclases} \cup \text{NuevasAlcanzables} \end{aligned}$$

Entonces,

$$\begin{aligned} & \text{calcular}C(\text{Actuales}, \text{ActualesSubclases}, \text{ActualesAlcanzables}) \\ & = \text{calcular}C(\text{Nuevas}, \text{NuevasSubclases}, \text{NuevasAlcanzables}) \end{aligned}$$

- eoc, la función  $\text{calcular}C$  será:

$$\text{calcular}C(\text{Actuales}, \text{ActualesSubclases}, \text{ActualesAlcanzables}) = \text{Actuales}$$

## Conocimiento Suficiente

El concepto de *conocimiento suficiente* de una clase  $C$  representa a aquellas clases que es suficiente cubrir para cubrir a la clase  $C$ . De forma similar al *conocimiento cubierto* haremos el cierre transitivo por las relaciones de generalización y las relaciones inducidas por los *mappings*.

Si bien, durante el cálculo del *conocimiento cubierto* por una clase no es necesario guardar las imágenes por *mappings* de una clase, para el cálculo del *conocimiento suficiente* si que es necesario llevar la cuenta de las representaciones por *mappings* de una clase. De esta forma podemos saber cuándo una clase es realmente cubierta, teniendo en cuenta las clases en las que se ha podido descomponer por la acción de un *mapping* (ver definición 3.2.20 y el ejemplo más adelante).

Este concepto requiere la definición de varias funciones auxiliares.

**Definición 3.2.16 (alcanzablesS).** *Esta función caracteriza a las clases alcanzables por una clase mediante relaciones de mappings. Como ya hemos comentado anteriormente, ahora no solamente es necesario calcular las clases alcanzables, sino que además debemos llevar cuenta de las representaciones a través de los mappings. Por tal motivo, el recorrido de la función está formado por conjuntos de clases, siendo precisamente estos conjuntos las imágenes a través de un mapping de la clase  $C$  (o de su cierre transitivo a través de las relaciones inducidas por los mappings). La función  $\text{alcanzables}S$  se representa como:*

$$\text{alcanzables}S : 2^{\Omega_{\text{Clases}}} \rightarrow 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}}$$

Para el cálculo de  $alcanzablesS(\{C_1, C_2, \dots, C_n\})$ , el procedimiento es el siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Si } \exists m \in \Omega_{mappings} \text{ tq } \forall C_i, 1 \leq i \leq n \text{ estaDefinido}(m(C_i)), \\ & \quad alcanzablesS(\{C_1, C_2, \dots, C_n\}) = \\ & \quad AlcanzablesDirectos \cup_{X \in AlcanzablesDirectos} alcanzables(X), \text{ siendo} \\ AlcanzablesDirectos &= \cup_{m \in mappings} \{ \{m(C_i) \mid \forall C_i, 1 \leq i \leq n \text{ estaDefinido}(C_i)\} \} \end{aligned}$$

eoc,

$$alcanzablesS(\{C_1, C_2, \dots, C_n\}) = \emptyset$$

**Definición 3.2.17 (superClases).** *La función superClases define algo más que las super clases de un conjunto de clases. Esta función está definida con miras a su utilización en el cálculo del conocimiento suficiente y por ello se calcula conjuntos minimales de super clases que cubren a un conjunto de clases dado. Los conjuntos son minimales con respecto a la relación de herencia, y se mantienen así para proporcionar conjuntos que por un lado si que cubran a un conjunto de clases dado, pero por otro lado sean lo más pequeños posibles para favorecer la existencia de mappings. La función superClases se representa como:*

$$superClases: 2^{\Omega_{Clases}} \rightarrow 2^{2^{\Omega_{Clases}}}$$

El cálculo de  $superClases(\{C_1, C_2, \dots, C_n\})$  se realiza de la siguiente forma, siendo  $O$  la ontología de  $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ :

$$\begin{aligned} superClases(\{C_1, C_2, \dots, C_n\}) &= \{ \mathcal{B} \mid \\ & (\forall C_i, 1 \leq i \leq n \exists B_j \in \mathcal{B}, C_i \in subClases(B_j)) \wedge \\ & \forall B_i \in \mathcal{B} \neg \exists B_j \in \mathcal{B}, B_i \in subClases(B_j) \} \end{aligned}$$

eoc,

$$\text{superClases}(\{C_1, C_2, \dots, C_n\}) = \emptyset$$

**Definición 3.2.18 (conocimientoSuficiente).** Como se ha dicho antes, esta función caracteriza a las clases que de ser cubiertas (teniendo en cuenta las relaciones inducidas por los mappings) cubren a determinada clase. Esta función se representa como:

$$\text{conocimientoSuficiente}: \Omega_{\text{Clases}} \rightarrow 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}}$$

Para calcular el  $\text{conocimientoSuficiente}(C)$  definimos:

$$\begin{aligned} \text{ActualesSuperclases} &= \text{Superclases}(\{C\}) \in 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \\ \text{ActualesAlcanzables} &= \text{Alcanzables}(\{C\}) \in 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \\ \text{Actuales} &= \{\{C\}\} \cup \text{ActualesSuperclases} \cup \text{ActualesAlcanzables} \end{aligned}$$

Finalmente, esta función utiliza la función recursiva  $\text{calcularS}$  para llevar a cabo su funcionalidad.

$$\text{conocimientoSuficiente}(C) = \text{calcularS}(\text{Actuales}, \text{ActualesSuperclases}, \text{ActualesAlcanzables})$$

A continuación se define la función  $\text{calcularS}$ .

**Definición 3.2.19 (calcularS).** Esta función se representa como:

$$\text{calcularS}: 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \times 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \times 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \rightarrow (2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \times 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}} \times 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}}) \cup 2^{2^{\Omega_{\text{Clases}}}}$$

Para calcular  $\text{calcularS}(\text{Actuales}, \text{ActualesSuperclases}, \text{ActualesAlcanzables})$  el procedimiento es el siguiente:



- Si  $ActualesSuperclases \neq \emptyset \vee ActualesAlcanzables \neq \emptyset$ , definimos:

$$\begin{aligned} NuevasSuperclases &= \bigcup_{X \in ActualesAlcanzables} superClases(X) \setminus Actuales \\ NuevasAlcanzables &= \bigcup_{X \in ActualesSuperclases} alcanzablesS(X) \setminus Actuales \\ Nuevas &= Actuales \cup NuevasSuperclases \cup NuevasAlcanzables \end{aligned}$$

Entonces,

$$\begin{aligned} &calcularS(Actuales, ActualesSuperclases, ActualesAlcanzables) \\ &= calcularS(Nuevas, NuevasSuperclases, NuevasAlcanzables) \end{aligned}$$

- eoc, la función  $calcularS$  tiene el siguiente valor:

$$calcularS(Actuales, ActualesSuperclases, ActualesAlcanzables) = Actuales$$

A continuación se define el conocimiento cubierto para  $mappings$  1 a n.

### Conocimiento Cubierto para $mappings$ 1 a n

**Definición 3.2.20 (conocimientoCubierto).** Sean  $C$  y  $D \in \Omega_{Clases}$ ,  $C \vdash D$  sii  $\exists X \in conocimientoSuficiente(D) (\forall x \in X \exists y \in conocimientoCubierto(C) (x = y))$

Nótese que ahora debido a la definiciones exhaustivas de las funciones  $conocimientoSuficiente$  y  $conocimientoCubierto$  habrá un conjunto de clases  $X$  que sea suficiente para cubrir a  $D$  (los  $mappings$  1 a n han podido pasar una clase a un conjunto de clases) y todos los elementos de este conjunto deben estar en el conocimiento cubierto por la clase  $C$ .

**Definición 3.2.21 (Mappings 1 a 1).** Si queremos aplicar *OntoGlue Full* para el caso de  $mappings$  1 a 1, el procedimiento anterior es válido, pero ahora como los  $mappings$  no rompen los requisitos en un conjunto de clases, el proceso se simplifica, en particular:

- *conocimientoCubierto* no varía
- *conocimientoSuficiente*, la función *alcanzablesS*:  $\Omega_{Clases} \rightarrow 2^{\Omega_{Clases}}$ , es decir que simplemente devuelve un conjunto de alcanzables (no se ha fraccionado) y la función *superClases*:  $\Omega_{Clases} \rightarrow 2^{\Omega_{Clases}}$  simplemente devuelve la superclase de la clase.

### Ejemplo de aplicación de OntoGlue Full

El siguiente ejemplo ilustra los conceptos descritos en relación con *OntoGlue Full*. El objetivo es calcular los valores para las funciones *conocimientoCubierto* y *conocimientoSuficiente*. De esta forma, verificamos la funcionalidad del mecanismo *OntoGlue Full*.

Partiendo de la figura 3.30, realizamos paso a paso los cálculos necesarios para comprobar si  $ns1\#A \vdash ns7\#K$ . Es decir, si la clase A (que representa a las competencias de un objeto de aprendizaje) cubre a la clase K (que representa a los requisitos de otro objeto de aprendizaje), para determinar si los objetos de aprendizaje se pueden ensamblar, y así generar un nuevo objeto de aprendizaje.

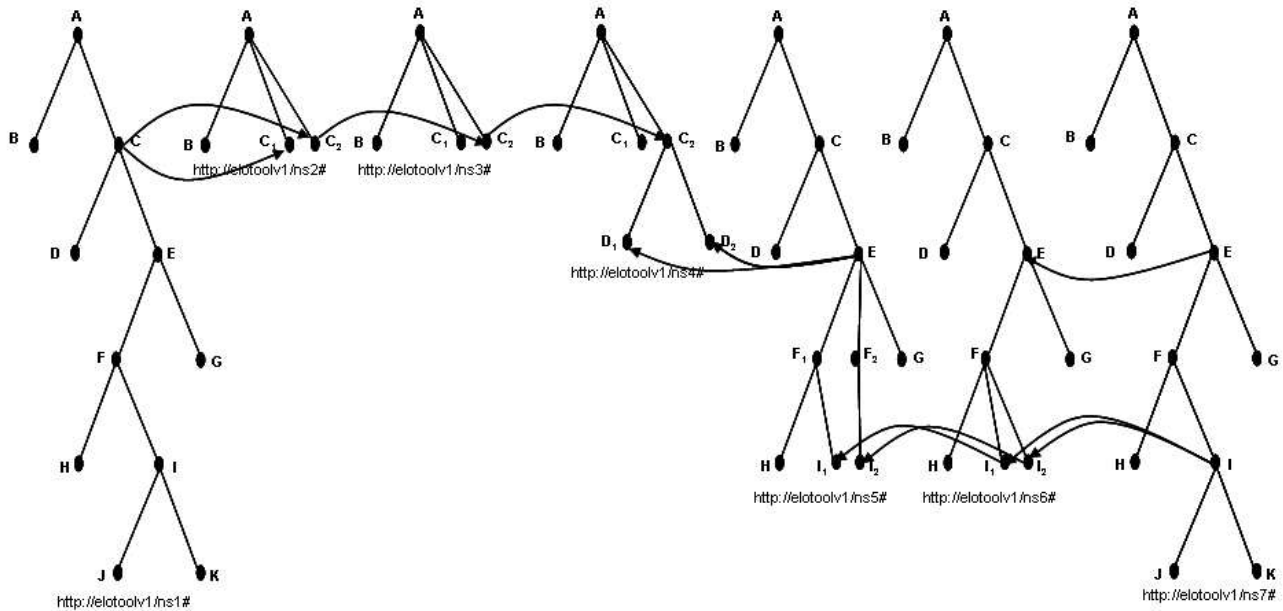


Figura 3.30: Ejemplo de aplicación de OntoGlue Full

### Conocimiento Cubierto ( $ns1\#A$ )

Siguiendo el algoritmo, calculamos:

$calcularC(ActualesAlcanzablesC, ActualesSubclases, Actuales)$

- $ActualesAlcanzables = \emptyset$
- $ActualesSubclases = \{ns1\#B, ns1\#C, ns1\#D, ns1\#E, ns1\#F, ns1\#G, ns1\#H, ns1\#I, ns1\#J, ns1\#K\}$
- $Actuales = \{ns1\#A, ns1\#B, ns1\#C, ns1\#D, ns1\#E, ns1\#F, ns1\#G, ns1\#H, ns1\#I, ns1\#J, ns1\#K\}$

La figura 3.31, ilustra este el resultado.

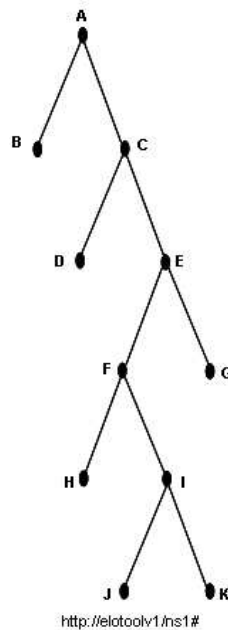


Figura 3.31: Subclases de la clase A

Entramos en  $calcularC$ , para calcular las nuevas subclases de las actuales alcanzables y las nuevas alcanzables de las actuales subclases. Este proceso continúa recursivamente hasta que no queden subclases y alcanzables.

$calcularC(NuevasSubclases, NuevasAlcanzables, Nuevas)$

- $NuevasSubclases = \emptyset$
- $NuevasAlcanzables = \{ns2\#C_1, ns2\#C_2, ns3\#C_2, ns4\#C_2\}$
- $Nuevas = \{ns1\#A, ns1\#B, ns1\#C, ns1\#D, ns1\#E, ns1\#F, ns1\#G, ns1\#H, ns1\#I, ns1\#J, ns1\#K, ns2\#C_1, ns2\#C_2, ns3\#C_2, ns4\#C_2\}$

El resultado anterior se representa en la figura 3.32.

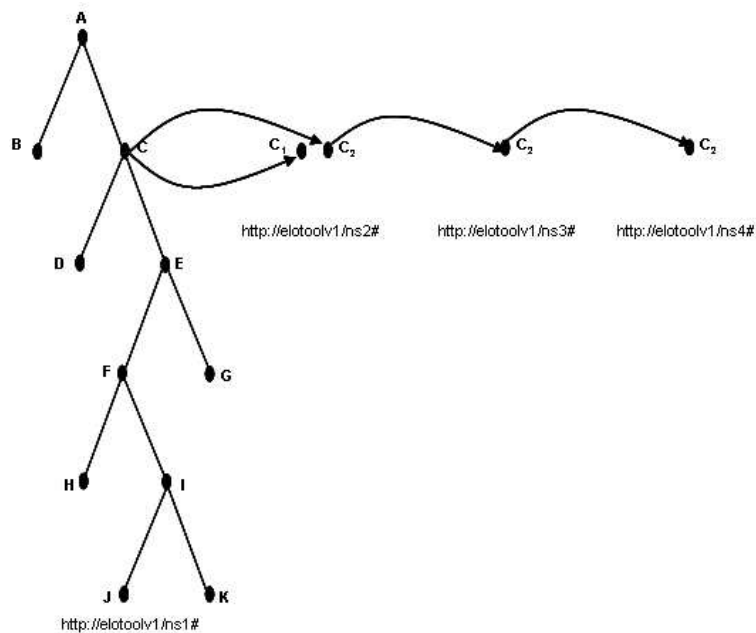


Figura 3.32: Nuevas alcanzables

Nuevamente calculamos:

$calcularC(NuevasSubclases, NuevasAlcanzables, Nuevas)$

- $NuevasSubclases = \{ns4\#D_1, ns4\#D_2\}$
- $NuevasAlcanzables = \emptyset$
- $Nuevas = \{ns1\#A, ns1\#B, ns1\#C, ns1\#D, ns1\#E, ns1\#F, ns1\#G, ns1\#H, ns1\#I, ns1\#J, ns1\#K, ns2\#C_1, ns2\#C_2, ns3\#C_2, ns4\#C_2, ns4\#D_1, ns4\#D_2\}$

El resultado anterior se ilustra en la figura 3.33

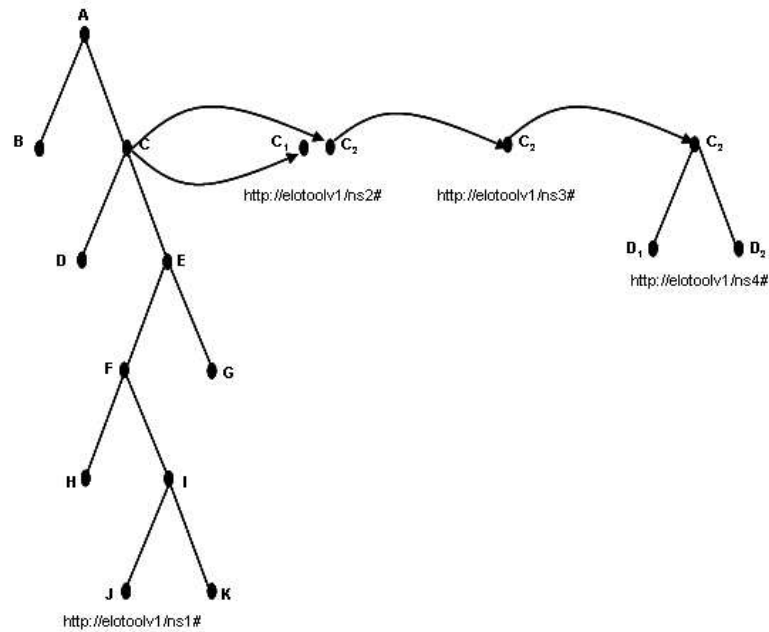


Figura 3.33: Nuevas subclases

Nuevamente calculamos:

$\text{calcularC}(\text{NuevasSubclases}, \text{NuevasAlcanzables}, \text{Nuevas})$

- $\text{NuevasAlcanzables} = \emptyset$
- $\text{NuevasSubclases} = \emptyset$
- $\text{Nuevas} = \{ns1\#A, ns1\#B, ns1\#C, ns1\#D, ns1\#E, ns1\#F, ns1\#G, ns1\#H, ns1\#I, ns1\#J, ns1\#K, ns2\#C_1, ns2\#C_2, ns3\#C_2, ns4\#C_2, ns4\#D_1, ns4\#D_2\}$

El resultado anterior se ilustra en la figura 3.34

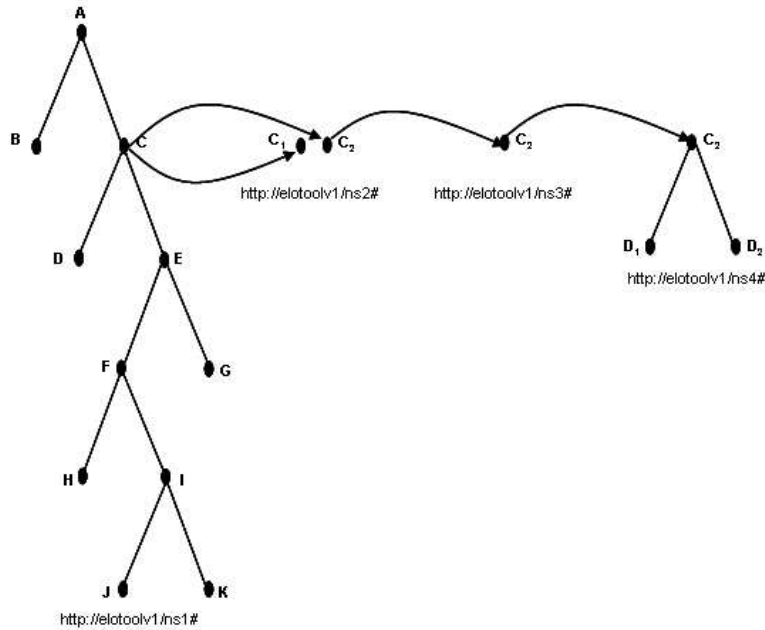


Figura 3.34: Final del cálculo del Conocimiento Cubierto para  $ns1\#A$

### Conocimiento Suficiente ( $ns7\#K$ )

El procedimiento para realizar el cálculo del conocimiento suficiente es similar al realizado para el cálculo del conocimiento cubierto. Comenzamos calculando las actuales alcanzables y las actuales superclases. Luego entramos a *calcularS* para calcular las nuevas alcanzables de las superclases y las nuevas superclases de las alcanzables. El procedimiento se repite hasta que no queden alcanzables ni superclases.

- $ActualesAlcanzables = \emptyset$
- $ActualesSuperclases = \{\{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}\}$
- $Actuales = \{\{ns7\#K\}, \{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}\}$

Este resultado se ilustra en la figura 3.35

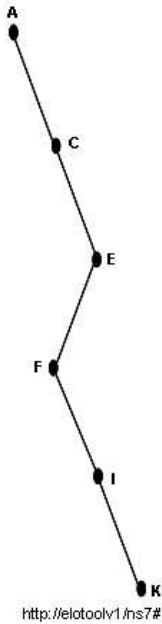


Figura 3.35: Superclases de  $K$

Entramos a calcular

$\text{calcularS}(\text{NuevasAlcanzables}, \text{NuevasSuperclases}, \text{Nuevas})$

- $\text{NuevasSuperclases} = \emptyset$
- $\text{NuevasAlcanzables} = \{\{ns6\#I_1, ns6\#I_2\}, \{ns5\#I_1, ns5\#I_2\}, \{ns6\#E\}\}$
- $\text{Nuevas} = \{\{ns7\#K\}, \{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}, ns6\#I_1, ns6\#I_2\}, \{ns5\#I_1, ns5\#I_2\}, \{ns6\#E\}$

El resultado anterior se ilustra en la figura 3.36

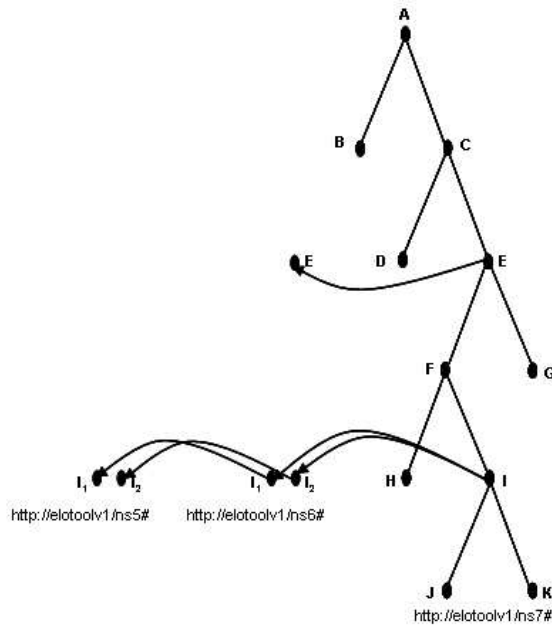


Figura 3.36: Nuevas Alcanzables

Nuevamente calculamos

$calcularS(NuevasAlcanzables, NuevasSuperclases, Nuevas)$

- $NuevasAlcanzables = \emptyset$
- $NuevasSuperclases = \{\{ns6\#F\}, \{ns6\#C\}, \{ns6\#A\}, \{ns5\#F_1, ns5\#F_2\}, \{ns5\#E\}, \{ns5\#C\}, \{ns5\#A\}\}$
- $Nuevas = \{\{ns7\#K\}, \{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}\}, \{ns6\#F\}, \{ns6\#C\}, \{ns6\#A\}, \{ns5\#F_1, ns5\#F_2\}, \{ns5\#E\}, \{ns5\#C\}, \{ns5\#A\}\}$

La figura 3.37, ilustra el resultado anterior.



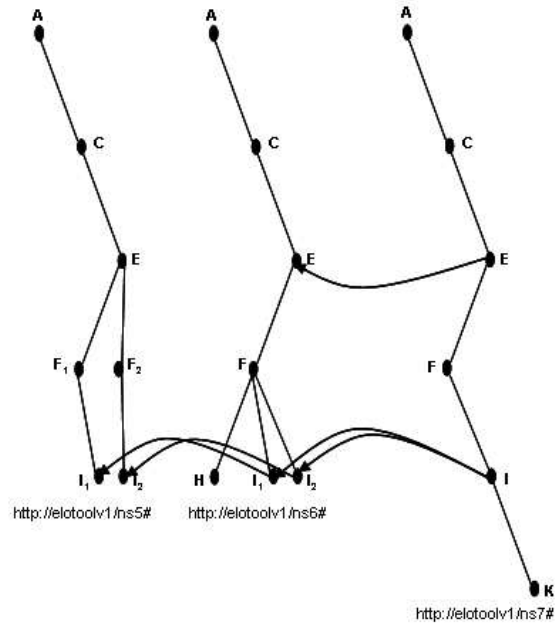


Figura 3.37: Nuevas Superclases

Nuevamente calculamos

$\text{calcularS}(\text{NuevasAlcanzables}, \text{NuevasSuperclases}, \text{Nuevas})$

- $\text{NuevasAlcanzables} = \{\{ns4\#D_1, ns4\#D_2\}\}$
- $\text{NuevasSuperclases} = \emptyset$
- $\text{Nuevas} = \{\{ns7\#K\}, \{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}\},$   
 $\{ns6\#F\}, \{ns6\#C\}, \{ns6\#A\}, \{ns5\#F_1, ns5\#F_2\}, \{ns5\#E\}, \{ns5\#C\},$   
 $\{ns5\#A\}, \{ns4\#D_1, ns4\#D_2\}\}$

La figura 3.38, ilustra el resultado anterior.

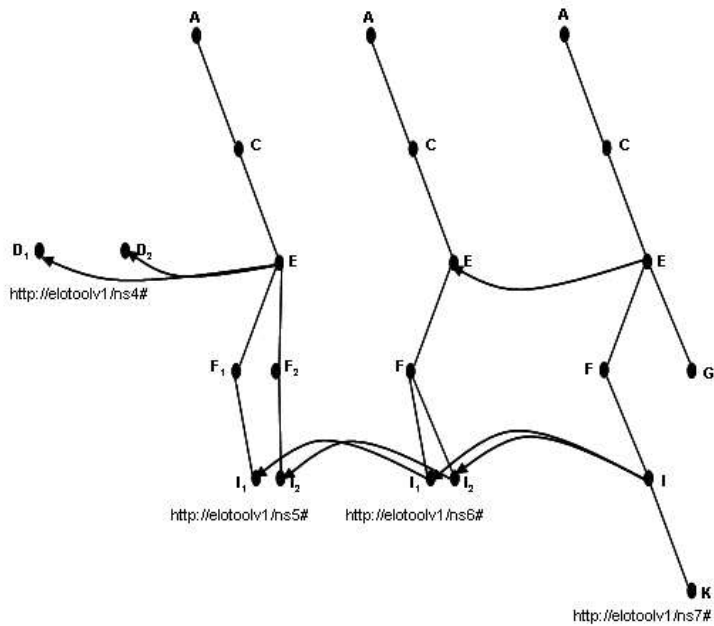


Figura 3.38: Nuevas Alcanzables

Calculamos de nuevo

$calcularS(NuevasAlcanzables, NuevasSuperclases, Nuevas)$

- $NuevasAlcanzables = \emptyset$
- $NuevasSuperclases = \{\{ns4\#C_2\}, \{ns4\#A\}\}$
- $Nuevas = \{\{ns7\#K\}, \{ns7\#I\}, \{ns7\#F\}, \{ns7\#E\}, \{ns7\#C\}, \{ns7\#A\}\}, \{\{ns6\#F\}, \{ns6\#C\}, \{ns6\#A\}, \{ns5\#F_1, ns5\#F_2\}, \{ns5\#E\}, \{ns5\#C\}, \{ns5\#A\}, \{ns4\#D_1, ns4\#D_2\}, \{ns4\#C_2\}, \{ns4\#A\}\}$

La figura 3.39, ilustra el resultado anterior.

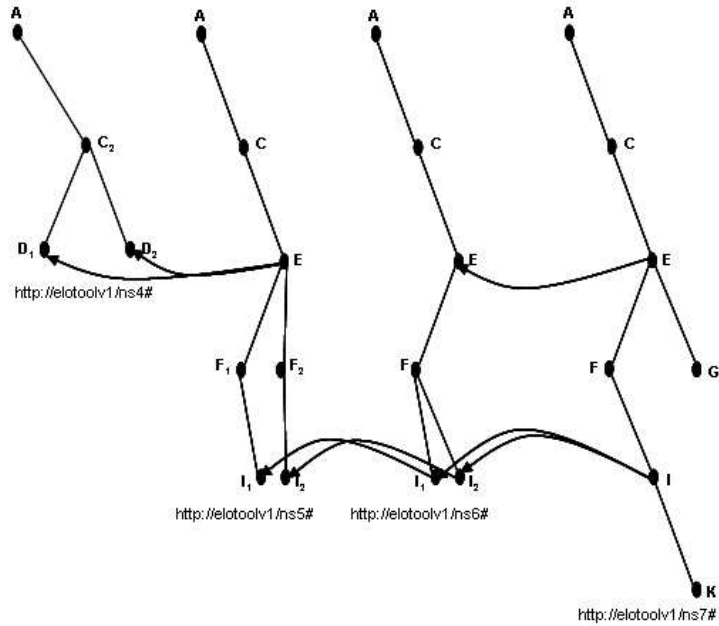


Figura 3.39: Nuevas Superclases

Nuevamente calculamos

$\text{calcularS}(\text{NuevasAlcanzables}, \text{NuevasSuperclases}, \text{Nuevas})$

- $\text{NuevasAlcanzables} = \emptyset$
- $\text{NuevasSuperclases} = \emptyset$
- $\text{Nuevas} = \{\{ns\#7K\}, \{ns\#7I\}, \{ns\#7F\}, \{ns\#7E\}, \{ns\#7C\}, \{ns\#7A\}\},$   
 $\{ns\#6F\}, \{ns\#6C\}, \{ns\#6A\}, \{ns\#5F_1, ns\#5F_2\}, \{ns\#5E\}, \{ns\#5C\},$   
 $\{ns\#5A\}, \{ns\#4D_1, ns\#4D_2\}, \{ns\#4C_2\}, \{ns\#4A\}\}$

El calculo anterior se ilustra en la figura 3.40.

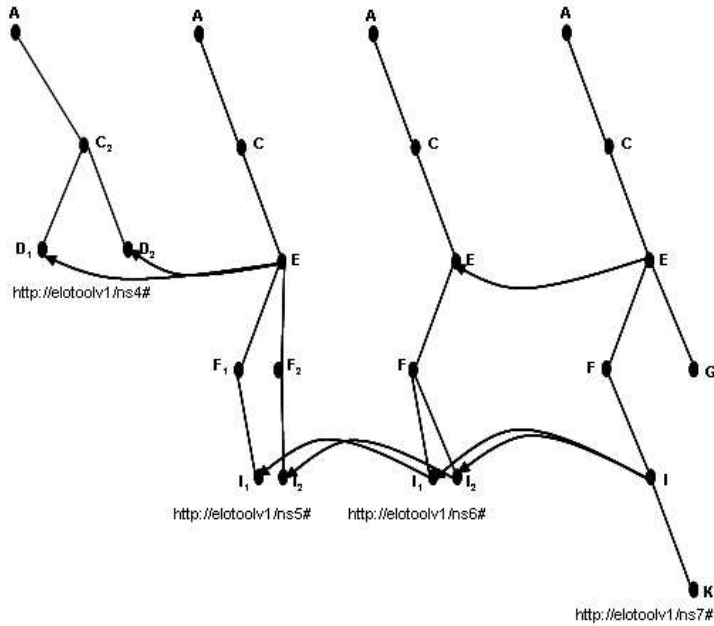


Figura 3.40: Final del cálculo del Conocimiento Suficiente para  $ns7\#K$

Nótese que  $ns1\#A \vdash ns7\#K$ , ya que las clases del conjunto  $\{ns4\#D_1, ns4\#D_2\}$  aparecen en el conocimiento cubierto por  $A$  (nótese que  $\{ns4\#C_2\}$  también aparece).

A continuación se describe el proceso para el ensamblaje de diferentes tipos de ELOs, el cual se ilustra mediante ejemplos en los que, por sencillez, se sigue el mecanismo *OntoGlue* y no *OntoGlue Full*.

### 3.2.4. Ensamblaje de diferentes tipos de ELOs

En la sección anterior hemos sentado las bases para poder definir un mecanismo que controle el proceso de ensamblaje de ELOs. Ensamblar significa componer un conjunto unitario a partir de elementos heterogéneos. En relación con los ELOs, el ensamblaje se entiende como la unión de ELOs heterogéneos para formar otro ELO, de tal forma que se respete el *conocimiento asociado* (requisitos y competencias). Esta regla no tiene en cuenta más que los requisitos y las competencias y la forma de componer el resto de meta-datos se describe más adelante en esta sección. La regla de ensamblaje de ELOs se define de la siguiente manera:

**Definición 3.2.22 (Regla para el ensamblaje de ELOs).** Sean  $A$  y  $B$  dos ELOs. Decimos que el ELO  $B$  es ensamblable con el ELO  $A$ , y lo representa-

mos:  $(A \circ B)$  sii  $Competencias_A \vdash Requisitos_B$ .

En ese caso,

$Requisitos_{A \circ B} = Requisitos_A \cup Requisitos_B \setminus Competencias_A$

$Competencias_{A \circ B} = Competencias_A \cup Competencias_B$

Tal y como está definido, el ensamblaje de ELOs es una operación binaria. En el caso de necesitar ensamblar  $n$  ELOs, el ensamblaje se haría dos a dos, asociando por la izquierda. Por ejemplo, si  $n = 3$ ,  $A_1 \circ A_2 \circ A_3 = (A_1 \circ A_2) \circ A_3$ .

## Ejemplos de ensamblaje de ELOs

A continuación se presentan algunos ejemplos para ilustrar el ensamblaje de ELOs, el primero para generar UDs a partir del ensamblaje de UCs y el segundo para generar UDs a partir del ensamblaje de UDs.

### Ejemplo 1: Unión de UCs para obtener una UD

Unidades de Contenido	Título	Requisitos	Competencias
$UC_1$	Introducción a las Computadoras e Internet	Ninguno	<b>Introducción computadoras</b> , Introducción Internet
$UC_2$	Estructuras de Control I	<b>Introducción Computadoras</b>	<b>Estructuras de Control I</b> , if, if/else, switch
$UC_3$	Estructuras de Control II	<b>Introducción Computadoras</b>	<b>Estructuras de Control II</b> , do, while, do/while
$UC_4$	Métodos	<b>Estructuras de selección, Estructuras de repetición</b>	Métodos, parámetros por valor y referencia, parámetros de salida

Tabla 3.6: Diversas unidades de contenido con sus requisitos y competencias

La tabla 3.6 muestra cuatro unidades de contenido, cada una de las cuales tiene sus requisitos y competencias. En este ejemplo se analiza cómo se realiza la unión de dos ELOs teniendo en cuenta la regla de ensamblaje descrita al comienzo de esta sección y los criterios definidos para el mecanismo *OntoGlue*.

Así pues, en el cuadro 3.6 se observa que las competencias de  $UC_1$  cubren los requisitos de  $UC_2$ , ya que las competencias de  $UC_1$  contienen un elemento (*IntroduccionComputadoras*) sintácticamente igual al requisito de  $UC_2$ . Al ensamblar estas dos UCs se obtiene un nuevo ELO, que en este caso es una unidad didáctica ( $UD_{r1}$ ). Esta situación se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Competencias}_{UC_1} \vdash \text{Requisitos}_{UC_2} \hookrightarrow UC_1 \circ UC_2 = UD_{r1}$$

De igual forma, las competencias de  $UC_1$  cubren a los requisitos de  $UC_3$ , y por tanto se pueden ensamblar  $UC_1$  y  $UC_3$ , para obtener un nuevo ELO, correspondiente en este caso a una unidad didáctica  $UD_{r2}$ .

$$\text{Competencias}_{UC_1} \vdash \text{Requisitos}_{UC_3} \hookrightarrow UC_1 \circ UC_3 = UD_{r2}$$

Por tanto, como las competencias de  $UC_{r1}$  incluyen a las de  $UC_1$ , es posible ensamblar al ELO  $UC_{r1}$  con el ELO  $UC_3$ , obteniendo el ELO  $UD_{r3}$ .

$$\text{Competencias}_{UC_{r1}} \vdash \text{Requisitos}_{UC_3} \hookrightarrow UC_{r1} \circ UC_3 = UD_{r3}$$

El problema surge cuando queremos combinar al ELO  $UD_{r3}$  con el ELO  $UC_4$ , ya que en  $UD_{r3}$  no hay ninguna competencia sintácticamente igual a los requisitos *Estructuras de selección* y *Estructuras de repetición*. Tal y como se ha descrito en párrafos anteriores, los *mappings* entre ontologías, permiten establecer relaciones entre clases pertenecientes a ontologías diferentes. Así, por ejemplo, en el supuesto que existen dos ontologías, una de ellas denominada *Programación* y la otra *Programar*, y con sus clases convenientemente relacionadas a través de un *mapping*  $m$ , podríamos combinar los ELOs anteriores. La figura 3.41 ilustra esta situación.

En la figura 3.41 se observa que las clase *Estructuras de control I* y *Estructuras de control II*, que pertenecen a la ontología *Programación*, son equivalentes a la clases *Estructuras de selección* y *Estructuras de repetición*, pertenecientes a la ontología *Programar*. Este *mapping* permite decir que las competencias de  $UD_{r3}$  cubren los requisitos de  $UC_4$ , a pesar de que las competencias  $UD_{r3}$  y los requisitos de  $UC_4$  no son sintácticamente iguales. Por lo tanto, al ensamblar  $UD_{r3}$  con  $UC_4$  se obtiene un nuevo ELO, que es en este caso una unidad didáctica  $UD_{r4}$

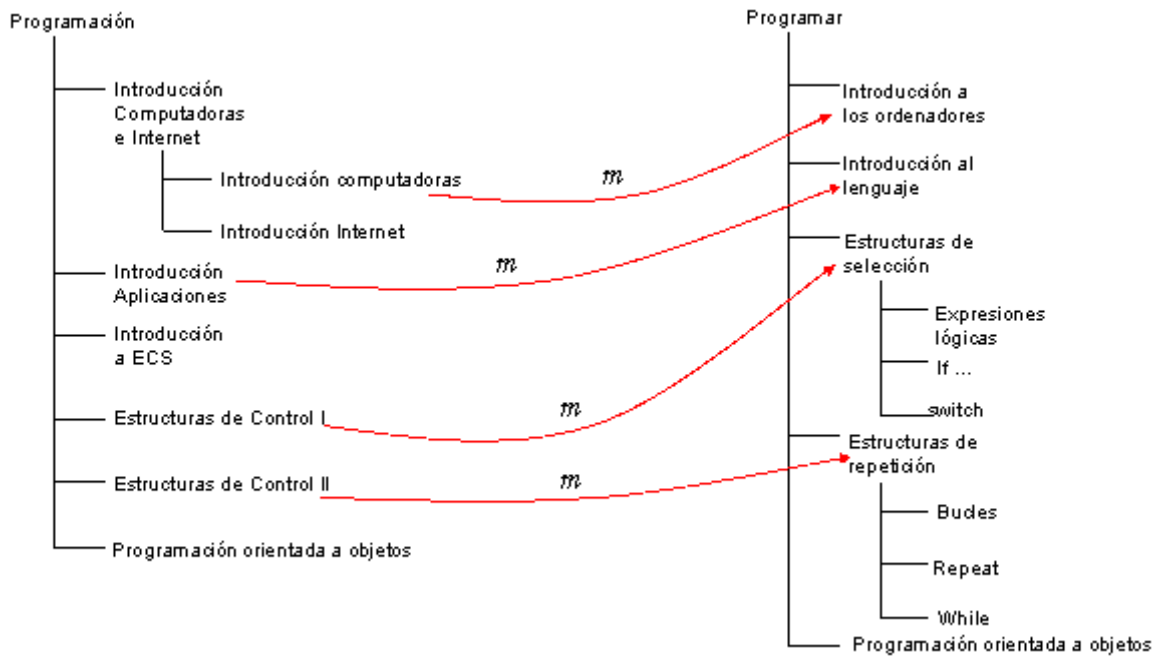


Figura 3.41: Ejemplo de *mapping* entre ontologías

$$Competencias_{UD_{r3}} \vdash Requisitos_{UC_4} \leftrightarrow UD_{r3} \circ UC_4 = UD_{r4}$$

### Ejemplo 2: Unión de UD's para obtener una UD

Unidades Didácticas	Título	Requisitos	Competencias
$UD_1$	Programación Java	Ninguno	Introducción computadoras, Introducción Internet, Estructuras de Control I, if, if/else, switch... <b>Programación orientada a objetos...</b>
$UD_2$	Lenguaje unificado de modelado UML	<b>Programación orientada a objetos</b>	<b>Modelado orientado a objetos</b> , Diagramas de casos de uso, Diagramas de actividad, Diagramas de clases ...

$UD_3$	Patrones de Diseño	<b>Programación orientada a objetos, Análisis orientado a objetos, Diseño orientado a objetos</b>	Patrones de diseño orientado a objetos, Patrones de creación Abstract Factory, Builder
--------	--------------------	---	--

Tabla 3.7: Diversas unidades didácticas con sus requisitos y competencias

La tabla 3.7 muestra tres unidades didácticas, cada una de las cuales tiene sus requisitos y competencias.

Las competencias de  $UD_1$  cubren los requisitos de  $UD_2$ , ya que la descripción sintáctica de ambas unidades de contenido coincide. Por lo tanto es posible ensamblar estas dos UDs, con lo cual se obtiene como resultado una nueva una unidad didáctica ( $UD_r$ ).

$$Competencias_{UD_1} \vdash Requisitos_{UD_2} \leftrightarrow UD_1 \circ UD_2 = UD_r$$

Al comparar esta unidad didáctica resultante  $UD_r$  con la  $UD_3$ , vemos que una competencia de  $UD_r$  (*Modelado orientado a objetos*) no coincide con un par de requisitos de  $UD_3$  (*Análisis orientado a objetos* y *Diseño orientado a objetos*). ¿Es posible unir ambos ELOs? Recordemos que la noción de conocimiento cubierto está ligada a la de subsunción. Así, si la competencia subsumiese a los requisitos, no habría problema. La figura 3.42 describe una situación de este tipo.

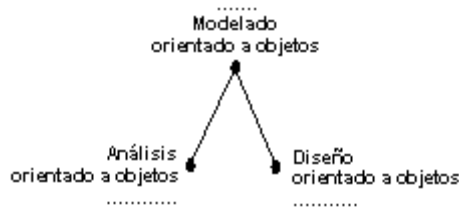


Figura 3.42: Ejemplo de Conocimiento Cubierto

Por lo tanto, suponiendo una situación como la descrita en la figura 3.42, las competencias  $UD_r$  cubren los requisitos de  $UD_3$ , y es posible realizar el ensamblaje entre ambas unidades didácticas.



$$Competencias_{UD_r} \vdash Requisitos_{UD_3} \hookrightarrow UD_r \circ UD_3 = UD_{r_4}$$

### - Ensamblaje de los meta-datos de los ELOs

En este apartado se muestran cinco tablas, cada una de las cuales representa las combinaciones posibles entre ELOs pertenecientes a diferentes niveles de granularidad (como se muestra en la tabla 3.5). El objetivo es ilustrar como se ensamblan los meta-datos que describen los diferentes tipos de ELOs involucrados en el proceso de ensamblaje.

Se debe tener presente que el proceso de ensamblaje se realiza por pares de ELOs cada vez, como se mencionó anteriormente en la sección 3.2.4.

El significado de cada uno de los campos de la tabla es el siguiente:

- **Nr:** Este indica el número de la categoría y de cada elemento del esquema de meta-datos LOM.
- **Nombre:** Identifica el nombre de la categoría y de cada elemento del esquema de meta-datos LOM.
- **Significado del meta-dato y criterio aplicado:** Breve explicación del significado de la categoría y del elemento, así como también la descripción de los valores de los atributos de los elementos y el criterio utilizado para la descripción del ELO.
- **Procedimiento:** Definición a nivel conceptual del procedimiento seguido para la descripción del ELO resultante del ensamblaje.

La tabla 3.8 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos UIs.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades de Información (UIs)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Procedimiento
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Una etiqueta, única globalmente, que identifica este ELO. Es decir, la que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen dos <i>UIs</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UC</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO.	Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada <i>UI</i> .
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UI</i> .
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UI</i> creada.
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen el ELO creado.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.:, contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	Las <i>UIs</i> son consideradas como elementos atómicos, por lo tanto su estructura es Atómica (A).
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> $1+1=1$ ; $1+2=2$ ; $1+3=3$ ; $1+4=4$ $2+1=2$ ; $2+2=2$ ; $2+3=3$ ; $2+4=4$ $3+1=3$ ; $3+2=3$ ; $3+3=3$ ; $3+4=4$ $4+1=4$ ; $4+2=4$ ; $4+3=4$ ; $4+4=4$	Las <i>UIs</i> son elementos atómicos, por lo tanto el valor para <i>Aggregation Level</i> es 1
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor

2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferente de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p>	<p>Generado por el profesor, o a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta-Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: Creator, Validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor

3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje “ELO-Tool”
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño del ELO en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	Generado por el profesor o realizando el cálculo de la suma de los tamaños de los archivos correspondientes a las <i>UIs</i> .
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para el ELO, la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para cada uno de los ELOs	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder al ELO creado	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar éste ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type=‘Operating System’, then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type=‘browser’then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta el ELO a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de cada <i>UI</i> .
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-

5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por el ELO. El nivel de interactividad del ELO generado depende del nivel de interactividad que posean cada uno de los ELOs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M</p>	<p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>Expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>Mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al ensamblar dos <i>UIs</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UI</i> resultante, a partir de su máximo</p>
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositiva (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la <i>UI</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
-----	---------------------	---	---

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UI resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>



5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOS) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la <i>UI</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con el ELO.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa el ELO.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
7	Relation	Características del ELO en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre el ELO que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor

7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción del ELO.	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de los ELOs e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de los ELOs, relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 3.8: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de información (UIs)

A continuación, en la tabla 3.9 se muestran los valores de los meta-datos resultantes de ensamblar una *UI* y una *UC*.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de una Unidad de Información (*UI*) y una Unidad de Contenido (*UC*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Procedimiento
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen una <i>UI</i> y una <i>UC</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UC</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO.	Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada ELO.
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UC</i> .
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UC</i> creada.
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UC</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.:, contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>En el caso de ensamblaje de una <i>UI</i> (cuya estructura se considera atómica) con una <i>UC</i>, la estructura de la <i>UC</i> resultante puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>C</math> (collection) = <math>C</math> (collection)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>L</math> (linear) = <math>L</math> (linear)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>H</math> (hierarchical) = <math>H</math> (hierarchical)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>N</math> (networked) = <math>N</math> (networked)</li> </ul> <p>Es decir, que en el ensamblaje de una <i>UI</i> con una <i>UC</i>, prevalece la estructura que tenga la <i>UC</i>.</p>
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).  <math>1+1=1</math>; <math>1+2=2</math>; <math>1+3=3</math>; <math>1+4=4</math>  <math>2+1=2</math>; <math>2+2=2</math>; <math>2+3=3</math>; <math>2+4=4</math>  <math>3+1=3</math>; <math>3+2=3</math>; <math>3+3=3</math>; <math>3+4=4</math>  <math>4+1=4</math>; <math>4+2=4</math>; <math>4+3=4</math>; <math>4+4=4</math></p>	<p>Las <i>UIs</i> son elementos atómicos, por lo tanto el valor para <i>Aggregation Level</i> es 1, pero las <i>UCs</i> pueden tener un valor para el nivel de agregación 2, 3 o 4. Por lo tanto, el valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UC</i> resultante de ensamblar una <i>UI</i> con una <i>UC</i>, será el valor del <i>Aggregation Level</i> que posea la <i>UC</i>.</p>
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor

2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p>	<p>Generado por el profesor, o a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul> <p>Así se puede obtener el valor para la condición editorial de la UC.</p>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta-Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor

3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool"
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	size	El tamaño del ELO en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	Generado por el profesor o a partir de la suma del tamaño de la <i>UI</i> y la <i>UC</i> .
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelva la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para el ELO, la primera de la lista será la de preferencia.	Generado por el profesor. Denota localizaciones alternativas para la <i>UC</i> creada
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder al ELO creado	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar este ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Óperating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta el ELO a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de la <i>UI</i> y la <i>UC</i> respectivamente.
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-

5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por el ELO. El nivel de interactividad del ELO generado depende del nivel de interactividad que posean cada uno de los ELOs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M</p>	<p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar una <i>UI</i> con una <i>UC</i>, es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UC</i> resultante, a partir de su máximo</p>
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOS) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UC resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
-----	---------------------	---	--



5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ médium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la <i>UC</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la UC resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con el ELO.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa el ELO.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los diferentes caminos de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> .	En el ELO resultante de un proceso de ensamblaje, los requisitos se obtienen a partir de la unión de los requisitos pertenecientes a cada uno de los ELOs que se están ensamblando, menos las competencias del ELO al que se le quiere ensamblar el otro. En el caso del ensamblaje de una UI con una UC, el valor para este meta-dato en la UC resultante es el valor que tenga la UC original, pues las UIs no tiene definidas competencias, (carecen de conocimiento asociado).
5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente. Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”.	-

5.13.1	Competency	En el proceso de ensamblaje, las competencias del ELO resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de los ELOs que se está ensamblando	Dado que las <i>UIs</i> carecen de conocimiento asociado (es decir que no poseen requisitos ni competencias), el valor de las competencias para la <i>UC</i> resultante será el valor que tenga ese meta-dato en la <i>UC</i> original. El profesor también puede añadir nuevas competencias para la <i>UC</i> generada.
5.14	Files	Indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados en el ensamblaje del nuevo ELO.	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de la <i>UI</i> y la <i>UC</i> , respectivamente
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UC</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UC</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único de la <i>UC</i> .	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UC</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UC</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor

9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la UC, relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 3.9: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de información (UI) y una unidad de contenido (UC)

A continuación, en la tabla 3.10 se muestran los valores de los meta-datos resultantes de ensamblar dos *UCs*.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades de Contenido (*UCs*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Procedimiento
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen dos <i>UCs</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UD</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor

1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO.	Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada <i>UC</i> .
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UD</i>
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.: contexto histórico).	Generado por el profesor
1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math></p> <p><b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	La estructura de la <i>UD</i> resultante depende de la estructura de las <i>UCs</i> ensambladas, por lo tanto puede ser: $C+C=C$ ; $C+L=L$ ; $C+H=H$ ; $C+N=N$ ; $L+C=L$ ; $L+L=L$ ; $L+H=H$ ; $L+N=L$ ; $L+C=L$ ; $H+C=H$ ; $H+L=H$ ; $H+H=H$ ; $H+N=H$ ; $N+C=N$ ; $N+L=L$ ; $N+H=H$ ; $N+N=N$ ;

1.8	Aggregation Level	El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior). 1+1=1; 1+2=2; 1+3=3; 1+4=4 2+1=2; 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4 3+1=3; 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4 4+1=4; 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4	El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan las <i>UCs</i> ensambladas para este meta-dato: 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4  Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor.
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor
2.2	Status	Condición editorial del ELO. Puede ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes: D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p>	El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul> <p>Así, el valor de la condición editorial de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan cada una de las <i>UCs</i> que se están ensamblando.</p>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor

3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos de la UD.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la UD en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	Generado por el profesor o a partir de la suma de los tamaños de los archivos correspondientes a cada UC.
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la UD, la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la UD	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la UD creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar éste ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Óperating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser'then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor

4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de cada <i>UC</i> .
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-
5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean cada una de las <i>UCs</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  <math>A+A=A</math>; <math>A+E=A</math>; <math>A+M=M</math>  <math>E+A=A</math>; <math>E+E=E</math>; <math>E+M=M</math>  <math>M+A=M</math>; <math>M+E=M</math>; <math>M+M=M</math></p>	<p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>Expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>Mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar dos <i>UCs</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo.</p>
5.2	Learning Resource Type	Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment	Generado por el profesor



5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high (H)</i>, por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low (L)</i> por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositiva (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low (L)</i>, por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high (H)</i> o <i>medium (M)</i> por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
-----	---------------------	---	---

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.</p>
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la UD.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa la UD.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript.</i>	Los requisitos de la UD resultante se obtienen a partir de la suma de los requisitos de cada una de las UCs que se están ensamblando, menos las competencias de la UC a la que se le quiere ensamblar la otra UC.
5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-
5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”.	En el proceso de ensamblaje, las competencias de la UD resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de las UCS que se está ensamblando.

5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran las <i>UCs</i> utilizadas en la generación de la <i>UD</i>	Contiene la dirección (URL) de las <i>UCs</i> utilizadas en el proceso de ensamblaje
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de las <i>UCs</i> .
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UD</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor

9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la <i>UD</i> , relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 3.10: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de contenido (UCs)

A continuación, en la tabla 3.11 se muestran los valores de los meta-datos resultantes de ensamblar una *UC* y una *UD*.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de una Unidad de Contenido (*UC*) y una Unidad Didáctica (*UD*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Procedimiento
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>UI+UI=UC</math></li> <li>▪ <math>UI+UC=UC</math></li> <li>▪ <math>UC+UD=UD</math></li> <li>▪ <math>UC+UC=UD</math></li> <li>▪ <math>UD+UD=UD</math></li> </ul>	En este caso se unen una <i>UC</i> y una <i>UD</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UD</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO.	Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a la <i>UC</i> y la <i>UD</i> .
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UD</i>

1.4	Description	Describe el contenido de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.: contexto histórico).	Generado por el profesor
1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>La estructura de la <i>UD</i> resultante depende de la estructura de la <i>UC</i> y de la <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto puede ser:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>; <math>H+N=H</math>;  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;</p>
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> $1+1=1$ ; $1+2=2$ ; $1+3=3$ ; $1+4=4$ $2+1=2$ ; $2+2=2$ ; $2+3=3$ ; $2+4=4$ $3+1=3$ ; $3+2=3$ ; $3+3=3$ ; $3+4=4$ $4+1=4$ ; $4+2=4$ ; $4+3=4$ ; $4+4=4$	<p>El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan para este meta-dato la <i>UC</i> y la <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto, su valor puede ser:  <math>2+2=2</math>; <math>2+3=3</math>; <math>2+4=4</math>  <math>3+2=3</math>; <math>3+3=3</math>; <math>3+4=4</math>  <math>4+2=4</math>; <math>4+3=4</math>; <math>4+4=4</math>  Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor.</p>

2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor
2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p>	<p>El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor

3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool"
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la <i>UD</i> en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	Generado por el profesor o a partir de la suma de los tamaños de los archivos que contienen la <i>UC</i> y la <i>UD</i> .
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la <i>UD</i> , la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para utilizar la <i>UD</i> . Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Óperating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser'then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de la <i>UC</i> y la <i>UD</i> .
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-



5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean tanto la <i>UC</i> como la <i>UD</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  <math>A+A=A</math>; <math>A+E=A</math>; <math>A+M=M</math>  <math>E+A=A</math>; <math>E+E=E</math>; <math>E+M=M</math>  <math>M+A=M</math>; <math>M+E=M</math>; <math>M+M=M</math></p>	<p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>Expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>Mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar una <i>UC</i> y una <i>UD</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo.</p>
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo del nivel de interactividad correspondiente a la <i>UC</i> y a la <i>UD</i> respectivamente.</p>
-----	---------------------	---	---

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo entre los pertenecientes a la <i>UC</i> y a la <i>UD</i> respectivamente.</p>
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: Teacher, Author, Learner, Manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	Teniendo en cuenta el valor numérico asignado al nivel de dificultad de la <i>UC</i> y la <i>UD</i> respectivamente, el valor del nivel de dificultad de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se utiliza la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> .	Los requisitos de la <i>UD</i> resultante se obtienen de la unión de los requisitos de la <i>UC</i> y los requisitos de la <i>UD</i> , menos las competencias de la <i>UD</i> .
5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-
5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”	En el proceso de ensamblaje, las competencias de la <i>UD</i> resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de la <i>UC</i> más las competencias de la <i>UD</i> que se están ensamblando.

5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados para generar la <i>UD</i> .	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de la <i>UC</i> y la <i>UD</i> ensambladas
5.15	Objectives	se basan en las competencias, son descripciones de una acción(es) observable(s) con las que el estudiante puede mostrar o demostrar que ha aprendido.	-
5.15.1	Objective	una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”. El objetivo basado en esta competencia sería “ <i>los estudiantes deben construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”	Generado por el profesor
5.16	Summary	Representa un resumen de los aspectos más relevantes de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
5.17	Evaluation	Representa los mecanismos de evaluación que serán aplicados para evaluar la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
5.18	Items	Describe la ubicación de los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje para generar la <i>UD</i> (representado mediante una URL) y además indica el tipo de ELO utilizado, sea <i>UC</i> o <i>UD</i>	
5.181	Item	-	Contiene las direcciones (URLs) correspondientes a los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje y el tipo de cada uno de ellos (en este caso una <i>UC</i> y una <i>UD</i> ).
6	Rights	Condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UD</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor

7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la <i>UD</i> , relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 3.11: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de contenido (UC) y una unidad didáctica (UD)

A continuación, en la tabla 3.12 se muestran los valores de los meta-datos resultantes de ensamblar dos *UDs*.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades Didácticas (*UDs*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Procedimiento
1	General	información que describe el ELO como un todo	

1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se dos <i>UD</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UD</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes de las <i>UD</i> .	
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UD</i>
1.4	Description	Describe el contenido de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.:, contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  C+A=C  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H;  H+N=H; H+A=H  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;  N+A=N  A+C=C; A+L=L; A+H=H; A+N=N;  A+A=A</p> <p><b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>La estructura de la <i>UD</i> resultante depende de la estructura de las <i>UDs</i> que se están ensamblando, por lo tanto puede ser:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H; H+N=H;  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;</p>
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> <p>1+1=1; 1+2=2; 1+3=3; 1+4=4  2+1=2; 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+1=3; 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+1=4; 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p>	<p>El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan para este meta-dato cada una de las <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto, su valor puede ser:</p> <p>2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p> <p>Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor.</p>
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor



2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p>	<p>El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul> <p>Así, la condición editorial de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tenga este meta-dato en cada una de las <i>UDs</i> que se están ensamblando.</p>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor

3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool"
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la <i>UD</i> en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	Generado por el profesor o a partir de la suma de los tamaños de los archivos que contienen las <i>UDs</i>
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la <i>UD</i> , la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para utilizar la <i>UD</i> . Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de las <i>UDs</i> .
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-

5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean cada una de las <i>UDs</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  <math>A+A=A</math>; <math>A+E=A</math>; <math>A+M=M</math>  <math>E+A=A</math>; <math>E+E=E</math>; <math>E+M=M</math>  <math>M+A=M</math>; <math>M+E=M</math>; <math>M+M=M</math></p>	<p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar dos <i>UD</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo.</p>
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo, según el valor del nivel de interactividad correspondiente a cada una de las UDs que se están ensamblando.</p>
-----	---------------------	---	---

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo, de acuerdo al valor de la densidad semántica asignado a cada una de las UDs que se están ensamblando.</p>
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad correspondiente a cada una de las UDs que se están ensamblando, el valor del nivel de dificultad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo.
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la UD.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se utiliza la UD.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript.</i>	Los requisitos de la UD resultante se obtienen a partir de la unión de los requisitos de cada una de las UDs que se están ensamblando, menos las competencias de la UD con la que se quiere ensamblar la otra UD.
5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-
5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”	Las competencias de la UD resultante se obtienen de la suma de las competencias definidas para cada una de las UDs que se están ensamblando.

5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados para generar la <i>UD</i> .	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de las <i>UDs</i> ensambladas
5.15	Objectives	se basan en las competencias, son descripciones de una acción(es) observable(s) con las que el estudiante puede mostrar o demostrar que ha aprendido.	-
5.15.1	Objective	una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”. El objetivo basado en esta competencia sería “ <i>los estudiantes deben construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”	Generado por el profesor
5.16	Summary	Representa un resumen de los aspectos más relevantes de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
5.17	Evaluation	Representa los mecanismos de evaluación que serán aplicados para evaluar la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
5.18	Items	Describe la ubicación de los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje para generar la <i>UD</i> (representado mediante una URL) y además indica el tipo de ELO utilizado, sea UC o UD	
5.18.1	Item	-	Contiene las direcciones (URLs) correspondientes a los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje y el tipo de cada uno de ellos (UC o UD). En este caso de las direcciones de las <i>UDs</i> y el tipo que es <i>UD</i> .
6	Rights	Condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UD</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor

7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la <i>UD</i> , relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 3.12: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades didácticas (UDs)

### 3.3. Reutilización de ELOs

La reutilización de contenido digital es un tema que se ha abordado en la literatura a lo largo de más de veinte años. Al principio se gestaron muchas iniciativas con el fin de fomentar la reutilización de software educativo, pero el éxito de estas se vio limitado a causa de las incompatibilidades entre los sistemas operativos, de almacenamiento y las barreras contextuales y culturales. No obstante, factores como las nuevas tecnologías, la aplicación de estándares y diversas aproximaciones pedagógicas, entre otros, han abierto un nuevo camino no solo para la reutilización de software educativo sino para la generación



de contenidos reutilizables, o lo que es lo mismo, objetos de aprendizaje.

Los objetos de aprendizaje están caracterizados por un conjunto de propiedades que determinan su grado de reutilización. Por ejemplo, el lenguaje, la tecnología, las aproximaciones pedagógicas, la granularidad y por supuesto el contexto, entre otras. Y al igual que cualquier material del mundo real, los objetos de aprendizaje están ligados a un ciclo de vida [39]. Dado que los ELOs son objetos de aprendizaje, también responden a ese ciclo de vida. Por ello, a continuación se explica su comportamiento a lo largo de cada una de esas fases, y cómo este representa un aspecto importante dentro del proceso de reutilización.

### 3.3.1. Ciclo de vida de los ELOs

El ciclo de vida de los ELOs se ilustran en la figura 3.43 y abarca seis fases: obtener, etiquetar, ofrecer, seleccionar, utilizar y mantener. Este ciclo de vida se basa en el descrito en [39] y la descripción de las fases ha sido adaptada a los ELOs.

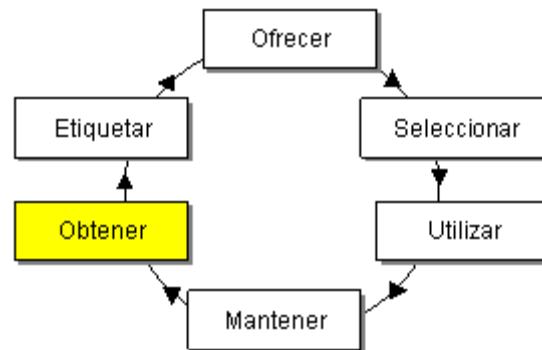


Figura 3.43: Ciclo de vida de los ELOs

#### Obtener

La primera fase del ciclo de vida es obtener o crear un objeto de aprendizaje. De esta fase dependen las siguientes fases. La forma en que son creados los objetos de aprendizaje depende del desarrollador, por ejemplo algunos utilizan plantillas para crear objetos de aprendizaje con una estructura consistente. En las empresas, por ejemplo, su creación responde a la necesidad de reducir los costos en la producción de material. En las instituciones educativas, el diseño

de objetos de aprendizaje autocontenidos permite reducir los costos derivados del desplazamiento de los profesores y el tiempo invertido en su desarrollo. Estos son solo algunos ejemplos, pues su creación está ligada a su utilidad y esta depende del contexto para el cual son creados. Dentro de ELO-Tool, los ELOs son creados u obtenidos de dos formas, la primera desde herramientas externas, y la segunda, generados dentro del propio entorno de la herramienta.

## **Etiquetar**

Una vez obtenido el objeto de aprendizaje, la siguiente fase consiste en etiquetarlo. Este procedimiento se puede realizar manualmente o mediante la utilización de herramientas para la edición de meta-datos.

El etiquetado facilita la búsqueda y recuperación de los objetos de aprendizaje. Además, permite que estos procesos se realicen de forma eficiente, por ejemplo, mediante la aplicación de criterios de búsqueda con fines particulares. La correcta aplicación de los esquemas de metas-datos favorece la rápida recuperación de objetos de aprendizaje y la posibilidad de establecer correspondencias entre diferentes tipos de esquemas de meta-datos, para lograr mayor interoperabilidad entre ellos y los sistemas que los soportan.

En ELO-Tool, los objetos de aprendizaje creados u obtenidos a partir de herramientas externas son etiquetados con el esquema de meta-datos LOM extendido, con lo cual pueden ser introducidos en el almacén de ELOs para su posterior selección y reutilización.

## **Ofrecer**

Después de que un objeto de aprendizaje es obtenido o creado y etiquetado, es ofrecido para su eventual selección y utilización. La oferta de objetos de aprendizaje varía según el contexto. Por ejemplo, en las instituciones educativas los profesores los agrupan en almacenes digitales para compartirlos sin costo alguno con otros profesores. También los utilizan para impartir cursos a los alumnos. Otros los ofrecen a través de LCMSs, generalmente proveedores de contenido educativo que suelen cobrar por el acceso a esos recursos. Los entornos corporativos son otro tipo de contextos en los que se crean objetos de aprendizaje para uso interno y son ofrecidos a los empleados a través de los cursos de formación.

En ELO-Tool, los ELOs son ofrecidos a los profesores que son los principales usuarios de este entorno, y quienes los utilizan para generar unidades de

contenido y unidades didácticas que respeten el conocimiento asociado a ellas en aras de un mejor cubrimiento de las competencias de los alumnos.

## **Seleccionar**

En esta fase del ciclo de vida, el proceso de selección suele estar soportado por herramientas que facilitan la recuperación del material educativo desde los almacenes de objetos de aprendizaje.

Las características de estos almacenes son muy variadas, dependiendo del enfoque de sus creadores. Por ejemplo, algunos permiten seleccionar objetos de aprendizaje teniendo en cuenta el perfil de los estudiantes, en particular sus competencias actuales, para proporcionarles aquellos objetos de aprendizaje que les permiten cubrir las carencias entre las competencias actuales y las requeridas [170]. Otros ofrecen una gran variedad de criterios de selección entre los que se incluyen combinaciones ontológicas, relaciones semánticas y el uso de palabras clave para realizar búsquedas dentro de las diferentes categorías de meta-datos [27].

En general, los trabajos en esta área están enfocados a la aplicación de mejores técnicas de selección, que permitan cubrir de forma eficiente las necesidades pedagógicas de cada usuario en particular.

En ELO-Tool, la selección de los ELOs se realiza de acuerdo a diferentes criterios de búsqueda, por ejemplo su identificador (si se busca un tipo de ELO en particular), el idioma o las competencias que proporciona. En este último caso se hace uso de ontologías para comparar semánticamente las competencias de uno y otro ELO.

## **Utilizar**

La forma en la que se utiliza un objeto de aprendizaje refleja la caracterización del aprendizaje dentro de diferentes contextos. Los objetos de aprendizaje se pueden utilizar básicamente desde dos perspectivas, una sin hacer modificaciones de las características del objeto en sí, con lo cual el objeto puede que tenga un grado de reutilización limitado, pues solo será utilizado en contextos concretos. La otra perspectiva es adaptar el objeto de aprendizaje a las necesidades del contexto y del usuario. Esto supone que el objeto de aprendizaje sea más flexible respecto a su aplicación en diferentes contextos y por lo tanto que posea un grado de reutilización mayor.

La forma en la que está concebido el modelo de contenido propuesto y des-

crito en esta memoria, confiere a los ELOs altas posibilidades de reutilización. De otra parte, la utilización de los ELOs dentro de ELO-Tool responde a las diferentes tareas que se realizan en este entorno, como por ejemplo la edición, el etiquetado, el almacenamiento, la búsqueda, la recuperación, el ensamblaje y la posterior reutilización de los ELOs.

## **Mantener**

El mantenimiento de los objetos de aprendizaje está ligado a su característica de durabilidad, la cual requiere que los contenidos puedan ser rediseñados, actualizados y adaptados a las nuevas tecnologías sin perder su integridad.

En ELO-Tool, el mantenimiento de los ELOs se realiza teniendo en cuenta estas características, para ofrecer contenido educativo de calidad que puedan ser reutilizados en diferentes contextos.

En general, las tres primeras fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje están relacionadas con los proveedores, mientras que las fases siguientes tienen que ver con quienes hacen uso de ellos. Es importante que los ELOs cumplan con su ciclo de vida para que puedan ser utilizados y reutilizados adecuadamente, ya que lo que se persigue es un incremento en la calidad del producto final, es decir, del contenido educativo.

### **3.3.2. Diferentes perspectivas de la reutilización**

La reutilización se puede analizar desde dos perspectivas principales: humana y tecnológica. Desde cada una de estas perspectivas se intenta dar respuesta a diferentes preguntas que se pueden aplicar a lo largo de las fases del ciclo de vida de los ELOs.

Tomando como base el trabajo realizado por Strijker en *Reuse of Learning Objects in Context: Human and Technical Aspects* [212], se intenta responder a las preguntas planteadas, teniendo en cuenta que el soporte para la reutilización del modelo propuesto lo proporciona la herramienta ELO-Tool. La tabla 3.13, sintetiza las preguntas y respuestas correspondientes, desde cada una de las perspectivas mencionadas.

Perspectiva	Pregunta	Descripción	Respuesta
<b>Humana</b>	¿Porqué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es el motivo para la reutilización?</li> <li>- ¿Porqué los usuarios invierten tiempo y esfuerzo a través de las diferentes fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El motivo para la reutilización de material varía de acuerdo al tipo de usuario:</li> <li>- Los estudiantes, porque acceden a los materiales que han sido utilizados en diversos escenarios, con la certeza de que han superado criterios de calidad que los convierten en elementos reutilizables por su potencial educativo.</li> <li>- Los profesores, porque incorporan materiales educativos en múltiples escenarios, disminuyendo el tiempo invertido en el desarrollo de material didáctico. Desarrollan ELOs para cubrir un rango de necesidades específico de la audiencia.</li> <li>- Los proveedores, porque ahorran tiempo y dinero en el desarrollo de materiales educativos.</li> </ul>
	¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Quiénes están involucrados en los procesos de reutilización?</li> <li>- ¿Cuáles son los roles que se pueden identificar en las diferentes fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje?</li> <li>- ¿Cuáles son los incentivos para llevar a cabo esos roles?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En los procesos de reutilización están involucrados los estudiantes, los profesores y los proveedores.</li> <li>- Cada uno de ellos desempeña un rol específico a través de las diferentes fases del ciclo de vida de los ELOs, así por ejemplo, las tres primeras fases están relacionadas con los proveedores, mientras que las siguientes con quienes hacen uso de ellos (estudiantes, profesores).</li> <li>- Los incentivos para llevar a cabo esos roles responden al deseo de obtener el mayor provecho de los beneficios del uso de la tecnología de objetos de aprendizaje (descritos en el estado del arte de esta memoria.).</li> </ul>
<b>Técnica</b>	¿Qué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué materiales son reutilizados?</li> <li>- ¿Cuáles son los tipos y la granularidad de los materiales reutilizados?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales reutilizados son aquellos contenidos en el almacén de ELOs.</li> <li>- Los tipos corresponden a las diferentes clases de ELOs (UI, UC y UD) y su granularidad depende del tipo. Así, las UIs son las de granularidad más pequeña y las UCs las de granularidad media y las UDs las de granularidad más grande.</li> </ul>
	¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cómo es reutilizado el material en términos de herramientas?</li> <li>- ¿Qué clase de soporte técnico es posible a través de las diferentes fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El diseño de ELO-Tool permite dar soporte a las diferentes fases del ciclo de vida de los ELOs, así como también a los procesos de generación, ensamblaje y reutilización de los mismos.</li> </ul>

	¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Dónde tiene lugar la reutilización en términos de los sistemas?</li> <li>- ¿Qué tipo de sistemas están disponibles para dar soporte a la reutilización?</li> <li>- ¿Qué servicios son ofrecidos por los sistemas durante las diferentes fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ELO-Tool está formada por cuatro módulos funcionales (generador, traductor, almacén de ELOs y almacén de ontologías), cada uno de los cuales permite realizar tareas específicas como: la edición, el etiquetado, el almacenamiento, la búsqueda, la recuperación, el ensamblaje y la posterior reutilización de los ELOs.</li> </ul>
--	---------	---	--

Tabla 3.13: Preguntas y respuestas respecto a la reutilización desde las perspectivas humana y tecnológica

### 3.4. Conclusiones

En este capítulo se han presentado los conceptos fundamentales para la construcción de la solución al problema planteado en la introducción de esta memoria:

- La falta de modelos conceptuales que den soporte a los procesos de generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.
- La falta de mecanismos para el ensamblaje de objetos de aprendizaje que respeten el conocimiento asociado a ellos.
- La falta de un procedimiento para obtener los meta-datos que describan a los objetos de aprendizaje resultantes de los procesos de ensamblaje.

De ella se derivan los distintos aspectos que han sido abordados a lo largo de este capítulo y que se pueden agrupar en los siguientes apartados:

- Modelo conceptual: En lo referente al modelo conceptual se abordaron los siguientes temas:
  - Descripción del modelo de contenido, sus componentes (ELOs) y las relaciones entre ellos.
  - Definición de las combinaciones permitidas entre los distintos tipos de ELOs.
  - Descripción formal de los ELOs con sus respectivos ejemplos de aplicación.

- Ensamblaje de ELOs: Se identificó el problema fundamental presente en el proceso de ensamblaje de objetos de aprendizaje: la comparación del contenido. Nuestra visión de la solución se resume en los siguientes aspectos:
  - Identificación de las ontologías como mecanismo de comparación, ya que hacen posible la representación de la correspondencia semántica de los contenidos.
  - Definición del concepto de *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias), como concepto clave para la comparación entre ELOs heterogéneos.
  - Definición del mecanismo de ensamblaje, basado en ontologías, *OntoGlue* (y su versión extendida *OntoGlue Full*), la formalización de todos los conceptos que lo definen y la ilustración de los mismos a través de ejemplos.
  
- Descripción de ELOs: Como complemento al proceso de ensamblaje, se realizan los siguientes pasos:
  - Definición de un conjunto de reglas basadas en meta-datos para la descripción de los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje.
  - Aplicación de dichas reglas, teniendo en cuenta las combinaciones permitidas entre ELOs heterogéneos.
  
- Reutilización de ELOs: Las distintas propiedades de los objetos de aprendizaje determinan su grado de reutilización, y al igual que cualquier material del mundo real, están ligados a un ciclo de vida. En este apartado se han abordado los siguientes aspectos:
  - Descripción del ciclo de vida de los ELOs y explicación de su comportamiento a lo largo de las distintas fases que lo forman. Esto permite concluir que las tres primeras fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje están relacionadas con los proveedores, mientras que las fases siguientes tienen que ver con quienes hacen uso de ellos. Además, el hecho de relacionar a los objetos de aprendizaje con un ciclo de vida conlleva a una mejor y más adecuada utilización de los mismos, con el consecuente incremento en la calidad del contenido educativo.
  - Descripción de la reutilización desde las perspectivas humana y tecnológica. Esto nos ha permitido distinguir la motivación existente en los distintos tipos de usuarios, su visión frente a la reutilización

y el papel que desempeñan a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de los objetos de aprendizaje. Y desde el punto de vista tecnológico, se evidencia la necesidad de identificar las características de los materiales digitales, su granularidad y el grado en que las herramientas ofrecen soporte a la reutilización.

En este capítulo se ha querido resaltar la importancia de contar con una buena descripción de los objetos de aprendizaje, ya que la misma facilita su búsqueda y descubrimiento. De otra parte, la propuesta de un mecanismo de ensamblaje en el que se tenga en cuenta el *Conocimiento Asociado*:

- Constituye un aporte en la implementación de soluciones para el mejoramiento del contenido educativo basado en la utilización de objetos de aprendizaje.
- Proporciona consistencia al tratamiento de dicho contenido y facilita su posterior reutilización.



## Capítulo 4

# META-DATOS PARA LOS ELOs

La descripción consistente de los componentes del modelo de contenido ELO mediante el uso de meta-datos, permite que estos puedan ser identificados, clasificados, buscados y descubiertos para facilitar su compartimiento y reutilización.

Una representación concreta de los meta-datos se logra mediante la definición de un *binding*<sup>1</sup> y para crearlo se ha seleccionado como metamodelo de meta-datos el estándar LOM (*Learning Object Metadata*) del LTSC-IEEE [104]. Aunque existen *bindings* XML de LOM, en esta tesis se ha optado por desarrollar un *binding* específico basado en XML *Schemas* [252], pues los disponibles no se adaptaban a los requisitos del modelo conceptual propuesto.

### 4.1. *Bindings* XML

En sección 3.2 se ha presentado el proceso de ensamblaje de ELOs desde un punto de vista conceptual. En la presente sección se explicará este proceso desde el punto de vista de su representación en XML. Para ello se explicará en qué consiste el *binding* XML para cada uno de los elementos que conforman los distintos niveles de granularidad de objetos de aprendizaje definidos en este modelo. Adicionalmente, se proporcionan ejemplos de las instancias XML que representan a las UCs y UDs de los ejemplos descritos en la sección 3.1.2.

---

<sup>1</sup>Un *binding* es un conjunto de requisitos utilizados para construir una representación XML de un modelo de datos particular. [247]

### 4.1.1. Extensión del estándar de meta-datos LOM

El estándar LOM [104] proporciona un modelo semántico para describir las propiedades de los objetos en sí mismos, más que la forma en la cual se pueden utilizar para dar soporte al aprendizaje.

LOM proporciona valores legales, una semántica informal de elementos de meta-datos y las dependencias de unos respecto a los otros. Su estructura es tal que permite introducir *extensiones*. No especifica implementaciones o representaciones particulares, por lo que el diseñador de sistemas compatibles con LOM puede utilizar cualquier interfaz que desee y almacenar los meta-datos de la forma que quiera. Es decir, LOM especifica solamente el meta-dato y su semántica, de modo que sea posible el intercambio de meta-datos entre diferentes sistemas.

En algunos casos los elementos LOM predefinidos son adecuados para describir los recursos de aprendizaje, en otros casos, se pueden obtener extensiones mediante el uso del elemento *9:Classification* del estándar. Algunas veces, sin embargo, es necesario extender vocabularios restringidos y en otros casos añadir nuevos elementos a la estructura del estándar. Es esta última opción, la de añadir nuevos elementos al estándar LOM, la que se ha seleccionado en esta tesis para describir los ELOs.

Las extensiones ELO al estándar LOM se enumeran de la misma forma que los elementos LOM, continuando con la enumeración correspondiente dentro de la categoría *5:Educational* del estándar. Esto se hace con el fin de facilitar la ubicación de las extensiones dentro del esquema de meta-datos y no implica que los elementos añadidos puedan ocurrir solo en las posiciones enumeradas.

### 4.1.2. *Binding* XML de LOM

A cada una de las nueve categorías del estándar LOM se le ha asociado un tipo, incluyendo además `TypeLom` como tipo asociado al elemento raíz `Lom` del esquema. De esta forma, `TypeLom` está formado por: `TypeGeneral`, `TypeLifeCycle`, `TypeMeta-metadata`, `TypeTechnical`, `TypeEducational`, `TypeRights`, `TypeRelation`, `TypeAnnotation`, `TypeClassification`.

La figura 4.1 representa el diagrama UML para el *binding* de LOM y las extensiones propuestas.

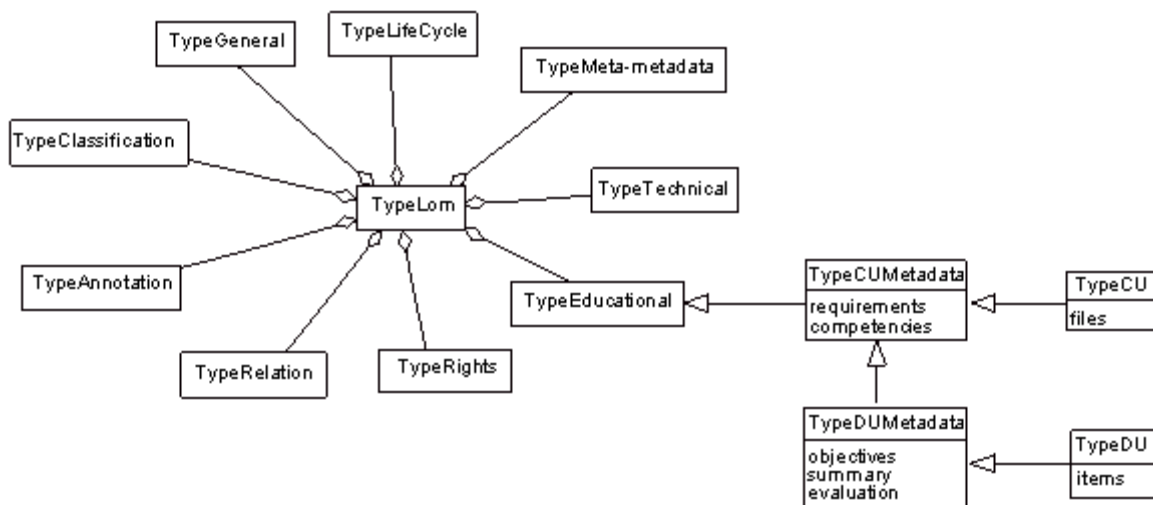


Figura 4.1: Diagrama UML de las extensiones ELO al estándar LOM

Nótese que para poder extender el estándar de meta-datos LOM ha sido necesario en primer lugar crear un *binding* XML para el propio estándar LOM, ya que no existe un *binding* que permitiera hacer las extensiones en la forma que se quería.

### ***Binding* XML de LOM para las Unidades de Información**

El *binding* XML para las unidades de información (UIs) es el esquema compuesto por las nueve categorías del estándar LOM con sus elementos y atributos y los diez tipos descritos en el párrafo anterior.

La figura 4.2 representa el *binding* XML para una unidad de información.

Es importante aclarar que la semántica de una unidad de información implica que los datos educativos contenidos en la misma sean de naturaleza básica, por ejemplo, una imagen, un texto, etc. Al hacer el *binding* de estas unidades de información mediante documentos LOM se debe preservar esta semántica más allá de lo que permiten las restricciones impuestas por el *binding* LOM. Por ejemplo, la *Enciclopedia Británica* [65] puede ser empaquetada y descrita mediante un objeto LOM, pero esto no la convierte en una unidad de información<sup>2</sup>.

Dicho de otra forma, toda unidad de información según este *binding* es un

<sup>2</sup>A menos que alguien entienda la Enciclopedia Británica como un contenido de naturaleza atómica.

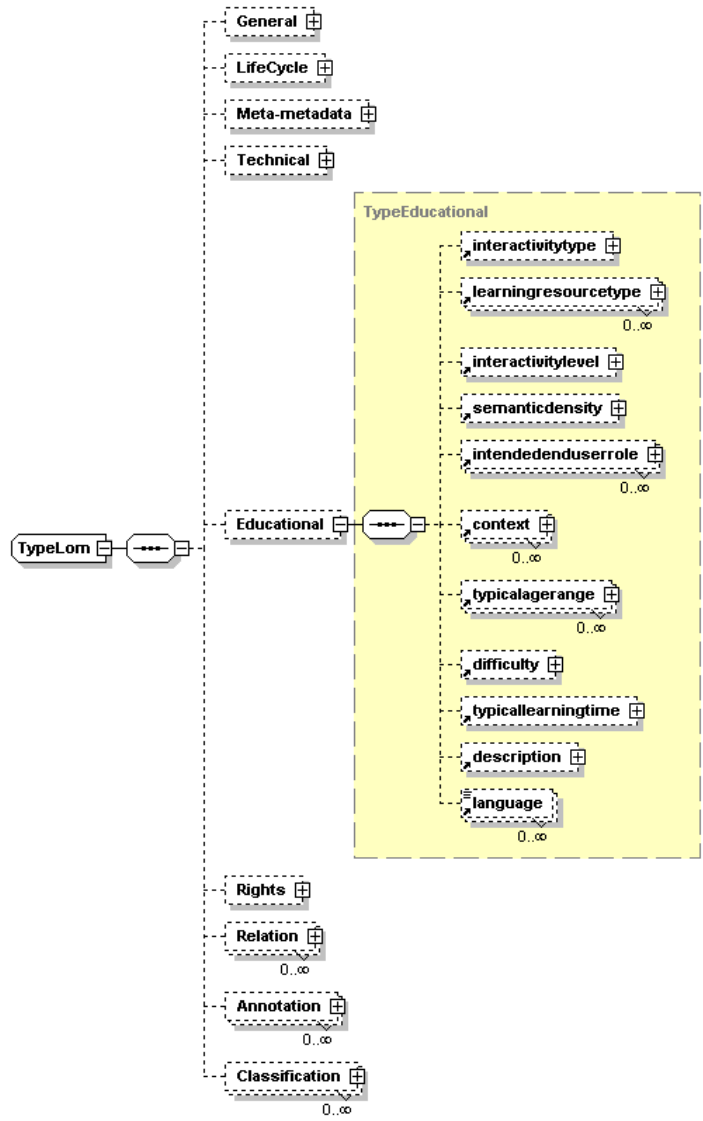


Figura 4.2: Binding XML del estándar LOM para Unidades de Información

objeto LOM, pero no todo objeto LOM es una unidad de información. Nótese que en el párrafo anterior el término *binding* hace referencia a la representación de unidades de información como objetos LOM, y no al *binding* como documentos XML.

### Ejemplo de instancia XML para una unidad de información

La figura 4.3 representa un ejemplo de una instancia para una unidad de información.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<lom xmlns="http://www.it.uc3m.es/liliana/luLomExtV1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.it.uc3m.es/liliana/luLomExtV1
  http://www.it.uc3m.es/liliana/luLom.xsd">
...
  <General>
  .....
  <title>
    <langstring>Bienvenido a Java</langstring>
  </title>
  <language>
    es-SP
  </language>
  <description>
    <langstring>
      Esta es una introducción a la programación en Java
    </langstring>
  </description>
  <keyword>
    Java, Introducción
  </keyword>
  .....
  </General>
  .....
</lom>
```

Figura 4.3: Ejemplo de una instancia XML para una unidad de información

### *Binding* XML de LOM para las Unidades de Contenido

Para describir las unidades de contenido, se han añadido tres extensiones al estándar LOM. En particular, las extensiones se han realizado dentro de la categoría *Educational* que es de tipo `TypeEducational`.

Se separa entre `CU` y `CUMetadata` porque las unidades didácticas especializan al `CUMetadata`, obviando el meta-dato *file* al no ser necesario.

El tipo complejo `TypeCUMetadata` (figura 4.4) extiende al tipo `TypeEducational` de la categoría *Educational* de LOM con los elementos `requirements` y `competencies`.

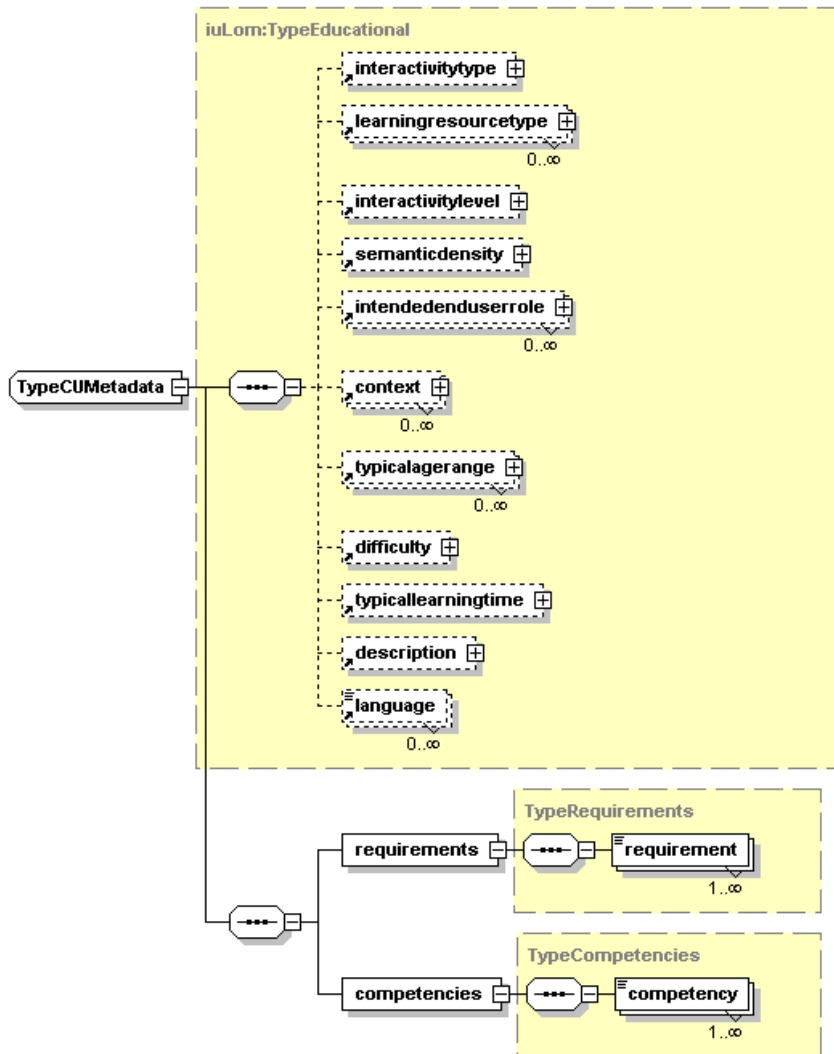


Figura 4.4: TypeCUMetadata en el binding XML del estándar LOM para Unidades de Contenido

- **requirements**: este elemento contiene al elemento **requirement** de tipo **TypeRequirements** que está formado por el elemento **item** que es de tipo **TypeRequirement**.
- **competencies**: este elemento contiene al elemento **competency** de tipo **TypeCompetencies** que está formado por el elemento **item** que es de tipo **TypeCompetency**.

Aunque para definir el conocimiento asociado podríamos haber utilizado un modelo de información similar a IMS RDCEO (*Reusable definition of Competency or Educational Objectives*) [179], en la práctica hemos optado por este binding en aras de un mayor pragmatismo.

El tipo complejo **TypeCU** (figura 4.5) extiende al tipo complejo **TypeCUMetadata** formado por los elementos definidos en el estándar LOM para la categoría *Educational* más el elemento nuevo **files** que está formado por el elemento **file** de tipo **TypeFiles** que representa los ficheros que contienen la localización de los componentes de la unidad de contenido creada. Como mínimo deben haber dos ficheros.

La figura 4.6 representa un fragmento de una instancia XML para una unidad de contenido.

### ***Binding* XML de LOM para las Unidades Didácticas**

El binding XML para las unidades didácticas además estar de formado por los elementos que permiten describir el conocimiento asociado a cada unidad didáctica (es decir, requisitos y competencias), tiene un elemento denominado *item* que permite especificar la localización de física de los ELOs y el tipo (UC o UD) de cada uno de ellos, los cuales han sido utilizados para crear la nueva unidad didáctica.

Nótese que esta aproximación se basa en la de *Content Organization Organization* de SCORM, pero en este caso hemos optado por no incluir ficheros, sino las referencias (URL) a los mismos.

En cuanto a las extensiones, estas se han realizado mediante la definición de los tipos complejos **TypeDU** y **TypeDUMetadata**. (figuras 4.8 y 4.7).

Se sigue la misma aproximación que para las UCs, por motivos de simetría y posibles ampliaciones futuras.

El tipo complejo **TypeDU** extiende al tipo complejo **TypeDUMetadata** formado por los elementos definidos en el tipo **TypeCUMetadata** más los elementos

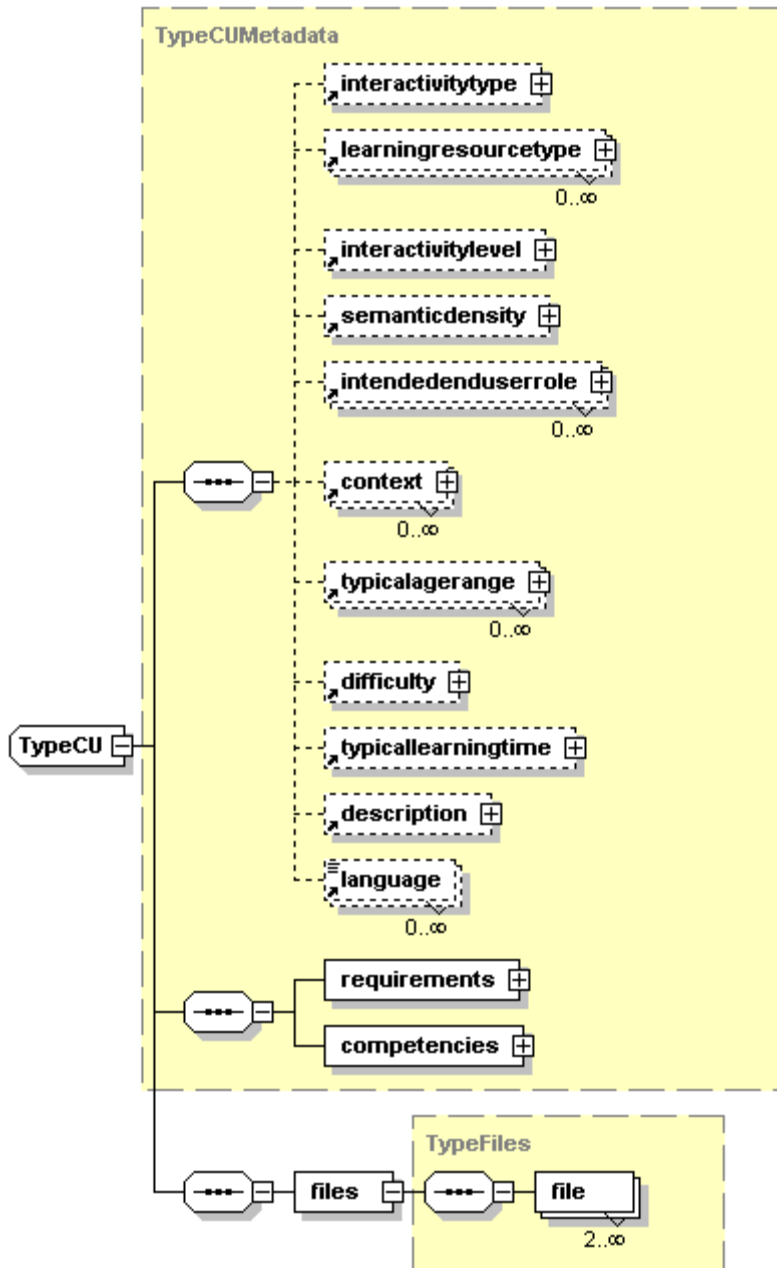


Figura 4.5: TypeCU en el binding XML del estándar LOM para Unidades de Contenido



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!om xmlns="http://www.it.uc3m.es/liliana/om/ExtV1">
xmlns:ext="http://www.it.uc3m.es/liliana/om/ExtV1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.it.uc3m.es/liliana/om/ExtV1
http://www.it.uc3m.es/liliana/om/cu.xsd">
...
<Educational>
<ext:requirements>
<ext:requirement ontology="programación">
Introducción a las Computadoras
</ext:requirement>
</ext:requirements>
.....
<ext:competencies>
<ext:competency ontology="programación">
Estructuras de Control I
</ext:competency>
<ext:competency ontology="programar">
If
</ext:competency>
.....
</ext:competencies>
<ext:files>
<ext:files src="http://www.javacurso/control.html"/>
<ext:files src="http://www.cursos/java/control.html"/>
.....
</ext:files>
.....
</Educational>
.....
</om>

```

Figura 4.6: Ejemplo de una instancia XML para una unidad de contenido

nuevos:

- **objectives:** este elemento contiene al elemento `objective` de tipo `TypeObjectives`.
- **summary:** este elemento es de tipo `string`.
- **evaluation:** este elemento es de tipo `string`.
- **item:** este elemento es de tipo `string`.

La figura 4.9 representa un fragmento de una instancia XML para una unidad didáctica.

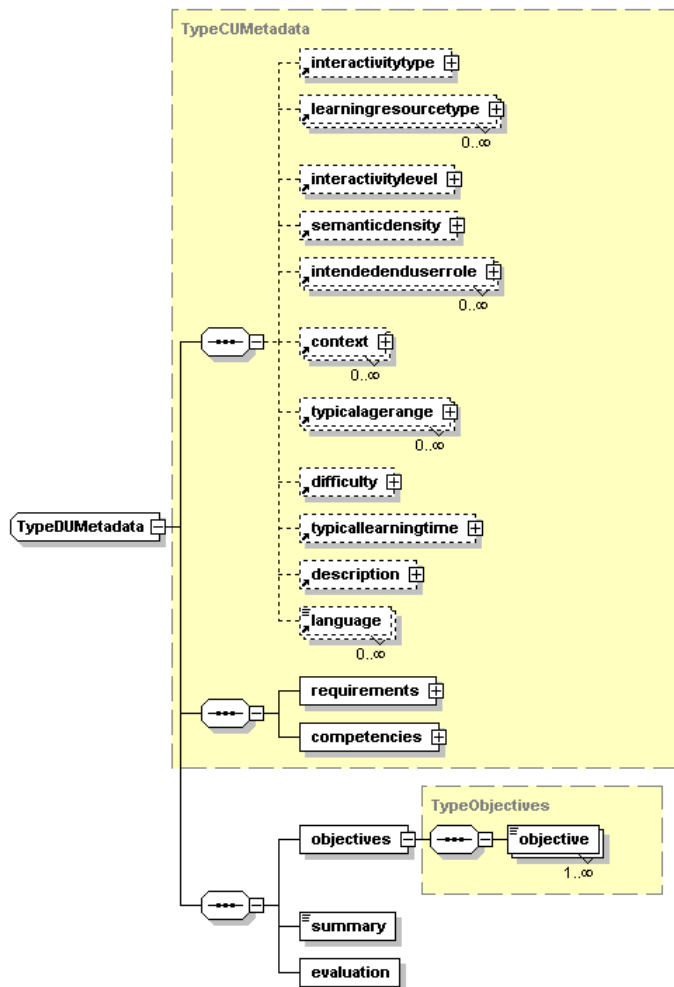


Figura 4.7: Binding XML del estándar LOM para Unidades Didácticas

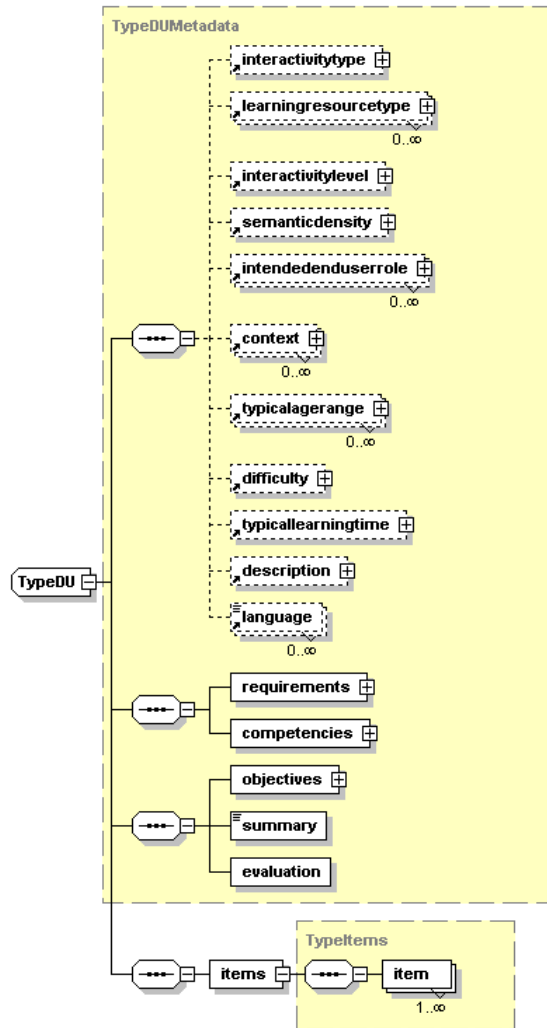


Figura 4.8: Binding XML del estándar LOM para Unidades Didácticas

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<lom xmlns="http://www.it.uc3m.es/liliana/lom/Ext/v1"
xmlns:ext="http://www.it.uc3m.es/liliana/lom/Ext/v1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.it.uc3m.es/liliana/lom/Ext/v1
http://www.it.uc3m.es/liliana/lom/Ext/xsd">
...
<Educational>
<ext:requirements>
  <ext:requirement ontology="">
    No requirements
  </ext:requirement>
</ext:requirements>
.....
<ext:competencies>
  <ext:competency ontology="programación">
    Estructuras de Control I
  </ext:competency>
  <ext:competency ontology="programar">
    Introducción a Internet
  </ext:competency>
.....
</ext:competencies>
<ext:objectives>
  <ext:objective>
    Entender los conceptos básicos de la Informática
    y familiarizarse con los lenguajes de programación,
    en particular Java.
  </ext:objective>
.....
</ext:objectives>
<ext:summary>
  Aprender a programar en Java, entender técnicas de
  resolución de problemas, ...
</ext:summary>
<ext:evaluation>
<ext:items>
  <ext:item src="http://www.it.uc3m.es/liliana/intro.xml" EL0type="CU"/>
  <ext:item src="http://www.it.uc3m.es/liliana/control1.xml" EL0type="CU"/>
  <ext:item src="http://www.it.uc3m.es/liliana/control2.xml" EL0type="CU"/>
  <ext:item src="http://www.it.uc3m.es/liliana/metodos.xml" EL0type="CU"/>
</ext:items>
.....
</Educational>
.....
</lom>

```

Figura 4.9: Ejemplo de una instancia XML para una unidad didáctica

### 4.1.3. Aproximaciones para la validación de los *bindings* XML de LOM

Un binding XML de LOM no es más que un conjunto de reglas que describen cómo crear las instancias de meta-datos en XML. Los archivos para la definición de esquemas XML (.xsd) se utilizan para describir y reforzar esas reglas. Algunas veces hay reglas que no pueden expresarse como ficheros .xsd, en tal caso las reglas se describen mediante el texto normativo encontrado en el estándar LOM. El IEEE proporciona varias aproximaciones para la validación de *bindings* XML [252]. Dichas aproximaciones representan diversos esquemas XML alternativos. En todos los casos los archivos .xsd no son suficientes para validar instancias de meta-datos LOM. Esas instancias deben estar conforme con el *binding* XML de LOM. De esta forma el *binding* XML de LOM es igual a la suma de la definición del esquema XML más la normativa del estándar.

Las siguientes son las diferentes aproximaciones de validación proporcionadas por el IEEE.

### **Aproximación del esquema de validación estricta**

El objetivo principal de esta aproximación es reforzar los requisitos estrictos definidos por LOM. Esta aproximación y su conjunto de archivos .xsd correspondientes tienen las siguientes características:

- *Soporte a condiciones de unicidad*: Los elementos definidos en LOM tienen requisitos de multiplicidad de 0 o 1, esta aproximación refuerza esta condición.
- *Solamente vocabulario LOM*: Este esquema de validación solo permite instancias de meta-datos para los *tokens* definidos en el vocabulario LOM.
- *No extensiones*: Este esquema no soporta extensiones de LOM.

### **Aproximación del esquema de validación personalizado**

El principal objetivo de esta aproximación es dar soporte a la personalización de instancias de meta-datos que permitan la extensión de vocabularios y elementos de datos. Esta aproximación se caracteriza por:

- *Soporte de condiciones de unicidad*: El requisito de multiplicidad de los elementos LOM es de 0 o 1, este esquema de validación refuerza esta condición.
- *Vocabularios personalizados*: Esta aproximación permite utilizar vocabularios definidos en LOM o utilizar vocabularios propios. Además, proporciona una plantilla para la construcción del archivo .xsd que será utilizado por otras herramientas. Esos archivos se deben utilizar para el soporte de la validación de las instancias de meta-datos LOM.
- *Soporte para extensiones de LOM*: Esta aproximación soporta extensiones al conjunto del modelo de datos definido en LOM. De esta forma, una organización puede incorporar un conjunto diferente (a partir de otro espacio de nombres) de elementos en una instancia de meta-datos LOM.

## Aproximación del esquema de validación libre

El principal objetivo de esta aproximación es suavizar algunas de las condiciones definidas por las otras aproximaciones para la validación de esquemas. Cuando se utilizan las aproximaciones estricta o personalizada, se introduce un atributo artificial para ayudar a las herramientas con la validación de las condiciones de unicidad de LOM. Si una organización desea eliminar este elemento artificial, entonces puede aplicar la aproximación de validación libre. Es decir, que esta aproximación no verifica la condición de unicidad y no permite instancias de meta-datos no conformes con LOM. Esta aproximación tiene las siguientes características:

- *No soporta condiciones de unicidad.* Se recomienda que los productores de instancias de meta-datos LOM garanticen que la instancia producida es válida de acuerdo al *binding* XML de LOM cuando se utiliza esta aproximación.
- *No hay validación de vocabularios:* Esta aproximación simplifica el proceso de validación del esquema, sin embargo, la ausencia del refuerzo no garantiza la conformidad de las instancias de meta-datos LOM. Por tal motivo, las aplicaciones deben validar los vocabularios utilizando otros medios.
- *Soporte para extensiones de LOM:* Esta aproximación soporta la extensión del conjunto de datos del modelo definido para LOM. Esto permite que las organizaciones incluyan conjuntos diferentes de elementos (a partir de otros espacios de nombres) en una instancia de meta-datos LOM.

Esta aproximación requiere más procesamiento, a parte de las herramientas de validación para verificar que la instancia de meta-datos LOM es conforme a los requisitos del IEEE.

Particularmente, en esta tesis doctoral se ha seleccionado la aproximación del esquema de validación personalizado, pues es la que más se ajusta al tipo de *binding* XML de LOM creado.

### 4.1.4. Perfil de aplicación para los meta-datos de los ELOs

En este apartado se describen los requisitos para construir meta-datos que describan los componentes del modelo de contenido ELO (UIs, UCs y UDs).

Los perfiles de aplicación de meta-datos para los ELOs describen la integración del estándar LOM con los componentes del entorno ELO. La aplicación de los perfiles autoriza la utilización de elementos de meta-datos cuando los meta-datos de LOM son aplicados a los componentes del modelo de contenido ELO. Dentro del entorno ELO, los perfiles de aplicación de meta-datos describen cómo utilizar y crear instancias de meta-datos. Algunos requisitos adicionales se pueden describir como:

- *Elementos obligatorios*: Describe un conjunto de elementos que son obligatorios para los diferentes perfiles de aplicación. LOM indica que todos los elementos del estándar son opcionales. El uso de elementos obligatorios crea oportunidades para la búsqueda, el descubrimiento en los almacenes y otros sistemas y la reutilización. Sin ellos, esas oportunidades decrecen.
- *Utilización de vocabularios*: LOM sugiere la utilización de vocabularios básicos. Si se utilizan otros valores el grado de interoperabilidad semántica decrece. Sin embargo, existen guías proporcionadas por IEEE para realizar la extensión de los vocabularios en el caso en que sea necesario.

A continuación se definen los requisitos para los perfiles de aplicación de meta-datos de cada uno de los componentes del modelo de contenido ELO.

- M: Indica que el elemento es obligatorio.
- O: Indica que el elemento es opcional.

Nombre	UI	UC	UD
<b>1.0 General</b>	M	M	M
<b>1.1 Identifier</b>	M	M	M
<b>1.1.1 Catalog</b>	O	O	O
<b>1.1.2 Entry</b>	O	O	O
<b>1.2 Title</b>	M	M	M
<b>1.3 Language</b>	O	O	O
<b>1.4 Description</b>	M	M	M
<b>1.5 Keyword</b>	O	M	M
<b>1.6 Coverage</b>	O	O	O
<b>1.7 Structure</b>	O	O	O
<b>1.8 Aggregation Level</b>	O	O	O
<b>2.0 Life Cycle</b>	O	M	M
<b>2.1 Version</b>	O	M	M
<b>2.2 Status</b>	M	M	M
<b>2.3 Contribute</b>	O	O	O
<b>2.3.1 Role</b>	O	O	O
<b>2.3.2 Entity</b>	O	O	O
<b>2.3.3 Date</b>	O	O	O

3.0 Meta-Metadata	M	M	M
3.1 Identifier	M	M	M
3.1.1 Catalog	O	O	O
3.1.2 Entry	O	O	O
3.2 Contribute	O	O	O
3.2.1 Role	O	O	O
3.2.2 Entity	O	O	O
3.2.3 Date	O	O	O
3.3 Metadata Schema	M	M	M
3.4 Language	O	O	O
4.0 Technical	M	M	M
4.1 Format	M	M	M
4.2 Size	O	O	O
4.3 Location	O	O	O
4.4 Requirement	O	O	O
4.4.1 OrComposite	O	O	O
4.4.1.1 Type	O	O	O
4.4.1.2 Name	O	O	O
4.4.1.3 Minimum Version	O	O	O
4.4.1.4 Maximum Version	O	O	O
4.6 Other Platform Requirements	O	O	O
4.7 Duration	O	O	O
5.0 Educational	M	M	M
5.1 Interactivity Type	M	M	M
5.2 Learning Resource Type	M	M	M
5.3 Interactivity Level	M	M	M
5.4 Semantic Density	O	O	O
5.5 Intended End User Role	O	O	O
5.6 Context	O	O	O
5.7 Typical Age Range	O	O	O
5.8 Difficulty	O	O	O
5.9 Typical Learning Time	O	O	O
5.10 Description	M	M	M
5.11 Language	O	O	O
5.12 Requirements	O	M	M
5.12.1 Requirement	O	M	M
5.13 Competencies	O	M	M
5.13.1 Competency	O	M	M
5.14 files	O	M	M
5.14.1 file	O	M	M
5.15 Objectives	O	O	M
5.15.1 Objective	O	O	M
5.16 Summary	O	O	M
5.17 Evaluation	O	O	M
5.18 Items	O	O	M
5.18.1 Item	O	O	M
6.0 Rights	O	M	M
6.1 Cost	O	M	M
6.2 Copyright and Other Restrictions	M	M	O
6.3 Description	O	O	O
7.0 Relation	O	O	O
7.1 Kind	O	O	O
7.2 Resource	O	O	O
7.2.1 Identifier	O	O	O
7.2.1.1 Catalog	O	O	O
7.2.1.2 Entry	O	O	O
7.2.2 Description	O	O	O
8.0 Annotation	O	O	O



8.1 Entity	0	0	0
8.2 Date	0	0	0
8.3 Description	0	0	0
9.0 Classification	0	0	0
9.1 Purpose	0	0	0
9.2 Taxon Path	0	0	0
9.2.1 Source	0	0	0
9.2.2 Taxon	0	0	0
9.2.2.1 Id	0	0	0
9.2.2.2 Entry	0	0	0
9.3 Description	0	0	0
9.4 Keyword	0	0	0

Tabla 4.1: Perfiles de aplicación de meta-datos para los componentes del modelo de contenido ELO

## 4.2. Ensamblaje de ELOs

En esta sección se describe el proceso de ensamblaje, desde el punto de vista de su representación en XML.

### 4.2.1. Comparación entre ELOs

En el *apéndice C* se encuentra el diagrama UML (figura 6.7), que representa el proceso computacional de comparación entre diferentes tipos de ELOs.

### 4.2.2. Ensamblaje de ELOs: Aplicación de las reglas de meta-datos didácticos y obtención de meta-datos resultantes

El proceso de ensamblaje de ELOs incluye como parte complementaria la aplicación de meta-datos didácticos. Estos meta-datos permiten describir los ELOs resultantes teniendo en cuenta una serie de reglas definidas con base en los atributos de los elementos del estándar de meta-datos LOM y la extensión realizada a dicho estándar.

Para hacer referencia a los elementos y atributos de los meta-datos que describen los ELOs en formato XML, se utilizan referencias *XPath* [251].

Así por ejemplo, para describir el nivel de agregación LOM de dos ELOs ( $ELO_1$  y  $ELO_2$ ), la expresión *XPath* para cada uno de ellos es la siguiente:

$$agglevel_1 = lom/general/aggregationlevel/text()|_{ELO_1}$$

$$agglevel_2 = lom/general/aggregationlevel/text()|_{ELO_2}$$

Para realizar el cálculo de los valores de los atributos y los elementos de los meta-datos del ELO resultante del ensamblaje, se pueden seguir dos procesos diferentes: automático o manual. Esto depende de si los valores de los atributos y elementos se corresponden con valores acotados de un dominio, es decir que corresponden a una escala de valores alfanuméricos predefinidos sobre los cuales se puede realizar operaciones del tipo selección del número máximo, etc. Si es así, el proceso de definición del atributo o elemento resultante podrá ser automático. En otro caso, si los valores de los atributos son sentencias de lenguaje natural, el proceso de definición del nuevo atributo deberá ser manual. En cualquier caso, la operación por defecto que se realiza para rellenar el campo del meta-dato correspondiente es la concatenación.

Todo esto se hace de acuerdo a las tablas de la sección 3.2.4

**Ejemplo 1:** cálculo automático

$$lom/general/aggregationlevel/text()|_{ELO_1 \circ ELO_2} = \text{máximo}(agglevel_1, agglevel_2)$$

En este ejemplo, el valor para el nivel de agregación del ELO resultante del ensamblaje entre los ELOs ( $ELO_1$  o  $ELO_2$ ) se obtiene a través del cálculo del *máximo*. Esto significa que se toma cada uno de los valores asignados al nivel de agregación para cada ELO y se selecciona el valor máximo entre los dos para asignarlo al campo del meta-dato *aggregationlevel* para el ELO resultante.

**Ejemplo 2:** cálculo manual

$$lom/general/title/text()|_{ELO_1 \circ ELO_2} = \text{concat}(title_{ELO_1}, title_{ELO_2})$$

En este ejemplo, el título para el ELO resultante se asigna por defecto mediante la concatenación de los dos títulos individuales de cada uno de los ELOs ensamblados.

La figura 4.10 ilustra los ejemplos 1 y 2:

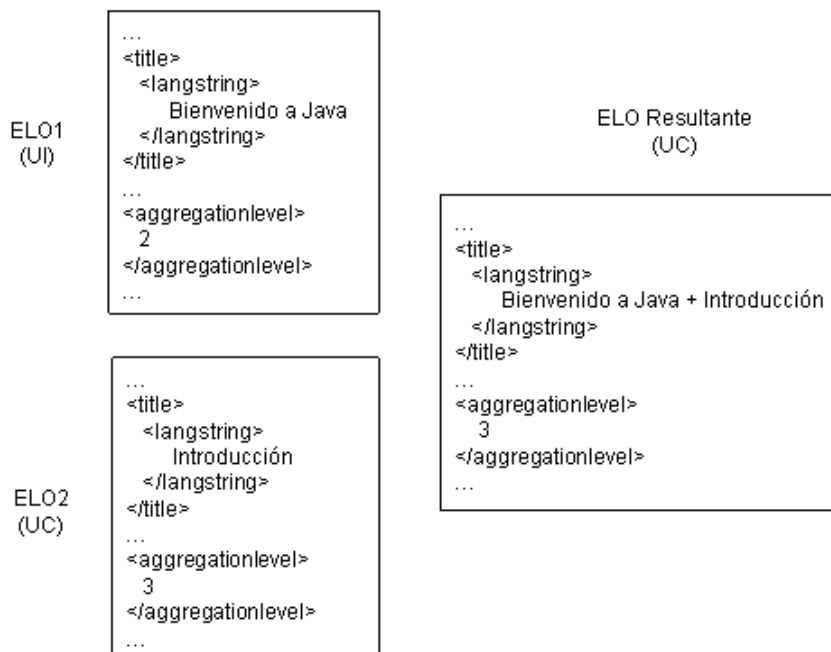


Figura 4.10: Aplicación de reglas para meta-datos didácticos en el proceso de ensamblaje de ELOs

Para ilustrar la aplicación de las reglas para los meta-datos didácticos en el proceso de ensamblaje de ELOs, se han elaborado cinco tablas. Cada una de ellas representa las combinaciones posibles entre ELOs pertenecientes a diferente nivel de granularidad (como se muestra en la tabla 3.5). Las tablas se encuentran en el apéndice A de esta memoria.

### 4.3. Reutilización de ELOs: ELO-Tool

Una de las principales ventajas obtenidas a partir de una buena descripción de los objetos de aprendizaje es que se amplía su posibilidad de reutilización. Aunque, si bien es cierto, la reutilización va ligada, en general, a la granularidad del objeto de aprendizaje, el proporcionar una descripción en términos de las

competencias y los requisitos asociados a los ELOs permite, en cierta forma, contextualizarlos asegurando su posterior utilización en diferentes dominios de conocimiento.

Dentro de la herramienta ELO-Tool, la reutilización de ELOs se lleva a cabo en el proceso de ensamblaje, partiendo de la selección de ELOs pertenecientes a distintos niveles de granularidad, para combinarlos y generar nuevos ELOs.

## 4.4. Conclusiones

Este capítulo representa un primer paso en el intento por resolver algunos de los interrogantes planteados al final del capítulo del estado de la cuestión, en relación con la tecnología de meta-datos. De la pregunta: ¿cuál es el mejor esquema o esquemas de meta-datos que debe aplicarse para cubrir las necesidades del creador de la información, los almacenes de recursos y sus usuarios? se concluye que:

- Es necesario realizar un análisis de los campos y criterios que deben ser utilizados en la descripción de los objetos de aprendizaje.
- No existe un esquema o estándar de meta-datos genérico que permita cubrir todas las necesidades de los diferentes creadores de información.
- Las carencias identificadas en los esquemas y estándares de meta-datos durante su aplicación para la descripción de los objetos de aprendizaje han puesto de manifiesto la necesidad de definir perfiles de meta-datos, en un intento por acercar más las descripciones del contenido a las necesidades de sus creadores.
- Los perfiles de meta-datos deben ofrecer compatibilidad con los esquemas y estándares existentes.

Respecto a la pregunta: ¿cómo capitalizar su utilización para anticiparse a futuras aplicaciones? El aporte de esta tesis en este sentido se materializa mediante la extensión del estándar de meta-datos LOM, de esta forma se ha conseguido:

- Responder a la necesidad de una descripción más adecuada para los componentes del modelo de contenido propuesto.
- Proporcionar un *binding* XML para cada uno de los componentes del modelo de contenido propuesto.

- Anticiparse a futuras aplicaciones, por ejemplo, dentro de la Web Semántica, al introducir campos que permiten hacer referencia a las ontologías a las que pertenece el *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias) correspondiente a cada ELO.
- Favorecer la utilización del mecanismo de ensamblaje, el cual fundamenta su funcionamiento en la comparación del *Conocimiento Asociado*, que es un tipo de meta-dato definido dentro de la extensión del estándar LOM.
- Identificar los procesos para el cálculo de los valores de los atributos y los elementos de los meta-datos del ELO resultante del ensamblaje, en función de si están acotados dentro de un dominio o corresponden a sentencias de lenguaje natural.
- Proporcionar reglas para la descripción de los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje, teniendo en cuenta la definición de los atributos de los elementos pertenecientes a cada una de las categorías definidas para el estándar de meta-datos LOM y los de la versión extendida.

Finalmente, queda claro que una de las consecuencias directas de la aplicación de los meta-datos en la descripción de los ELOs, es que favorece su reutilización.



# Capítulo 5

## ELO-TOOL y EVALUACIÓN

En este capítulo se describe el proceso de implementación de la herramienta ELO-Tool, desde los puntos de vista del análisis funcional y del diseño. También se hace referencia al prototipo de la herramienta, el cual implementa el mecanismo de ensamblaje basado en ontologías *OntoGlue Full*.

A continuación se presenta el análisis funcional de la herramienta.

### 5.1. Análisis funcional de ELO-Tool

El análisis de la herramienta se realiza desde el punto de vista funcional, es decir teniendo en cuenta qué es lo que la herramienta debe hacer.

La figura 5.1, representa las funciones realizadas por ELO-Tool. En ella se observa que los ELOs pueden ser almacenados en el almacén de ELOs mediante dos procesos. El primero, obteniendo los objetos de aprendizaje desde herramientas externas, en cuyo caso deben ser convertidos al formato ELO, es decir descritos utilizando meta-datos LOM (en su forma genérica, si se trata de *UIs*, o extendida, si se trata de *UCs* y/o *UDs*). El segundo, dentro del propio entorno ELO-Tool, ya que los ELOs pueden ser recuperados desde el almacén de ELOs, con lo cual la generación de nuevos ELOs (*UCs* o *UDs*), se realiza a través del ensamblaje de ELOs ya existentes en el propio almacén.

Esta descripción permite definir las operaciones básicas que debe realizar ELO-Tool:

- *Almacenar ELOs*. ELO-Tool permite almacenar ELOs que, como se ha comentado anteriormente, pueden ser generados dentro de la propia

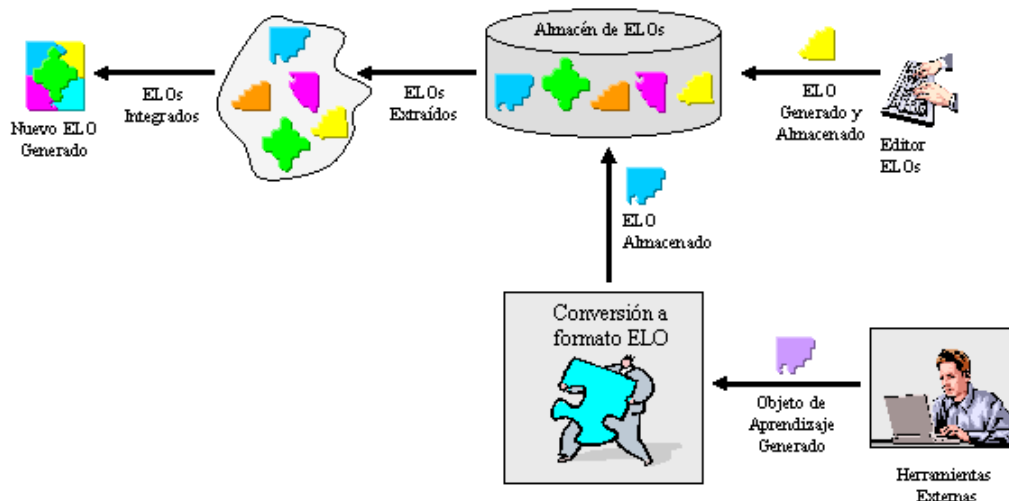


Figura 5.1: Análisis de ELO-Tool

herramienta o provenir de herramientas externas, en cuyo caso deben haber pasado por un proceso de traducción a formato ELO.

- *Editar ELOs.* La herramienta permite manipular (editar, borrar, etc.) los ELOs para reutilizarlos o ensamblarlos para generar nuevos ELOs.
- *Convertir (traducir) los formatos de meta-datos.* ELO-Tool permite convertir los meta-datos que describen a los objetos de aprendizaje provenientes de herramientas externas, al formato de meta-datos ELO con el fin de poder almacenarlos para su posterior reutilización.
- *Ensamblar ELOs heterogéneos.* La herramienta incorpora un módulo que implementa el mecanismo de ensamblaje propuesto en esta tesis, para a partir de ELOs existentes, generar nuevos ELOs (*UCs* y *UDs*).

A continuación se describe el diseño de ELO-Tool.

## 5.2. Diseño de ELO-Tool

Esta herramienta se concibe como un sistema de soporte para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje (ELOs). Los ELOs son archivos que contienen recursos educativos de diverso tipo. Para una mejor gestión de dichos ELOs, los recursos educativos están precedidos por una



descripción en XML. Esta descripción contiene información como autor, dificultad, requisitos, competencias, etc., en definitiva meta-datos.

La herramienta está formada por los siguientes módulos: (i) generación de ELOs; (ii) ensamblaje de ELOs; (iii) gestión de ontologías; (iv) traducción y (v) búsqueda de ELOs. Cada uno de los módulos de la herramienta son accesibles vía Web. La figura 5.2 ilustra el diseño de esta herramienta.

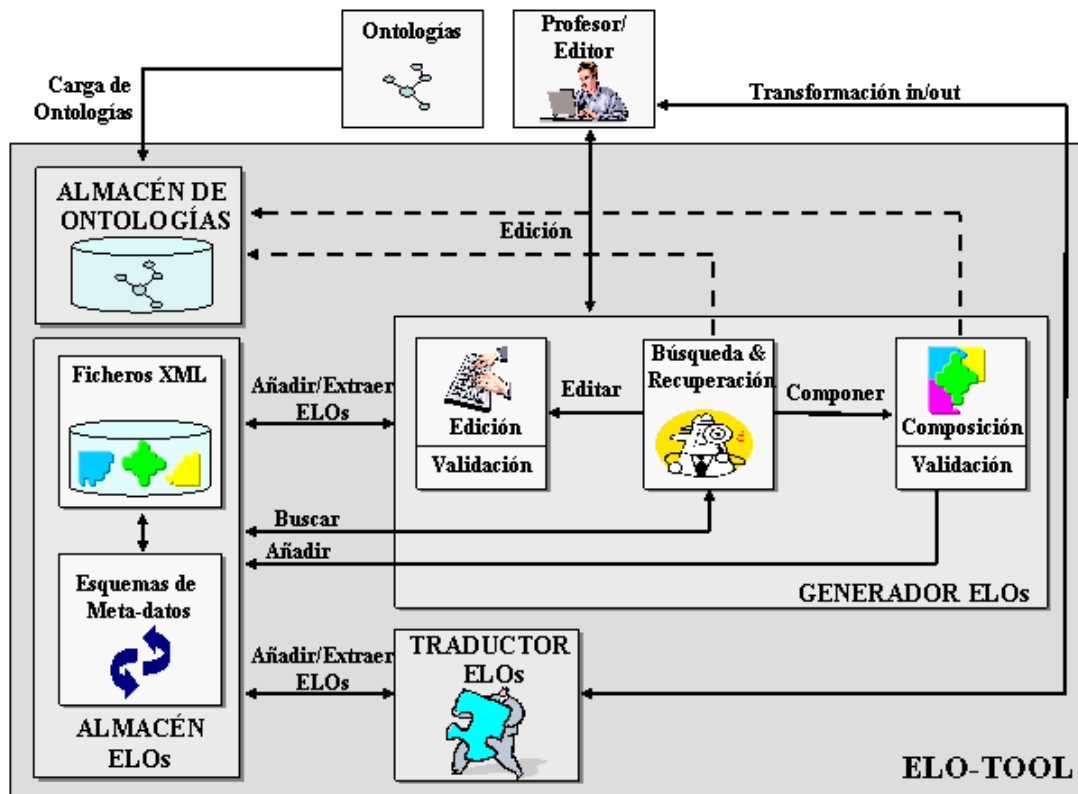


Figura 5.2: Diseño de ELO-Tool

### 5.2.1. Generación de ELOs

Este módulo es el responsable de poblar el sistema con ELOs. Entre sus funcionalidades se encuentran:

- *Crear/editar ELO.* Permite definir/editar los meta-datos XML de un determinado ELO. Incluye la validación final de los mismos.

- *Exportar ELO*. A través de esta funcionalidad, ELO-Tool devuelve el ELO y sus archivos asociados.

### 5.2.2. Traducción de ELOs

Este módulo tiene como funciones:

- *Traducir a formato ELO*. Los objetos de aprendizaje procedentes de herramientas externas al entorno ELO-Tool deben ser descritos utilizando el esquema de meta-datos LOM y LOM extendido. La traducción a dicho formato permite que dichos objetos de aprendizaje puedan ser almacenados como ELOs en el almacén de ELOs, para su posterior reutilización en el proceso de ensamblaje.

### 5.2.3. Ensamblaje de ELOs

Este módulo permite ensamblar varios ELOs teniendo en cuenta sus requisitos y competencias. Así, por ejemplo, es posible que antes de explicar los *métodos en un lenguaje orientado a objetos* (requisito), sea necesario conocer *estructuras de control y de repetición* (competencia). Precisamente, los ELOs incluyen requisitos y competencias para poder contrastar si el ensamblaje es posible.

Como ya se ha descrito antes en ésta tesis, la comparación entre requisitos y competencias necesita el uso de ontologías para poder comparar términos semánticamente equivalentes, aunque sintácticamente distintos. Así, por ejemplo, *estructuras de repetición* podrían describirse también como *estructuras de control II*. Las ontologías y las relaciones entre estas facilitan la asimilación semántica de términos sintácticamente distintos. La única función de este módulo es:

- *Ensamblar ELOs*. Proporciona un nuevo ELO siempre que las competencias en el proceso de ensamblaje cubran los requisitos del siguiente ELO a ensamblar. Únicamente es necesario definir los nuevos meta-datos XML del ELO resultante. Los contenidos educativos son referenciados desde el ELO resultante. El proceso de definición de los meta-datos educativos, puede ser automático, o manual, en función de la definición propia del meta-dato, es decir, de acuerdo a cómo estén definidos los atributos de los meta-datos en el estándar de meta-datos LOM. Todo el proceso se ajusta a lo descrito en los capítulos anteriores.

#### 5.2.4. Gestión de ontologías

Este módulo se encarga de cargar las ontologías para su uso en los módulos de ensamblaje y recuperación de ELOs. La función de éste módulo es:

- *Cargar ontología.* Recibe una ontología en formato XML (por ejemplo, OWL *Web Ontology Language*). Una vez cargada la ontología puede utilizarse en los procesos de ensamblaje y recuperación de ELOs. Nótese que según este uso las ontologías ya están creadas y no hay que hacer cálculos para determinar las relaciones de subsunción entre sus clases.

Como trabajo adicional se podría estudiar la gestión más completa de ontologías, es decir, proponer una interfaz visual para la gestión de ontologías (creación, modificación, relación entre ellas, etc.).

#### 5.2.5. Búsqueda de ELOs

Este módulo se encarga de la recuperación de ELOs para su edición, exportación o ensamblaje. Su función es:

- *Buscar ELO.* Recupera uno o varios ELOs de acuerdo con diversos criterios de búsqueda. Por ejemplo, su identificador, el idioma, o las competencias que proporciona. En este último caso deben utilizarse ontologías para comparar semánticamente las competencias de uno y otro ELO.

### 5.3. Implementación de ELO-Tool

En el *Apéndice B*, se describe el diseño detallado y la implementación de ELO-Tool. Cabe resaltar que en la implementación del prototipo de ELO-Tool se han utilizado las siguientes tecnologías:

- El framework **Jakarta Struts** [89]. Este Framework proporciona un marco para la creación de aplicaciones Web que implementa la arquitectura MVC (*Model View Controller*) utilizando una combinación de JSPs, etiquetas personalizadas y Servlets Java. La figura 5.3 representa la forma en que Struts mapea cada componente del MVC en una aplicación Web.

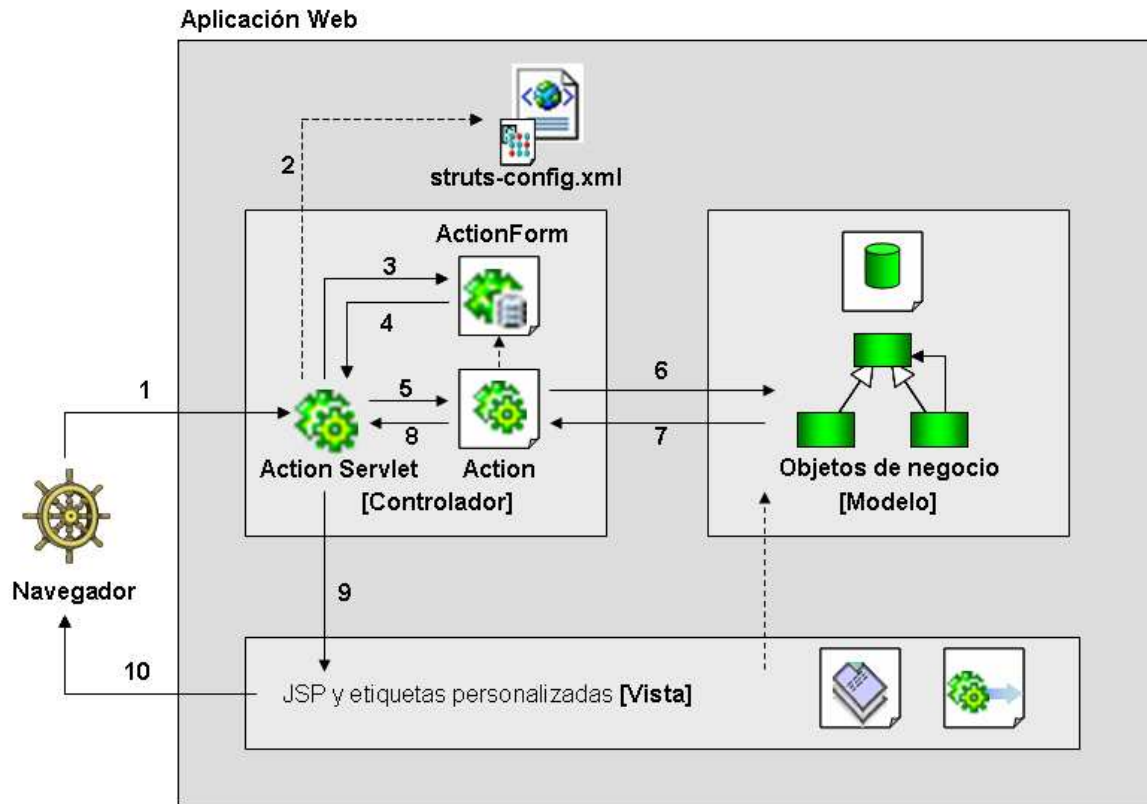


Figura 5.3: Implementación de Struts del Modelo Vista Controlador (MVC)

- Se realiza una petición desde una vista previamente desplegada. La petición es recibida por el `ActionServlet` (paso 1), el cual actúa como *Controlador*.
- El `ActionServlet` busca la URI de la petición en el fichero `struts-config.xml` (el cual describe todos los componentes Struts, (paso 2)) y determina el nombre de la clase `ActionForm` donde recoge los posibles datos enviados por el navegador (pasos 3 y 4).
- Después el controlador, utilizando la información suministrada por el fichero `struts-config.xml`, sede el control a la clase `Action` responsable de procesar la entrada procedente de la vista (paso 5).
- A su vez, la clase `Action` puede delegar en distintos objetos que implementan la lógica de negocio necesaria (pasos 6 y 7) .
- Una vez que la `Action` ha completado su procesamiento, esta devuelve el control al `ActionServlet`.

- Como parte del proceso de retorno, la clase **Action** proporciona una clave que indica el resultado de su procesamiento (paso 8). El **ActionServlet** utiliza esa clave para determinar dónde debe ser enviado el resultado para su presentación.
- La petición finaliza cuando el **ActionServlet** responde enviando la petición a la vista que fue enlazada mediante la clave devuelta (paso 9).
- La vista presenta los resultados de la **Action** en el navegador teniendo en cuenta los resultados de su procesamiento (paso 10).

Se ha seleccionado esta tecnología porque permite simplificar de forma significativa la creación de aplicaciones Web, Además, proporciona una batería de funcionalidades importantes, como por ejemplo, la posibilidad de separar completamente la estética de las interfaces de usuario, de la lógica del sistema, promoviendo la modularidad y facilitando el mantenimiento de las aplicaciones.

- El lenguaje **OWL Lite** [167]. OWL (*Web Ontology Language*) es un lenguaje de marcado para la publicación de ontologías en la Web, el cual permite representar de forma explícita el significado de términos pertenecientes a un vocabulario y definir las relaciones que existen entre ellos. Unida a los estándares para la Web Semántica y a tecnologías como RDF y RDFS, proporciona una infraestructura que permite compartir información de forma dinámica y flexible. OWL se divide en tres sublenguajes *OWL-Lite* (el más sencillo), *OWL-DL* (de complejidad media) y *OWL-Full* (el más complejo). Para efectos de la implementación del prototipo de ELO-Tool, *OWL-Lite* es una opción más que suficiente, ya que permite establecer las relaciones jerárquicas entre las clases que componen las ontologías y los *mappings*, que es la funcionalidad que interesa para la implementación del prototipo.
- El **API Jena** [114]. Jena es un marco para la construcción de aplicaciones para la Web Semántica, el cual permite la gestión de documentos OWL. Ya que una de las funciones del ELO-Tool es el manejo de ontologías, Jena representa una herramienta que facilita dicha tarea.
- El API **Xerces-DOM** [249]. DOM (*Document Object Model*), es una especificación del W3C, la cual genera un árbol jerárquico en memoria, donde cada elemento del documento XML representa un *nodo* dentro de dicho árbol. La información contenida en el árbol se puede manipular mediante la utilización de un *parser*. Existen varios parsers DOM, pero

para la implementación del prototipo, se ha seleccionado Xerces, por ser uno de los más utilizados y estables. DOM ofrece la posibilidad de manipular la información, es decir agregar o borrar nodos en cualquier punto del árbol, esto constituye una de sus mayores ventajas, en relación con la implementación del prototipo de ELO-Tool.

- **MySQL** [150]. El sistema de gestión de bases de datos relacional MySQL se ha seleccionado como tecnología para el soporte subyacente de la concurrencia. La posibilidad de tener tablas de datos separadas, favorece la velocidad acceso y proporciona mayor flexibilidad para su manejo. Dado que la herramienta ELO-Tool está orientada a Internet, MySQL es una elección idónea, por ser una tecnología fácil de utilizar, rápida, segura, con alta conectividad.

En particular se ha implementado el mecanismo *OntoGlue Full* para el caso de *mappings* 1 a 1, lo que ha permitido verificar la viabilidad técnica del mecanismo de ensamblaje propuesto.

## 5.4. Evaluación

En esta sección se describen los procesos definidos para evaluar el modelo conceptual propuesto. Dichos procesos se abordan desde dos perspectivas:

- *Relación con otros modelos*: Esta relación se establece mediante un análisis comparativo de las características del modelo propuesto respecto a otros modelos existentes. El objetivo de esta comparación es confirmar las ventajas del modelo respecto a la forma en que aborda los problemas relacionados con la reutilización y el ensamblaje.
- *Producto final*: Esta evaluación se realiza mediante la elaboración de dos formularios, uno en el que se evalúa el perfil del evaluador (experto) respecto a su conocimiento acerca de la tecnología de objetos de aprendizaje y el otro cuestionario evalúa la calidad de los ELOs manipulados (editados, almacenados, ensamblados, etc.) dentro de la herramienta ELO-Tool.

A continuación se describe el detalle de cada una de estas perspectivas de evaluación.

### 5.4.1. Relación con otros modelos

La comparación es un mecanismo de evaluación que permite abstraer aspectos relevantes de los elementos implicados en el proceso. Con el fin de elaborar una tabla comparativa, se describen cinco modelos de contenido de objetos de aprendizaje: *Learnativity Content Model* (Duval y Hodgins, [56]), *SCORM Content Model* ([198]), *RIO/RLO Model* (Presentado por Barrit [12]), *NETg Learning Object Model* (presentado por L'Allier [118]), y el *General Learning Object Content Model* (propuesto por Verbet y Duval [224]).

#### Learnativity Content Model

Este modelo llamado también modelo de agregación [227], ha sido desarrollado por la *Learnativity Foundation* [119]. Los componentes del modelo se muestran en la tabla 5.1.

Componentes	Explicación
Content Asset	Raw Media: Imagen, texto, audio, applets, etc.
<i>Information Object</i>	Un documento de texto, una página Web, applets, etc. que están enfocados hacia una pieza de información única. Su objetivo es intentar explicar un concepto, ilustrar un principio o describir un proceso. Los ejercicios son considerados como objetos de información.
<i>Learning Objective</i>	Representa una colección de objetos de información ( <i>Information Objects</i> ), ensamblados para enseñar un objetivo de aprendizaje común.
<i>Learning Component</i>	Es un término genérico utilizado para hacer referencia a lecciones y cursos que generalmente tienen múltiples objetivos de aprendizaje y están formados por múltiples objetos de aprendizaje.
<i>Learning Environment</i>	Es una combinación de contenido y tecnología dentro del cual el estudiante interactúa. Por ejemplo, un curso dentro de un sistema de gestión de cursos (CMS) es un <i>learning components</i> , pero el desarrollo de un curso en un CMS por una institución particular (con sus políticas, sistemas de reserva, etc.) es un <i>learning environment</i> .

Tabla 5.1: Componentes del Learnativity Content Model

Este modelo combina perspectivas pedagógicas y técnicas. La idea de utilizar *information objects* se deriva del trabajo realizado por Robert Horn [100], sobre aprendizaje y escritura estructurada.

El término *learning objective* (utilizado para definir un objeto de aprendizaje) es un concepto de diseño instruccional que se deriva del trabajo de Robert

Frank Mager ([131]), Robert Gagne ([79]), Walter Dick y Lou Carey ([47]), entre otros. Un objetivo de aprendizaje es un paso único medible (o verificable) en el camino hacia la meta de aprendizaje. Los objetivos de aprendizaje dicen lo que se espera que el alumno haga o aprenda y cómo será verificado el nivel de realización de dicho objetivo. Los objetivos pueden ser definidos en diferentes dominios (psicomotor, afectivo y cognitivo) y pueden variar desde el conocimiento y la comprensión hasta la síntesis y la evaluación (de acuerdo a su definición en la Taxonomía de Bloom [20]).

La representación gráfica de este modelo se ilustra en la figura 5.4.

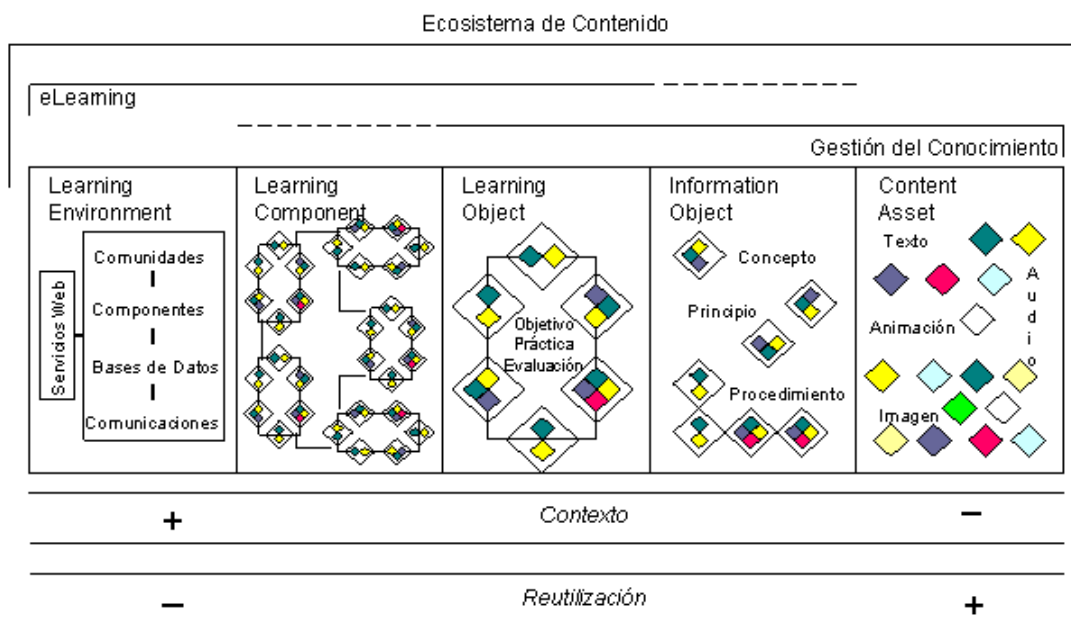


Figura 5.4: Learnativity Content Model

## SCORM

SCORM proporciona un marco de referencia para traducir componentes de DIT (*Design Instructional Theory*), en un diagrama de contenido estructurado. SCORM es una especificación técnica que hace posible que el *eLearning* sea interoperable, durable, reutilizable y accesible. Los componentes definidos dentro de su modelo de contenido se muestran en la tabla 5.2



Componentes	Explicación
<i>Asset</i>	Los Assets constituyen representaciones electrónicas de medios como texto, sonido, páginas Web, evaluaciones y otras piezas de datos distribuidas al cliente Web. Son materiales instruccionales independientes
<i>SCO</i>	Un SCO ( <i>Sharable Content Object</i> ) es una colección de Assets y representa la unidad lógica de instrucción más pequeña que se puede distribuir a través de un LMS.
<i>Content Organization</i>	Es un diagrama que representa la utilización del contenido a través de unidades de instrucción estructuradas (actividades).

Tabla 5.2: Componentes del Modelo de Contenido de SCORM

SCORM utiliza diferentes plantillas predefinidas sobre las que es posible mapear los componentes de la teoría de diseño instruccional. Para agregar los contenidos define reglas que relacionan los objetivos con los *SCOs* y *Assets*. Estas reglas permiten verificar el cumplimiento de los objetivos para decidir si da paso al siguiente nivel de contenido o no. La figura 5.5 ilustra los componentes del modelo.

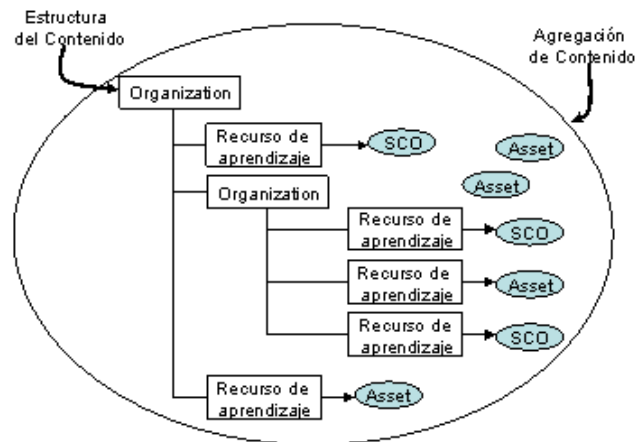


Figura 5.5: Componentes del modelo de contenido SCORM

## RIO/RLO Model

Cisco Systems Inc., consciente de la necesidad de crear y distribuir cursos de formación que pudieran ser reutilizados, buscados y modificados independien-

temente del medio de distribución, crea su estrategia RLO (Reusable Learning Object).

Esta estrategia se basa en los principios de diseño instruccional. De esta forma los diseñadores pueden crear, buscar, reutilizar y reproponer información y objetos de formación teniendo en cuenta cinco tipos de información: conceptos, hechos, procedimientos, procesos y principios.

Los componentes de esta estrategia se muestran en la tabla 5.3.

Componentes	Explicación
<i>RIO</i>	Cada RIO ( <i>Reusable Information Object</i> ) se construye teniendo en cuenta un objetivo de aprendizaje, elementos de contenido, de práctica y de evaluación. Cada RIO se clasifica como un concepto, un hecho, un procedimiento un proceso o un principio. Asociado a cada uno de los tipos RIO existe una plantilla recomendada que el autor puede seguir para construir el RIO.
<i>RLO</i>	Un RLO ( <i>Reusable Learning Object</i> ) es una colección de siete más o menos dos RIOS, agrupados para enseñar un objetivo común único. Para hacer de ese conjunto de RIOS una experiencia de aprendizaje completa o una lección, se añade un resumen, una evaluación y una vista general del RLO.

Tabla 5.3: Componentes del Modelo RLO

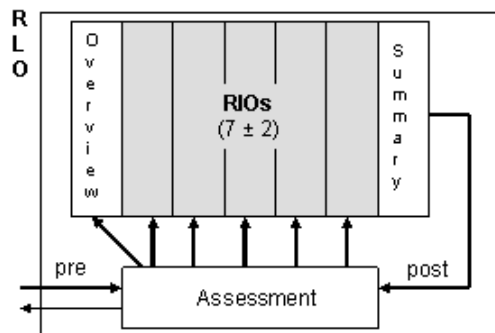


Figura 5.6: Componentes del modelo RIO-RLO

## NETg Learning Object Model

NETg propone un modelo para aprovechar las habilidades individuales de los usuarios, de modo que puedan responder a las necesidades creadas por los

entornos de negocio externos.

El modelo está formado por cuatro componentes, como se muestra en la tabla 5.4

Componentes	Explicación
<i>Course</i>	Formado por unidades independientes
<i>Unit</i>	Formada por lecciones independientes
<i>Lesson</i>	Formada por tópicos independientes
<i>Topic</i>	Formado por objetos independientes que contienen un objetivo (describe la intención basada en un criterio que resulta de la actividad de aprendizaje), una actividad (enseña el objetivo) y una evaluación (determina si el objetivo ha sido cumplido).

Tabla 5.4: Componentes del NETg Learning Object Model

La figura 5.7 muestra los componentes de un curso según NETg.

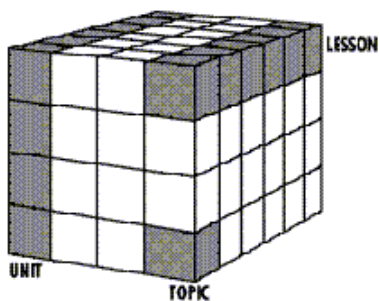


Figura 5.7: Componentes del modelo NETg

*Topic* se utiliza para crear otra estructura única a la que NETg ha llamado *Learnig Object Structural Component*, que se define como la experiencia de instrucción independiente más pequeña que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y una evaluación.

NETg ha tenido en cuenta los principios científicos a los que hace referencia David Merrill en su artículo *Reclaiming Instructional Design* [138]. Para la definición de los objetivos, se basa en los protocolos propuesto por Robert Mager en su modelo CRI (*Criterion Referenced Instruction*) [131], el cual representa un conjunto de métodos para el diseño y distribución de programas de formación. Y para el desarrollo de las actividades de aprendizaje, ha tenido en cuenta la taxonomía de Bloom [20], quien trata la complejidad cognitiva

que permite el desarrollo de una determinada forma de enseñar el objetivo formulado.

La clave para mantener la integridad instruccional (figura 5.8), de los productos, es la aplicación de los mejores conceptos para el diseño instruccional, todos ellos enfocados en la estructura básica del sistema (el *Learning Object Structural Component*) a partir de la cual se obtiene una variedad de estructuras.

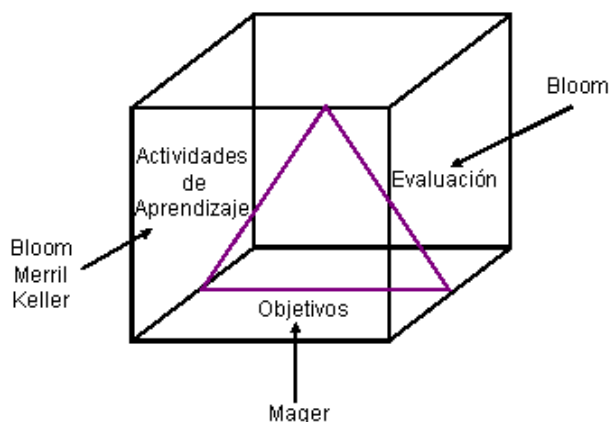


Figura 5.8: Integridad Instruccional con NETg

## General Learning Object Content Model

Finalmente describimos los componentes del modelo de contenido de objetos de aprendizaje general.

Este modelo está formado por los componentes mostrados en la tabla 5.5.

Componentes	Explicación
<i>Content Fragments</i>	Son elementos de contenido de aprendizaje en su forma más básica (audio, texto, imagen, etc.). Representan recursos individuales que no se pueden combinar con otros.
<i>Content Objects</i>	Formada por un conjunto de <i>content fragments</i> y añaden navegación. Se pueden extender añadiendo actividades y roles. Se pueden ensamblar con otros <i>content objects</i> .
<i>Learning Objects</i>	Formados a partir de los <i>content objects</i> y además añaden objetivos de aprendizaje. No hay límite en los niveles de agregación de <i>learning objects</i> .

<i>Topic</i>	Formado por objetos independientes que contienen un objetivo (describe la intención basada en un criterio que resulta de la actividad de aprendizaje), una actividad (enseña el objetivo) y una evaluación (determina si el objetivo ha sido cumplido).
--------------	---

Tabla 5.5: Componentes del Modelo de Contenido de Objetos de Aprendizaje General

La figura 5.9 muestra la representación gráfica del modelo de contenido de objetos de aprendizaje general.

La tabla 5.6 presenta una descripción de las características relevantes en el análisis comparativo de los modelos de contenido presentados en este capítulo. Dichas características se describen a continuación.

- **Componentes:** Presenta los tipos de componentes definidos dentro de cada modelo de contenido.
- **Formato para la agregación de contenido:** Se refiere al tipo de principios o criterios que se tienen en cuenta a la hora de componer nuevos elementos a partir de los componentes existentes en cada modelo de contenido.
- **Nivel de agregación:** Esta característica permite identificar el nivel de granularidad de un objeto de aprendizaje. Esto es, el tamaño del recurso expresado en términos de formato (páginas HTML, imágenes, videos, etc.) y tipo instruccional (tema, lección, curso. etc.).
- **Archivo de salida:** Identifica el formato de salida para el fichero que describe cada componente del modelo de contenido.
- **Mecanismo de integración, agregación ensamblaje:** Identifica el tipo de mecanismo utilizado para juntar los diferentes componentes, definidos dentro de cada modelo de contenido.
- **Soporte para reutilización:** Especifica si los modelos de contenido soportan la reutilización de sus componentes.
- **Requisitos técnicos:** Especifica las características técnicas para la utilización de las herramientas que implementan cada modelo de contenido.

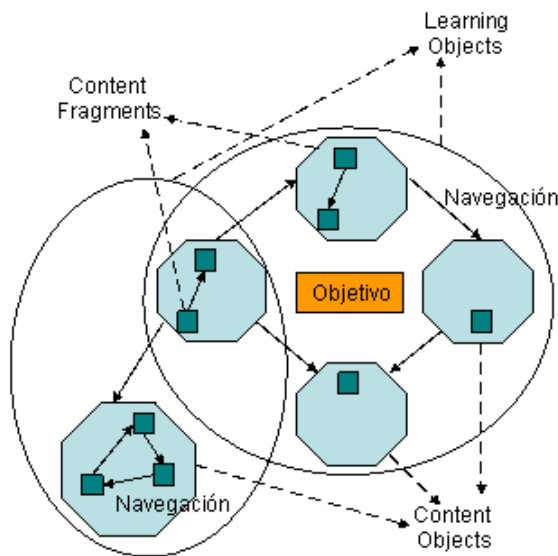


Figura 5.9: Modelo de Contenido de Objetos de Aprendizaje General

- **Dirigido a:** Se refiere al tipo de audiencia a quien va dirigida la utilización de cada modelo de contenido.
- **Meta-datos:** Identifica el tipo de especificación o estándar de meta-datos utilizados en para la descripción de los componentes de cada modelo de contenido en particular.

Característica	Learnativity Content Model	SCORM	RIO/RLO Model	NETg Learning Object Model	ELO Content Model	General LOCM
Componentes	- Raw data - Information Objects - Learning Objectives - Aggregated Assembles - Collections	- Assets - SCOs - Content Organization	- RIO - RLO	- Course - Unit - Lesson - Topic	- UIs - UCs - UDs	- Content fragments - Content Objects - Learning Objects
Formato para agregación de contenido	- No especificado	IMS	Principios de diseño instruccional	Principios de diseño instruccional, objetivos, actividades de aprendizaje, <i>Learning Object Structural Component</i>	Conocimiento Asociado	No especificado

Nivel de agregación	Según LOM - Learning objects = 2 - Learning Componente = 3 - Learning Environment = 3 o 4	- Assets = 1 - SCOs = 2 - Content organization = 3 o 4	- RIO = 1 - RLO = 2, 3 o 4	- Tópico = 1 - Lecciones = 2 - Unidades = 3 - Cursos = 4	- UI = 1 - UC = 2 - UD = 3 o 4	- Content fragments = 1 - UC = 2 - UD = 3 o 4
Archivo de salida	No especificado	.xml	.xml	.nlo	.xml	No especificado
Mecanismo de integración, agregación, ensamblaje	No especificado	Plantillas predefinidas y reglas basadas en objetivos	Objetivos actividades, plan de formación	Plan de formación individual	OntoGlue y OntoGlue Full	No especificado
Soporte para reutilización	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Requisitos técnicos	No especificado	La implementación del API de SCORM es instanciada en el lado del cliente por un servicio de ejecución antes de que el SCO sea lanzado. Esta implementación es diferente de acuerdo a cada fabricante de entornos para el soporte de contenidos SCORM.	Navegador, CDRom	Navegador, Descarga curso	Navegador	No especificado
Dirigido a	Profesor	Profesor-Alumno	Profesor-Alumno	Profesor-Alumno	Profesor	Profesor
Meta-datos	Si (No especificado)	Si (IMS)	Si (No especificado)	Si (No especificado)	Si (LOM extendido)	Si (No especificado)

Tabla 5.6: Comparación entre diferentes Modelos de Contenido de Objetos de Aprendizaje

## 5.4.2. Producto Final

En este apartado se describen cómo se debe realizar la evaluación de ELOs teniendo en cuenta criterios de calidad.

## Cómo evaluar los ELOs

En cualquier proceso educativo, la evaluación representa un aspecto relevante, ya que constituye una parte integral en el diseño de materiales didácticos. Además, a través de la evaluación es posible responder a preguntas como: ¿qué representan los objetos de aprendizaje para los profesores-diseñadores? ¿distan mucho sus representaciones de las definiciones presentes en la literatura y cuál es la diferencia fundamental entre ellas? ¿tienen implicaciones los resultados de la evaluación a nivel general o solamente son aplicables dentro del contexto en el cual se utilizan los objetos de aprendizaje?.

También surgen cuestiones alrededor de los criterios utilizados en las evaluaciones: ¿son dichos criterios lo suficientemente relevantes? son válidos esos criterios a través de las diversas versiones de estándares y especificaciones? ¿cuáles son los criterios más utilizados por los profesores-diseñadores en la evaluación de objetos de aprendizaje? ¿es posible incluir dichos criterios dentro de los meta-datos?

Indudablemente, hay que tener en cuenta que muchos de los criterios utilizados en la evaluación de objetos de aprendizaje siguen siendo discutidos a día de hoy en la literatura. Entre ellos la reutilización, la granularidad, el valor educativo, la existencia y calidad de los meta-datos y la adaptabilidad en diferentes contextos, entre otros. Además, se intenta que tales procesos de evaluación permitan mantener la filosofía inicial de los objetos de aprendizaje dentro de los sistemas de *e-learning* en los que dichos objetos son reutilizados, integrados y secuenciados.

Así pues, con el proceso de evaluación de ELOs propuesto en esta tesis, se intenta clarificar quién desea utilizar y evaluar los ELOs, cómo se definen los objetos de aprendizaje, qué criterios se utilizan para definir su calidad y finalmente, cuáles de esos criterios cumplen con los criterios establecidos en los estándares. Esto significa pues, que los ELOs y el proceso de evaluación son compatibles si se asume que los usuarios de los ELOs quieren juzgar su calidad y tienen ideas claras acerca del significado de calidad en relación con los objetos de aprendizaje.

El proceso de evaluación está pensado para que sea llevado a cabo por los profesores-diseñadores, a quienes consideramos como usuarios centrales de los objetos de aprendizaje dentro de ésta tesis, ya que son quienes los utilizan para crear cursos. Sus necesidades como usuarios de objetos de aprendizaje son variadas, así como también su experiencia en el campo de la enseñanza, el tema en el que son expertos, las necesidades educativas y técnicas que utilizan, etc. Como consecuencia, los resultados de las evaluaciones arrojan respuestas



concretas que satisfacen las necesidades particulares de los evaluadores.

Respecto a cómo realizar la evaluación de los ELOs, se tienen en cuenta dos aproximaciones:

- **Evaluación externa:** para un ELO, una evaluación externa es útil si el profesor-diseñador desea certificar que su *producto* puede ayudar a los estudiantes a aprender y a los profesores a enseñar mejor, más rápido y a menos costo, y además para convencer a otros profesores de las ventajas de utilizar ELOs. Este tipo de evaluación se realiza cuando está claro que se necesita utilizar varios ELOs, que la combinación entre ellos es ideal y para verificar que los ELOs se están utilizando de acuerdo a como han sido diseñados. Sin embargo, este tipo de evaluación resulta costosa.
- **Evaluación interna:** Este tipo de evaluación es más eficiente que la evaluación externa y se utiliza para evaluar contextos y necesidades, habilidades o formas de cubrir esas necesidades y para determinar cómo de bien se realiza el ensamblaje de ELOs.

En esta tesis el tipo de evaluación que se realiza es la evaluación interna, ya que permite determinar la eficiencia del proceso de ensamblaje de ELOs.

### Características del formulario de evaluación

El proceso de evaluación de ELOs es un medio orientado a asegurar la adecuada selección de ELOs teniendo en cuenta criterios de calidad. Dichos criterios son puntuados en una escala de uno a cinco, donde el valor *uno* corresponde a un ELO de baja calidad y el valor *cinco* a uno de alta calidad. El proceso de evaluación tiene en cuenta también el caso en el que el profesor-diseñador no esté capacitado para juzgar un criterio en particular o que el criterio no sea relevante para el objeto de aprendizaje en cuestión. Esto significa que no hay una puntuación que permita valorar la calidad del ELO, por lo tanto el valor asignado corresponde a *NA* (No Aplicable).

El formulario está formado por dos partes:

- Experiencia y opinión del evaluador, que comprende preguntas que desvelan la experiencia profesional del evaluador en relación con la tecnología de objetos de aprendizaje y los conocimientos que respecto a ella posee.
- Evaluación de los ELOs, realizada a través de nueve criterios genéricos que permiten hacer una valoración de la calidad de los mismos.

A continuación se presenta las características principales de cada uno de los criterios de evaluación.

- **Calidad del ELO:** un ELO de alta calidad es aquel cuya presentación enfatiza en las ideas principales del contenido, con el nivel de detalle adecuado que permite identificar el o los contextos en los que se puede utilizar dicho ELO.
- **Concordancia con el objetivo de aprendizaje propuesto:** debe existir claridad en cuanto a la definición de los objetivos de aprendizaje, especialmente respecto a quienes va dirigido, pues son los usuarios del ELO en particular quienes deben comprenderlo para ser capaces de alcanzar los objetivos propuestos. Se valora la coherencia entre los objetivos de aprendizaje propuestos, las actividades de aprendizaje diseñadas para alcanzar tal objetivo y las competencias que el ELO en cuestión permite alcanzar a través de su utilización.
- **Realimentación y adaptación:** se valora que el ELO permita al alumno obtener realimentación de acuerdo a su perfil particular.
- **Motivación:** permite valorar la habilidad del ELO para motivar y estimular el interés y la curiosidad del estudiante.
- **Diseño de la presentación:** permite valorar si la información visual o multimedia ofrecida por el ELO resalta el aprendizaje y el procesamiento mental eficiente del estudiante, sin que resulte distractivo o confuso.
- **Usabilidad:** permite valorar las ayudas que se proporcionan al estudiante para la manipulación y entendimiento del ELO, de modo que sean sencillas e intuitivas.
- **Accesibilidad:** permite valorar si el ELO ofrece alternativas de acceso para usuarios con discapacidades. En particular, el grado en el que sigue las recomendaciones de accesibilidad del W3C.
- **Reutilización:** Permite valorar el grado de utilización del ELO en diferentes contextos sin modificaciones adicionales.
- **Compatibilidad con los estándares y especificaciones existentes:** permite valorar la compatibilidad del diseño del ELO, evaluado respecto a los estándares y especificaciones internacionales.

Los formularios de evaluación se basan en los criterios presentados por Nesbit, Belfer y Vargo, en *A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects* [155] y se presentan en el *Apéndice C* de esta memoria.

## 5.5. Conclusiones

En este capítulo se ha presentado la descripción de la herramienta ELO-Tool desde dos puntos de vista:

- El análisis funcional, enfocado hacia la identificación de las operaciones que debe realizar la herramienta (almacenar, editar, convertir, ensamblar).
- El diseño, descrito desde la perspectiva de ELO-Tool como plataforma para el soporte de la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje. La descripción modular de ELO-Tool permite identificar la funcionalidad de la herramienta a nivel de sus componentes pensando en su posterior implementación.

También se han abordado en éste capítulo dos aspectos fundamentales en relación con ELO-Tool:

- La implementación del prototipo de la herramienta, la cual se centra en el mecanismo de ensamblaje propuesto en esta tesis. Se ha realizado una descripción abreviada de las tecnologías seleccionadas para llevar a cabo la implementación de dicho prototipo, enfatizando en aquellas características que las convierten en idóneas para tal fin.
- La evaluación, vista desde dos ángulos:
  - La relación del modelo de contenido propuesto con otros modelos existentes. Los aspectos relevantes de dicha comparación se han sintetizado en una tabla, de la cual se concluye que:
    - La definición de los componentes de los modelos de contenido representan la noción particular de objeto de aprendizaje.
    - El número de componentes varía de un modelo a otro, pero la definición de objetivos de aprendizaje está presente en todos ellos, ya sea como un componente independiente (Learnativity Content Model) o como elemento definido dentro de otro componente (SCORM, NETg, ELO).
    - Los componentes de cada modelo se asocian a diferentes niveles de granularidad (desde 1 (nivel de granularidad más bajo) hasta 4 (nivel de granularidad más alto)).
    - La mayoría de los modelos de contenido ofrecen archivos de salida en formato XML (SCORM, RIO/RLO, ELO).

- Los mecanismos de integración, agregación o ensamblaje se basan en el uso de plantillas predefinidas.
- Los modelos de contenido analizados ofrecen soporte para la reutilización.
- El modelo más utilizado es SCORM.
- Los criterios de evaluación de los ELOs, proporcionando las características principales de cada uno de ellos. La intención es ofrecer un conjunto de criterios que a pesar de ser generales, permitan:
  - Obtener respuestas concretas que satisfagan las necesidades particulares de los evaluadores.
  - Mejorar la calidad de los contenidos de los objetos de aprendizaje, es decir, mejorar la calidad del contenido educativo.

De otra parte, se concluye que el modelo de contenido presentado en esta memoria tiene asociado otros aspectos que presentan ventajas importantes respecto a los otros modelos seleccionadas para realizar el estudio comparativo. En particular:

1. La descripción formal de cada uno de los componentes del modelo de contenido.
2. La definición del concepto de *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias), como elemento fundamental en el proceso de comparación.
3. La utilización de ontologías como medio para la comparación semántica de los componentes del modelo de contenido.
4. La extensión del estándar de meta-datos LOM para obtener una descripción de los componentes del modelo de contenido más adecuada a los propósitos de ensamblaje.
5. Un mecanismo de ensamblaje basado en ontologías.

**Parte IV**  
**CONCLUSIONES**



## Capítulo 6

# CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO

Son tres los factores principales que han motivado la realización de esta tesis doctoral y sobre los cuales se han construido las soluciones propuestas. Dichos factores son:

- La falta de modelos conceptuales que den soporte a los procesos de generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.
- La falta de mecanismos para el ensamblaje de objetos de aprendizaje que respeten el conocimiento asociado a ellos.
- La falta de un procedimiento para obtener los meta-datos que describan a los objetos de aprendizaje resultantes de los procesos de ensamblaje.

En la sección 6.1 de este capítulo, se presenta un resumen de los aspectos centrales abordados en esta tesis y las soluciones propuestas para cada uno de ellos. En la sección 6.2, se describen las principales contribuciones obtenidas como resultado de la realización de esta tesis doctoral. Para finalizar en la sección 6.3, se describen las principales líneas de investigación y el trabajo futuro.

### 6.1. Conclusiones

En las etapas iniciales de realización de esta tesis doctoral se identificaron problemas relacionados con la generación, ensamblaje y reutilización de

objetos de aprendizaje. En particular, se identificó la carencia de modelos conceptuales en el diseño y construcción de los actuales sistemas para la gestión de contenido de aprendizaje (LCMSs). Estos sistemas, aunque permiten, en su mayoría, la integración y reutilización de objetos de aprendizaje, no proporcionan mecanismos de ensamblaje que respeten el conocimiento asociado a los objetos de aprendizaje. Además, no se define un procedimiento para la descripción, mediante meta-datos, de los objetos de aprendizaje resultantes de dichas integraciones.

Teniendo en cuenta estos problemas, se han propuesto soluciones, a través de los siguientes aspectos:

### 1. **Generación**

Se ha realizado la definición de un modelo de contenido cuyos componentes permiten diferenciar las unidades atómicas de aquellas más complejas, introduciendo para tal fin el concepto de *Conocimiento Asociado*. Dicho concepto hace referencia a los *requisitos* y las *competencias* asociadas a cada objeto de aprendizaje particular y que son vitales en los procesos de ensamblaje y posterior reutilización.

### 2. **Ensamblaje**

Se ha definido un mecanismo para el ensamblaje de ELOs, basado en el uso de ontologías. En un primer acercamiento a la solución se ha presentado el mecanismo *OntoGlue*. Para comprender el funcionamiento de este mecanismo, se ha proporcionado la definición y formalización de los siguientes conceptos: *ontología alcanzable*, *representación de una clase en una ontología* y *conocimiento cubierto*, extrapolados desde el caso básico de *mappings* 1 a 1 al caso de *mappings* 1 a n. Finalmente, se ha definido el concepto de *conocimiento cubierto entre conjuntos* de clases. Con el fin de ofrecer una descripción suficientemente clara de los mismos, estos conceptos se han acompañado de ejemplos, los cuales reflejan la sencillez y la potencia del mecanismo propuesto.

Durante el proceso de implementación de dicho mecanismo, se observó que él mismo forzaba la existencia de una ontología intermedia o de comparación. Por tal motivo y para ofrecer un mecanismo más potente se realizó una extensión del mismo. Dicho mecanismo denominado *OntoGlue Full*, además de cubrir los casos definidos para *OntoGlue*, permite comparar conceptos semánticamente diferentes sin la necesidad de contar con una ontología intermedia o de comparación. Su funcionalidad se fundamenta en la ejecución de un algoritmo que permite calcular el cierre transitivo por las relaciones de especialización y aquellas relaciones



inducidas a través de *mappings*. Por simplicidad y aunque el mecanismo está definido para *mappings* 1 a n, en ELO-Tool solo se ha implementado el caso de *mappings* 1 a 1, dejando abierta la posibilidad de implementación para el caso de *mappings* 1 a n, proyectado como trabajo futuro.

Como complemento al proceso de ensamblaje se ha definido un conjunto de reglas basadas en los valores asociados a los atributos de los elementos del estándar de meta-datos LOM. De esta forma, se obtiene un procedimiento que tiene en cuenta:

- Las posibles combinaciones permitidas entre diferentes tipos de ELOs, de acuerdo a su definición dentro del modelo de contenido.
- El tipo de proceso de generación (manual o automático), de los valores de los atributos resultantes, que son asignados al nuevo ELO.

Así pues, en el proceso de ensamblaje se distinguen claramente dos fases:

- La aplicación del mecanismo de ensamblaje (*OntoGlue* u *OntoGlue Full*).
- La descripción de ELOs, teniendo en cuenta el procedimiento para la generación de los meta-datos correspondientes, dentro del proceso de ensamblaje.

### 3. Reutilización

Se ha descrito el comportamiento de los ELOs a través de las diferentes etapas de su ciclo de vida. Esto ha permitido identificar las relaciones establecidas a través de las diversas etapas respecto a los proveedores y usuarios. Además, se destaca el hecho de que asociar a los ELOs un ciclo de vida conlleva a una mejor y más adecuada utilización de los mismos, con el consecuente incremento en la calidad del contenido educativo.

La utilización de meta-datos para describir los objetos de aprendizaje, incrementar su potencial de reutilización. De ahí que se haga especial énfasis en la importancia de utilizar buenas descripciones, a nivel de meta-datos, de los contenidos educativos.

La búsqueda de ELOs a través de requisitos y competencias unida a la utilización de ontologías y *mappings*, representa un factor potenciador de la reutilización de los ELOs.

También se ha abordado la reutilización desde las perspectivas humana y tecnológica, lo cual ha permitido distinguir la motivación existente en los distintos tipos de usuarios, su visión frente a la reutilización y el papel que desempeñan a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de los

objetos de aprendizaje. Y desde el punto de vista tecnológico, se evidencia la necesidad de identificar las características de los materiales digitales, su granularidad y el grado en que las herramientas ofrecen soporte para la reutilización de contenido educativo.

## 6.2. Contribuciones

En esta sección se identifican los principales aportes derivados de la realización de esta tesis doctoral.

### 1. Análisis del estado de la cuestión

Esta labor ha constituido una pieza fundamental en la definición del problema y la caracterización de los requisitos que debían cumplir las soluciones propuestas. Es así como a través de ella se identificó el contexto dentro del cual se enmarca la tecnología de objetos de aprendizaje, eje central para el desarrollo de esta tesis doctoral. Así pues, el análisis del estado de la cuestión se realizó a través de las siguientes fases:

- *eLearning*, identificando los principales tipos de sistemas de *eLearning* (LMS y LCMS), sus diferentes enfoques y puntos de confluencia, desde los cuales alcanzan el mismo objetivo de alto nivel: acelerar la transferencia de conocimiento.
- *Tecnología de meta-datos*, reafirmando su importancia en los procesos de reutilización y descubriendo su alto potencial en el cubrimiento de nuevas necesidades y campos de acción como la Web Semántica.
- *Tecnología de objetos de aprendizaje*, identificando sus características, beneficios y principales líneas de investigación, de las cuales se destaca la reutilización y en particular el ensamblaje de objetos de aprendizaje para obtener nuevos objetos, el cual requiere:
  - La localización de los recursos de aprendizaje apropiados, que eventualmente puedan ser combinados para satisfacer los objetivos pedagógicos propuestos.
  - La descripción de los objetos de aprendizaje a través de metadescripciones de alto nivel.
  - La expresión formal de los objetivos de aprendizaje dentro del contexto seleccionado para realizar la experiencia de aprendizaje.

- Un conjunto de reglas de composición que regulen la construcción de los nuevos objetos de aprendizaje a partir de los ya existentes.

## 2. Solución propuesta

Las principales contribuciones en la construcción de la solución a los problemas planteados se han obtenido en los siguientes aspectos:

- *Definición del Modelo Conceptual.* De la definición del modelo conceptual, los principales resultados son:
  - Definición del modelo de contenido, sus componentes (ELOs) y las relaciones entre ellos.
  - Definición de las combinaciones permitidas entre los distintos tipos de ELOs.
  - Descripción formal de los ELOs.
- *Ensamblaje de ELOs.* En este aspecto los resultados son:
  - Definición del concepto de *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias), como elemento clave para la comparación entre ELOs heterogéneos.
  - Definición del mecanismo de ensamblaje, basado en ontologías, *OntoGlue* y su versión extendida *OntoGlue Full*.
  - Definición del Algoritmo para el cierre transitivo.
  - Formalización de todos los conceptos asociados a la definición del mecanismo de ensamblaje (*OntoGlue* y *OntoGlue Full*).
- *Descripción de ELOs.* El principal resultado en este aspecto se refiere a la capitalización de la utilización de los meta-datos, como un elemento de anticipación a futuras aplicaciones. El aporte de esta tesis en este sentido se materializa a través de la extensión del estándar de meta-datos LOM, lo que ha permitido:
  - Dar respuesta a la necesidad de una descripción más adecuada para los componentes del modelo de contenido propuesto.
  - Proporcionar un *binding* XML para cada uno de los componentes del modelo de contenido propuesto.
  - Anticiparse a futuras aplicaciones, por ejemplo, dentro de la Web Semántica, al introducir campos que permiten hacer referencia a las ontologías a las que pertenece el *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias) correspondiente a cada ELO.

- Favorecer la utilización del mecanismo de ensamblaje, introduciendo un tipo de meta-dato que permite la definición del *Conocimiento Asociado* dentro de la extensión del estándar LOM.
- Identificar los procesos para el cálculo de los valores de los atributos y los elementos de los meta-datos del ELO resultante del ensamblaje, en función de si están acotados dentro de un dominio o corresponden a sentencias de lenguaje natural.
- Proporcionar reglas para la descripción de los ELOs resultantes del proceso de ensamblaje, teniendo en cuenta la definición de los atributos de los elementos pertenecientes a cada una de las categorías definidas para el estándar de meta-datos LOM y los de la versión extendida.
- *Reutilización de ELOs.* Un aporte de esta tesis en este sentido, se realiza mediante la descripción adecuada a nivel de meta-datos de los ELOs y el diseño de ELO-Tool, herramienta en la que la reutilización de ELOs es una consecuencia directa de los procesos de generación y ensamblaje. Además las búsquedas basadas en requisitos y competencias, unidas a la utilización de las ontologías y los *mappings* entre ellas, potencian la reutilización de los mismos.

### 3. Utilización del modelo conceptual y los mecanismos de ensamblaje

Las implicaciones derivadas de la utilización de las soluciones propuestas, resumidas en los siguientes aspectos:

- Facilidades para la descripción de los ELOs mediante meta-datos didácticos, a través de la aplicación de las reglas definidas para tal fin, lo que permite obtener una descripción acertada de los ELOs resultantes de los procesos de ensamblaje.
- Facilidades para la búsqueda, descubrimiento y recuperación de los ELOs, gracias a la aplicación adecuada de los meta-datos.
- Aumento del valor pedagógico de los ELOs mediante la definición de sus requisitos y competencias (*Conocimiento Asociado*), ya que potencia el ensamblaje y posterior reutilización de los mismos.
- Disponibilidad de un mecanismo de comparación fiable, ya que se basa en la aplicación de ontologías.
- Disponibilidad de mecanismos de ensamblaje de ELOs potentes, cuya viabilidad técnica ha sido verificada mediante la implementación de un prototipo.

- Facilidades para la implementación de la herramienta ELO-Tool, ya que se dispone del diseño de sus componentes.
- Compatibilidad de los ELOs respecto al estándar de meta-datos LOM y la especificación de meta-datos del IMS.
- Adopción de la tecnología de objetos de aprendizaje como medio para la implementación de soluciones para el mejoramiento del contenido educativo.
- Consistencia en el tratamiento del contenido educativo, lo que favorece su posterior reutilización.
- Automatización de los procesos para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje.

#### 4. Implementación de ELO-Tool y Evaluación

El análisis funcional y el diseño de ELO-Tool, proporcionados en esta memoria, facilitan la labor de implementación de la misma, puesto que por una parte se han identificado con claridad las operaciones que debe realizar la herramienta (almacenar, editar, convertir, ensamblar) y por otra el diseño modular permite una implementación independiente y controlada del entorno completo. Además, la implementación del prototipo que implementa el mecanismo de ensamblaje de ELOs, representa una parte fundamental, puesto que se ha comprobado su viabilidad técnica y funcionalidad. Por lo tanto, la integración con los demás módulos de la herramienta no presenta mayor dificultad.

En cuanto al proceso de evaluación, se ha realizado un estudio comparativo del modelo de contenido propuesto respecto a otros existentes, del cual se concluye que:

- La definición de los componentes de los modelos de contenido representan la noción particular de objeto de aprendizaje.
- El número de componentes varía de un modelo a otro, pero la definición de objetivos de aprendizaje está presente en todos ellos, ya sea como un componente independiente (Learnativity Content Model) o como elemento definido dentro de otro componente (SCORM, NETg, ELO).
- Los componentes de cada modelo se asocian a diferentes niveles de granularidad (desde 1 (nivel de granularidad más bajo) hasta 4 (nivel de granularidad más alto)).
- La mayoría de los modelos de contenido ofrecen archivos de salida en formato XML (SCORM, RIO/RLO, ELO).

- Los mecanismos de integración, agregación o ensamblaje se basan en el uso de plantillas predefinidas.
- Los modelos de contenido analizados ofrecen soporte para la reutilización.
- El modelo más utilizado es SCORM.

Y las ventajas del modelo propuesto respecto a los otros modelos son:

- La descripción formal de cada uno de los componentes del modelo de contenido.
- La definición del concepto de *Conocimiento Asociado* (requisitos y competencias), como elemento fundamental en el proceso de comparación.
- La utilización de ontologías como medio para la comparación semántica de los componentes del modelo de contenido.
- La extensión del estándar de meta-datos LOM para obtener una descripción de los componentes del modelo de contenido más adecuada a los propósitos de ensamblaje.
- La definición de un mecanismo de ensamblaje basado en ontologías.

De otra parte, se ha diseñado un esquema de evaluación para los ELOs, en el cual los criterios utilizados están orientados a:

- La obtención de respuestas concretas que satisfagan las necesidades particulares de los evaluadores.
- La mejora de la calidad de los objetos de aprendizaje, es decir, es decir, del contenido educativo.

## 5. Difusión de los resultados

El principal mecanismo para la difusión de resultados obtenidos con la realización de esta tesis doctoral lo representa la publicación de artículos en congresos y revistas. Esto aportará un valor añadido al trabajo presentado en esta memoria, avalando las soluciones propuestas.

De otra parte, la implementación de ELO-Tool proporcionará un entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de ELOs, cuya base de datos será poblada con ELOs pertenecientes a asignaturas reales, utilizadas por la comunidad universitaria.

## 6.3. Líneas de trabajo futuro

A partir del trabajo realizado se han planteado nuevas líneas de trabajo, identificadas bajo los siguientes aspectos:

- **Potenciar la utilización del mecanismo de ensamblaje.** Esta línea de trabajo se aborda principalmente a través de la implementación completa del entorno ELO-Tool. Esto implica la realización de las siguientes tareas:
  - Poblar la base de datos con ELOs (pertenecientes a una asignatura real utilizada en el ámbito académico).
  - Poblar la base de datos con Ontologías.
  - Habilitar el módulo traductor de esquemas de meta-datos.
  - Habilitar el módulo de búsqueda.
  - Realizar la integración modular para verificar la funcionalidad de ELO-Tool.
- **Realizar mejoras al entorno ELO-Tool.** Mediante la aplicación del proceso de evaluación a los ELOs generados, con el fin detectar futuras mejoras del propio entorno.
- **Estudiar la viabilidad de los *Web Services* en el aprovechamiento de mecanismos como *OntoGlue*.**
- **Extender el mecanismo de ensamblaje** teniendo en cuenta el comportamiento del usuario para hacer **adaptación**.





# Glosario de términos

## A

**AICC** Aviation Industry Computer-Based Training Committee

**AICTEC** Australian Information and Communications Technology in Education Committee

**ALC** Attributive Concept Descriptions with Complements

**ARIADNE** Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe

## B

**BBT** Browser-Based Training

## C

**CAI** Computer Assited Instruction

**CanCore** Canadian Core Learning Object Metadata Application Profile

**CAM** Content Aggregation Model

**CBE** Computer-Based Education

**CBL** Computer-Based Learning

**CBT** Computer-Based Training

**CDWA** Categories for the Description of Works of Art

**CEN** Comité Européen de Normalisation

**CETIS** Centre for Educational Technology interoperability Standards

**CIMI** Consortium for the Computer Interchange of Museum Information

**CLOE** Co-operative Learning Objects Exchange  
**CMI** Course Management Instruction  
**CRAG** Canadian Repository Action Group  
**CSRL** Computer Supporter Learning Resources  
**CSDGM** Content Standards for Digital Geospatial Metadata  
**CORBA** Common Object Request Broker Architecture

## D

**DAML** DARPA Agent Markup Language  
**DCMI** Dublin Core Metadata Initiative  
**DOI** Digital Object Identifier

## E

**EAD** Encoded Archival Description  
**EdNA** Educational Network Australia  
**ELO** Electronic Learning Object  
**EML** Educational Modelling Language

## F

**FL** Formal Logic

## G

**GEM** The Gateway to Educational Material  
**GESTALT** Getting Educational Systems Talking Across Leading-Edge Technologies  
**GILS** Government Information Locator Service-Global Information Locator Service

## H

**HTML** HyperText Markup Language

## I

**IBT** Internet-Based Training  
**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers  
**IEC** ISO International Engineering Consortium  
**IFLANET** International Federation of Library Associations and Institutions  
**IMS** Instructional Management System Global Learning Consortium  
**IP** Internet Protocol  
**ISO** International Standards Organization  
**ISSS** Information Society Standardization System

## **J**

**JSP** Java Server Pages  
**JTC1** Joint Technology Committee

## **L**

**LALO** Learning Objects Learning Architectures  
**LCMS** Learning Content Management Systems  
**LMS** Learning Management Systems  
**LOM** Learning Object Metadata  
**LORAX** Learning Federation Learning Object Repository Access and Exchange  
**LSAL** Learning Systems Architecture Lab  
**LTSC** IEEE Learning Technology Standards Committee

## **M**

**MARC** Machine Readable Cataloging  
**MPEG** Moving Picture Experts Group

## **N**

**NISO** National Information Standards Organization

## **O**

**OAI** Open Archives Initiative  
**OAIS** Open Archival Information System  
**OIL** Ontology Inference Layer  
**OKI** MIT Open Knowledge Initiative  
**OOP** Object Oriented Programming  
**OWL** Web Ontology Language

## P

**PDA** Personal Digital Assistant  
**PICS** Platform for Internet Content Selection  
**PRISM** Publishing Requirements for Industry Standard Metadata  
**POOL** Portal for Online Objects in Learning  
**PURL** Persistent Uniform Resource Locator  
**P2P** Peer to Peer

## R

**RDCEO** Reusable Definition of Competency or Educational Objective  
**RDF** Resource Description Framework  
**RFC** Request for Comments  
**RIO** Reusable Information Object  
**RLO** Reusable Learning Object  
**RSS** Really Simple Syndication

## S

**SC36** ISO-IEC-JTC1 Standards Committee on Information Technology  
for Learning, Education, and Training  
**SCOs** Sharable Content Objects  
**SCORM** Sharable Content Object Reference Model  
**SDSM** Standard for Survey Design and Statistical Methodology Meta-  
data  
**SGML** Standard Generalized Markup Language  
**SIF** Schools Interoperability Framework

**SMEF** Standard Media Exchange Framework

**SOAP** Simple Object Access Protocol

## **T**

**TBL** Technology-Based Learning

**TEI** Text Encoding Initiative

**TICs** Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones

## **U**

**UKOLN** UK Office for Library and Information Networking

**UNESCO** United Nations Education Scientific and Cultural Organization

**URL** Uniform Resource Locator

## **V**

**VRML** Virtual Reality Modeling Language

**VRA** Visual Resources Association

## **W**

**WBT** Web-Based Training

**WSLT** CEN-ISSS Learning Technology Workshop

**W3C** World Wide Web Consortium

## **X**

**XML** eXtensible Markup Language

**XPATH** XML Path Language

**XSLT** eXtensible Stylesheet Language Transformations

**XSD** XML Schema Definition



# Bibliografía

- [1] A Bit Overly Excitable Over Learning Object Tool, (2004). Disponible en: <http://jade.mcli.dist.maricopa.edu/alan/archives/2004/03/26/ezro.php>
- [2] Adcock, G., Ip, A., Mason, J., *Modeling Information to Support Value-Adding: EdNA Online*, (2000). WebNet Journal: Internet Technologies, Applications Issues 2(3), 38-45. Disponible en: <http://dl.aace.org/6330>
- [3] AICC: *Aviation Industry CBT Committee*, (2002). Disponible en: <http://www.aicc.org>
- [4] All About learning Objects, (2004). Disponible en: <http://www.eduworks.com/LOTT/tutorial/learningobjects.html>
- [5] Anido, L. et al., *A Step ahead in E-learning Standardization: Building Learning Systems from Reusable and Interoperable Software Components*. The Eleventh International World Wide Web Conference, (2004). Disponible en: <http://www2002.org/CDROM/alternate/136/>
- [6] Apple Learning Interchange, Disponible en: <http://ali.apple.com>
- [7] ARIADNE (*Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*), (2000). Disponible en: <http://ariadne.unil.ch>
- [8] Avilar Web Mentor, (2004). Disponible en: <http://www.avilar.com>
- [9] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., Patel-Schneider P., *The Description Logic Handbook Theory, Implementation and Applications* (2003). Disponible en: <http://anhai.cs.uiuc.edu/home/papers/www02.pdf>
- [10] Banks, B., *Learning Theory and Learning Object*, (2001). Disponible en: <http://www.fdlearning.com/fdlearning/html/company/features/>

- [11] Barritt, C., Lewis, D., Wieseler, W. *CISCO Systems Reusable Informaton Strategy Version 3.0.* (1999). Disponible en: <http://www.cisco.com>
- [12] Barritt, C., *Using Learning Objects in Four Instructional Architectures,* (2002). Internet Learning Solutions Group, Cisco Systems. Networker Newsletter Vol.18 - No.7. Disponible en: <http://www.svispi.org/networker/2002/0702a1.htm>
- [13] Barron, T., *Learning Objects: Key Issues for Future Growth.* Melon Park, CA: SRI Consulting Business Intelligence.
- [14] Bearman, D., Et.al. *A Common Model to Support Interoperable Metadata,* (1999). D-lib Magazine Vol. 5 (1). Disponible en: <http://www.dlib.org/dlib/january99/bearman/01bearman.html>
- [15] Belvedere, (2002). Disponible en: <http://advlearn.lrdc.pitt.edu>
- [16] BIC (*Rights Metadata, by the Book Industry Communication*), (2004). Disponible en: <http://www.bic.org.uk/rights.html>
- [17] BioResearch, Disponible en: <http://biome.ac.uk>
- [18] Berners-Lee, Hendler, J., Lassila, O., *The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities,* (2001). Scientific American, Disponible en: <http://http://www.scientificamerican.com/>
- [19] Berners-Lee, T., Miller, E., *The Semantic Web lifts off,* (2002). ERCIM News No. 51, October 2002. Disponible en: <http://www.ercim.org/publication/>
- [20] Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives,* handbook 1: Cognitive domain. New York: Longmans Green.
- [21] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., *El Lenguaje Unificado de Modelado,* (1999). Addison Wesley Iberoamericana, Madrid.
- [22] Bratina, T., Hayes, D., Blumsack S., *Preparing Teachers To Use Learning Objects* (2002). Disponible en: <http://ts.mivu.org/>
- [23] Campbell L. M., (2003). *Engaging with the Learning Object Economy.* Editado por Allison Littlejohn, en Reusing Online Resources, a sustainable approach to e-learning. Kogan Page US. pp: 35-44.



- [24] Campbell, L., *Engaging With Learning Object Economies*, (2004). Disponible en: <http://www.learningobjectsummit.ca/monday.html>
- [25] CanCore (*Canadian Core Learning Object Metadata Application Profile*), (2004). Disponible en: <http://www.cancore.ca/indexen.html>
- [26] CanCore Element Set 1.0, (2002). Disponible en: <http://www.cancore.org/elementset1.html>
- [27] CANDLE. The CANDLE project - collaborative and network distributed learning environment, 2003. Disponible en: <http://www.candle.eu.org/>.
- [28] Carey, T., *How to Reuse Learning Objects*, (2002). Disponible en: <http://learnware.uwaterloo.ca/projects/CCCO/>
- [29] CAREO (*Campus Alberta Repository of Educational Objects*), (2002). Disponible en: <http://http://www.careo.org/>
- [30] CDWA (*Categories for the Description of Works of Art*), (2004). Disponible en: <http://www.getty.edu/research/institute/standards/cdwa/index.html>
- [31] *CEDARS Preservation Metadata Elements*, (2004). Disponible en: <http://www.leeds.ac.uk/cedars>
- [32] CEN/ISSS-LTWS (*European Committee for Standardization*), (2003). Disponible en: <http://www.cenorm.be/iss/worksop/lt>
- [33] CETIS (*the centre for educational technology interoperability standards*), (2004). Disponible en: <http://www.cetis.ac.uk/>
- [34] Chitwood, K., May, C., Bunnow, D., Langan, T. *Battle stories from the field: Wisconsin online resource center learning objects project*, (2000). En D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Disponible en: <http://reusability.org/read/chapters/chitwood.doc>
- [35] Christiansen, J., Anderson, T., *Feasibility of Course Development Based on Learning Objects: Research Analysis of Three Case Studies*, (2004). Disponible en: <http://www.itdl.org/Journal/>
- [36] CIMI (*Consortium for the Computer Interchange of Museum Information*), (2004). Disponible en: <http://www.cimi.org/>
- [37] CLOE (*Cooperative Learning Object Exchange*), (2001). Disponible en: <http://cloe.on.ca/>

- [38] Colorado Digitalization Program, (2003). Disponible en: <http://www.cdpheritage.org/resource/metadata/>
- [39] Collis, B., Strijker, A., *Technology and Human Issues in Reusing Learning Objects*, (2004). Journal of Interactive Media in Education. Special Issue on the Educational Semantic Web. ISSN:1365-893X Disponible en: [www-jime.open.ac.uk/2004/4](http://www.jime.open.ac.uk/2004/4)
- [40] CSDGM (*Content Standards for Digital Geospatial Metadata*), (2004). Disponible en: <http://www.fgdc.gov/metadata/contstan.html>
- [41] CyberProf, (2001). Disponible en: <http://www.howhy.com/home/>
- [42] DAML (DARPA Agent Markup Language), (2003). Disponible en: <http://www.daml.org>
- [43] DAML+OIL, (2003). Disponible en: <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>
- [44] Darby, J. *Learning Environments for student-centered learning*, (2003). Disponible en: <http://ets.berkeley.edu/etstandards/ukeu/Darby.ppt>
- [45] DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*), (2004). Disponible en: <http://dublincore.org>
- [46] Designing Courses: Learning Objects, SCOs, IMS Standards, XML, SGML, etc. (2004). Disponible en: <http://www.ibritt.com/resources/>
- [47] Dick, W. y Carey, L. *The systematic design of instruction*, (1996).
- [48] Digital Scriptorium, (2004). Disponible en: <http://sunsite.berkeley.edu/Scriptorium>
- [49] Docent, (2003). Disponible en: <http://www.docent.com>
- [50] Dodds, P., *Sharable Content Object Reference Model (SCORM) Version 1.2-The SCORM Content Aggregation Model*. Advanced Distributed Learning. (2001). Disponible en: <http://www.adlnet.org/ADLDOCS/Documents/>
- [51] Dodds, P., Hoberney, A., Blackmon, W., *Next Generation SCORM*, (2002). Disponible en: <http://www.adlnet.org/adldocs/Presentations/P7D1205T100.ppt>
- [52] Dodani, M., *The Dark Side of Object Learning: Learning Objects*, (2002). IBM Global Services, U.S.A. Disponible en: <http://www.jot.fm/issues/>

- [53] DOI (*Digital Object Identifier*), (2004). Disponible en: <http://www.doi.org>
- [54] *DocBook: The Definitive Guide*, (2004). Disponible en: <http://www.docbook.org/tdg/en/html/docbook.html>
- [55] Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S., Weibel S., *Media Principles and Practicalities*, (2002). D-lib Magazine Vol. 8 (4). Disponible en: <http://www.dlib.org/dlib/april02/weibel/04eibel.html>
- [56] Duval, E., Hodgins, W., *A LOM Research Agenda*, (2003). WWW2003 Conference. Disponible en: <http://www2003.org/cdrom/>
- [57] Duval, E., *Learning Technology Standardization: Making Sense of it All*. ComSIS Vol. 1, (2004). Disponible en: <http://www.comsis.fon.bg.ac.yu/ComSISpdf/Volume01/InvitedPapers/ErikDuval.pdf>
- [58] Downes, S., *Learning Objects*, (2000). Disponible en: <http://www.atl.ualberta.ca/downes/naweb/LearningObjects.doc>
- [59] Downes, S., *Learning Objects: Resources For Distance Education*, (2001). WorldWide International Review of Research in Open and Distance Learning ISSN: 1492-3831
- [60] Downes, S., *Design and Reusability of Learning Objects in an Academic Context: A New Economy of Education*, (2002). Disponible en: [www.downes.ca/files/milan.doc](http://www.downes.ca/files/milan.doc)
- [61] Downes, S., *The Lattecentric Ecosystem*, (2002). Disponible en: <http://www.downes.ca>
- [62] Downes, S., *Design, Standards and Reusability*, (2003). Disponible en: <http://www.downes.ca/me/articles.htm>
- [63] Downes, S., *The Learning Marketplace: Meaning, Metadata and Content Syndication in the Learning Object Economy*, (2004). Disponible en: <http://www.downes.ca/files/book3.htm>
- [64] EAD (Encoded Archival Description), (2004). Disponible en: <http://www.loc.gov/ead/eadlist.html>
- [65] Enciclopedia Británica, (2004). Disponible en: <http://www.uc3m.es/uc3m/serv/BIB/bd/info/britanica.htm>

- [66] Engelbrecht, J. *SCORM Deployment Issues in an Enterprise Distributed Learning Architecture* The eLearning Developers' Journal (2003). Disponible en: <http://www.elearningguild.com/pdf/2/021803MGT-H.pdf>
- [67] The Education Object Economy, (2003). Disponible en: <http://www.eoe.org>
- [68] EdNA (*Educational Network Australia*), (2004). Disponible en: <http://www.edna.edu.au>
- [69] Edmonds, R., Barron, T. *Learning Objects in Practice*, (2002). Melon Park, CA: SRI Consulting Business Intelligence.
- [70] EdTechPost, (2004). Disponible en: <http://www.edtechpost.ca/mt/>
- [71] Edutella, (2003). Disponible en: <http://edutella.jxta.org/servlets/ProjectHome>
- [72] Fagerberg T., Rekkedal T., Russell J. *Designing and Trying Out a Learning Environment for Mobile Learners and Teachers (Sub-project of the EU Leonardo Project "From e-Learning to m-Learning")*, (2001). Disponible en: <http://learning.ericsson.net/mllearning2/>
- [73] Fathom: The source of Online Learning, (2002). Disponible en: <http://fathom.com>
- [74] Fiaidhi, J., Mohammed, S., *Design Issues Involved in Using Learning Objects for Teaching a Programming Language within a Collaborative eLearning Environment*, (2004). International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, Vol. 1, No. 3., pp.39-53.
- [75] Fisher, S., Friesen, N. y Roberts, T., *An introduction to metadata*. University of Queensland Library, (2002). Disponible en: <http://www.library.uq.edu.au/iad/ctmeta4.html>
- [76] Franconi, N., (2002). *Description Logic Course*. Disponible en: <http://www.inf.unibz.it/franconi/dl/course>
- [77] Friesen, N., (2001). *What are Educational Objects*. Disponible en: <http://www.careo.org/documents/objects.html>
- [78] Friesen, N., *Three Objections to Learning Objects and E-learning Standards*, (2003). Disponible en: <http://www.learningspaces.org/n/papers/objections.html>

- [79] Gagne, R. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*.
- [80] Gagne, R., Briggs, L. y Wagner, W. (1992). *Principles of Instructional Desig* (4th Ed.). Fort Worth, TX:HBJCollege.
- [81] GEM (*Gateway to Educational Materials*, (2004). Disponible en: <http://www.geminfo.org>
- [82] Generation 21 Learning Systems. (1999). Disponible en: <http://www.gen21.com>
- [83] Gerard, R., W., *Shaping the Mind: Computers in Education*, (1969). En R.C. Atkinson, H.A.Wilson, *Computer-Assisted: A book of Readings*. New York: Academic Press.
- [84] GESTALT (*Getting Educational Systems Talking Across Leading Edge Technologies*, (2004). Disponible en: <http://www.fdgroup.co.uk/gestalt>
- [85] *Getty Research Institute. Introduction to Metadata: Pathways to Digital Information*, (2000).
- [86] Gibbons, A., Nelson, J., Richards, R. *The nature and origin of instructional objects*. En D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects* (Capítulos 1.2, pp. 25-58), (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [87] GILS (*Government Information Locator Service/ Global Information Locator Service*), (2004). Disponible en: <http://www.access.gpo.gov/>
- [88] Gilliland-Swetland, A. J., *Defining metadata*. en *Introduction to metadata: pathways to digital information*, (1998). Getty Research Institute. Disponible en: <http://www.getty.edu/research/>
- [89] Goodwill, J., Hightower, R. *Profesional Jakarta Strust*, (2004). Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana. ISBN: 0-7645-4437-3.
- [90] Gruber, T., *What is an Ontology?*, (2004). Disponible en: <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
- [91] Gynn, C., Acker, S., (Eds). *Learning Objects: Contexts and Connections*, (2003). Disponible en: <http://morty.uts.ohio-state.edu/>
- [92] Hamel, C. J., Ryan-Jones, D., *Designing instruction with learning objects*. *International Journal of Educational Technology (IJET)*, 3(1)., (2002). Disponible en: <http://www.ao.uiuc.edu/ijet/v3n1/hamel/index.html>

- [93] Harvey Project, (2004). Disponible en: <http://harveyproject.org>
- [94] Heins, T., Himes, F., *Creating Learning Objects With Macromedia Flash MX Macromedia*, (2002). Disponible en: <http://www.macromedia.com/resources/education/whitepapers/>
- [95] Hendler, J., *Agents and the Semantic Web*, (2002). IEEE Intelligent Systems Journal. Disponible en: <http://www.cs.umd.edu/hendler/AgentWeb.html>
- [96] Higgs, P., Meredith, S. Hand, T. *Technology for Sharing, Researching Learning Objects and Digital Rights Management*, (2003). Disponible en: <http://www.flexiblelearning.net.au/leaders>
- [97] Hodgins, H. W, *Into the future: A Vision Paper*, (2000). American Society for Training and Development (ASTD), and National Governors Association (NGA) Commission on Technology and Adult Learning.
- [98] Hodgins, H. W, *The future of learning objects*. En D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects* (Capítulo 5.3, pp. 281-298), (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [99] Holmes, P., *ELearning: A Literature Review*, (2000). Disponible en: <http://www.t2b.com.au/resources/e-learning-Lit-Review.pdf>
- [100] Horn, R., *Structured Writing at Twenty-five*, (1993). Performance and Instruction (32) 11-17. International Society for Performance Improvement. Disponible en: <http://www.stanford.edu/rhorn/a/topic/>
- [101] HTML (*Hyper Text Markup Language*), (2004). Disponible en: <http://www.w3.org/MarkUp/>
- [102] ICPSR *Data Documentation Initiative*, (2004). Disponible en: <http://www.icpsr.umich.edu/DDI/CODEBOOK/index.html>
- [103] IFLANET (International Federation of Library Associations and Institutions), (2003). Disponible en: <http://www.ifla.org/II/metadata.htm>
- [104] IEEE LTSC Final Draft Standard for Learning Object Metadata, (2002). Disponible en: <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12>
- [105] IMS (*Global Learning Consortium Inc.*) LRMS Version 1.2, (2002). Disponible en: <http://www.imsproject.org/metadata/index.html>

- [106] IMS Content Packaging, (2003). Disponible en: <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>
- [107] *The INDEXS project*, (2004). Disponible en: <http://www.indecs.org/>
- [108] Information Management Branch, Information Management, Access and Privacy. Alberta Government Services. *Metadata Resource Guide*, (2004). pp. 8-14. Disponible en: <http://www.im.gov.ab.ca/publications/pdf/MetadataResGuide.pdf>
- [109] Introduction to Metadata, (2004). Disponible en: <http://www-sul.stanford.edu/depts/ts/tsdepts/cat/resources/refshelf/metadata/MDIntro.html>
- [110] Ip, A., Morrison, I., Currie, M., *What Is a Learning Object, Technically?*, (2001). Disponible en: [http://koala.dls.au.com/lo/learningObject\(WebNet2001\).pdf](http://koala.dls.au.com/lo/learningObject(WebNet2001).pdf)
- [111] Ip, A., Morrison, I., Currie, M., *Learning Objects 101: A primer for Neophytes*, (2002). Disponible en: <http://online.bcit.ca/sidebars/02november/inside-out-1.htm>
- [112] *ISO Reference Model for an Open Archival Information System*, (2001). Disponible en: [www.riik.ee/dh/tulemused/CCSDS-650.0-R-1.2A4.doc](http://www.riik.ee/dh/tulemused/CCSDS-650.0-R-1.2A4.doc)
- [113] ISO (*International Standardization Organization /Institute Electrotechnical Commission Committee for Learning Technologies (ISO/IEC JTC1 SC36)*), (2004). Disponible en: <http://www.jtc1sc36.org>
- [114] Jena *A Semantic Web Framework for Java*, (2004). Disponible en: <http://jena.sourceforge.net/>
- [115] Koper R., *Modeling units of study from a pedagogical perspective - The pedagogical metamodel behind EML*, (2001). Disponible en: <http://www.eml.ou.nl/introduction/articles.htm>
- [116] Koper R., *Combining Reusable Learning Resources and Services with Pedagogical Purposesful Units of Learning*. (2003). Editado por Allison Littlejohn, en Reusing Online Resources, a sustainable approach to e-learning. Kogan Page US. pp: 46-56.
- [117] LALO (*Learning Architectures and Learning Objects*), (2000). Disponible en: <http://www.learnitivity.com/lalo.html>

- [118] L'Allier, J. J. (1998). *NETg precision skilling: The linking of occupational skills descriptors to training interventions*. Disponible en: <http://www.netg.com/research/skillpaper.htm>
- [119] Learnativity.org, (2004). Disponible en: <http://www.learnativity.org>
- [120] e-Learning Centre, (2004). Disponible en: <http://www.e-learningcentre.co.uk/eclipse/vendors/campusportals.htm>
- [121] *Learning to Map between Ontologies on the Semantic Web*, (2002). Disponible en: <http://data.cs.washington.edu/papers/GlueWWW02.pdf>
- [122] Littlejohn A., (2003). *Issues in Reusing Online Resources*. Editado por Allison Littlejohn, en *Reusing Online Resources, a sustainable approach to e-learning*. Kogan Page US. pp: 1-6.
- [123] LOM (*Learning Object Metadata*), (2003). Disponible en: <http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>
- [124] Longmire, W., *A Primer on Learning Objects*, (2000). Learning Circuits, ASTD Sources for E-Learning. Disponible en: <http://www.learningcircuits.org/2000/mar2000/Longmire.htm>
- [125] Learning Objects Portal (2003). Disponible en: <http://ilearn.senecac.on.ca/lop/about/about.htm>
- [126] Learning Objects Repositories, (2004). Disponible en: <http://elearning.utsa.edu/guides/LO-repositories.htm>
- [127] LORAX Learning Object Repository Access and Exchange Web Service Specification., (2003). Disponible en: <http://www.thelearningfederation.edu.au>
- [128] LSAL (*Learning Systems Architecture Lab. Architecture for User-Centric Learning Management Systems. Carnegie Mellon University*), (2004). Disponible en: <http://www.lsal.cmu.edu>
- [129] LTSA (*Learning Technology Systems Architecture*), (2001). Disponible en: <http://edutool.com/ltsa/>
- [130] Lydia Global Repository, Disponible en: <http://www.lydialearn.com>
- [131] Mager, R. F. *Preparing Instructional Objectives: A Critical Tool in the Development of Effective Instruction*, (1997).



- [132] MARC (*Machine Readable Cataloging*), (2004). Disponible en: <http://lcweb.loc.gov/marc/>
- [133] Martinez, M., *Designing learning objects to personalize learning*. En D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects* (Capítulo 3.1, pp. 151-172). (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [134] MathGate, Disponible en: <http://www.mathgate.ac.uk>
- [135] McGreal, R., Roberts, T., *A Primer on Metadata for Learning Objects Fostering an interoperable environment* (2001). LTI Magazine. Disponible en: <http://elearningmag.com/ltimagazine/article/>
- [136] McGreal, R. (Ed.). (in press). *Online Education Using Learning Objects*. London: Routledge/Falmer.
- [137] MERLOT (*Multimedia Educational Resource for Learning and online Teaching*), (1997). Disponible en: <http://www.merlot.org/Home.po>
- [138] Merrill D. (*Reclaiming Instructional Design*), (1997). Disponible en: <http://www.id2.usu.edu/Papers/Reclaiming.PDF>
- [139] Metadata Standares Directory, (2003). Disponible en: <http://www.ulb.ac.be/ceese/meta/meta.html>
- [140] MetaMap University of Montreal, (2003). Disponible en: <http://mapageweb.umontreal.ca/turner/meta/english/index.html>
- [141] Mills, S., *Learning about Learning Objects with Learning Objects*, (2002). AliveTec Inc. Disponible en: <http://www.alivetek.com/learningobjects/>
- [142] Milstead, J., Feldman, S. *Metadata: cataloguing by any other name*, (1999). v. 22, n. 2, pp. 198-219. Disponible en: <http://www.infotoday.com/>
- [143] Minnesota State Archives, (2004). Disponible en: <http://www.mnhs.org/preserve/records/metadatarresources.html>
- [144] Merrill, M.D., Li, Z. Jones, M. (1991). *Instructional transaction theory: And introduction. Educational Technology*, 31(6), 7-12
- [145] Modeling a Metalevel Ontology Project, University of Toronto, (2003). Disponible en: <http://www.fis.utoronto.ca/special/metadata/mmo/index.html>

- [146] Mortimer, L., *(Learning) Objects of Desire: Promise and Practicality*, (2002). Disponible en: <http://www.learningcircuits.org/2002/apr2002/mortimer.html>
- [147] MPEG *Moving Picture Experts Group*), (2004). Disponible en: <http://www.chiariglione.org/mpeg/>
- [148] Muzio, J., Heins, T., and Mundell, R. *Experiences with Reusable eLearning Objects: From Theory to Practice*, (2001). Disponible en: <http://www.cedarlearning.com/CL/elo/>
- [149] Murphy, E., *Moving from Theory to Practice in the Design of Web-based Learning: Using a Learning Object Approach*, (2004). E-Journal of Instructional Science and Technology. Disponible en: <http://www.usq.edu.au/electpub/e-jist/index.htm>
- [150] MySQL (2004). Disponible en: <http://dev.mysql.com/doc/>
- [151] Naidu, S., *Designing and evaluating instruction for e-learning*. En P. Rogers (Ed.), *Designing instruction for technology-enhanced learning* (Capítulo VIII, pp. 134-159), (2002). Hersey, PA: Idea Group Publishing.
- [152] Naming and Addressing URIs, URLs. (2003). Disponible en: <http://www.w3.org/Addressing>
- [153] NEDL (*National Library of Australia*. Preservation Metadata for Digital Collections, (2004). Disponible en: <http://www.nla.gov.au/preserve/pmeta.html>
- [154] Nelson, L. M. (1998). *Collaborative problem solving: And instructional theory for learning through small group interaction*. Disertación Doctoral no publicada, Indiana University.
- [155] Nesbit, J., Belfer K., Vargo, J., *A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects*, (2002). Canadian Journal of Learning and Technology Volume 28(3). Disponible en: <http://www.cjlt.ca/content/vol28.3/>
- [156] NISO (*Data Dictionary for Technical Metadata for Digital Still Images*), (2004). Disponible en: <http://www.niso.org>
- [157] Nilsson, M., Palmer, M., Naeve, A., *Semantic Web Metadata for e-Learning-Some Architectural Guidelines*,(2002). Disponible en: <http://www2002.org/CDROM/alternate/744/>

- [158] OAI (*Open Archive Initiative*), (2001). Disponible en: <http://www.openarchives.org>
- [159] OID (*OBJECT ID*), (2004). Disponible en: <http://www.object-id.com/index.html>
- [160] OIL (*Ontology Inference Language*), (2003). Disponible en: <http://www.ontoknowledge.org/oil/>
- [161] OKI (*Open Knowledge Initiative. Massachusetts Institute of Technology*), (2004). Disponible en: <http://web.mit.edu/oki>
- [162] Ortiz-Repiso, Jiménez, V. *Nuevas perspectivas para la catalogación: metadatos versus MARC*. Revista Española de Documentación Científica, (1999). v. 22, n. 2, pp. 198-219.
- [163] Online Learning in the 21st Century, (2000). Disponible en: <http://www.ncst.ernet.in/vidyakash/portal/>
- [164] Olivier, B., Liber, O., *Learning content interoperability standards*. En A. Littlejohn (Ed.), Reusing online resources: A sustainable approach to e-learning (Capítulo 12, pp. 146-155), (2003). London: Kogan Page.
- [165] Orrill, C. H., *Learning objects to support inquiry-based, online learning*. En D. A. Wiley (Ed.), The instructional use of learning objects (Capítulo 2.3, pp. 131-148), (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [166] OWL *Web Ontology Language Use Cases and Requirements, W3C Recommendation 10 February 2004*, (2004). Disponible en: <http://www.w3.org/TR/webont-req/>
- [167] OWL (*Web Ontology Language*), (2004). Disponible en: <http://www.w3c.org/2004/OWL/>
- [168] PBMI (*Public Broadcasting Metadata Initiative*), (2004). Disponible en: <http://www.siderean.com/dc2003/>
- [169] PICS (*Platform for Internet Content Selection*), (2004). Disponible en: <http://www.w3.org/PICS/>
- [170] Petroskills *LL: A world leader in petroleum training*, (2003). Disponible en: <http://www.petroskills.com/>

- [171] PMDO (*Preservation Metadata for Digital Objects*), (2004). Disponible en: <http://www.oclc.org/research/projects>
- [172] PRISM (*Networked European Deposit Library. Metadata for Long Term Preservation*) (2004). Disponible en: <http://www.kb.nl/coop/nedlib/results/preservationmetadata.pdf>
- [173] Polsani, R., *Use and Abuse of Reusable Learning Objects*, (2003). Journal of Digital Information, Volume 3 Issue 4 Article No. 164, 2003-02-19. Disponible en: <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani/>
- [174] POOL (*Portal for Online Objects in Learning*), (2002). Disponible en: <http://www.edusplash.net/>
- [175] Protégé-2000, (2000). Disponible en: <http://protege.stanford.edu/>
- [176] PURL (*Persistent Uniform Resource Locator*), (2004). Disponible en: <http://purl.oclc.org/>
- [177] Quinn, C., (2000). *Learning Objects and Instruction Components. International Forum of Educational Technology and Society*. Disponible en: <http://ifets.ieee.org/periodical/>
- [178] RDF (Resource Description Framework), (2003). Disponible en: <http://www.w3.org/RDF/>
- [179] RDCEO *IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective - Best Practice and Implementation Guide. Version 1.0 Final Specification* , (2004). Disponible en: <http://www.imsglobal.org/competencies/rdceov1p0/>
- [180] Rehak D.R., *Keeping Learning in Learning Objects*, (2003). Editado por Allison Littlejohn, en *Reusing Online Resources, a sustainable approach to e-learning*. Kogan Page US. pp: 20-34.
- [181] RELOAD (Reusable eLearning Object Authoring and Delivery), (2004). Disponible en: <http://www.reload.ac.uk/>
- [182] RFC (*Format for Bibliographic Records*), (2004). Disponible en: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1807.html>
- [183] Richey, R. C. (1986). *The theoretical and conceptual bases of instructional design*. London: Kogan Page.

- [184] Ritzel, L., *eLearning is Learning*, (2002). Disponible en: <http://www.prasena.com/public/virtualu.html>
- [185] RLO *Reusable Learning Objects*, (2000). Disponible en: <http://www.cisco.com/warp/public/10>
- [186] Robson, R., (1999). *Object-oriented Instructional Design and Web-based Authoring*. Disponible en: <http://www.eduworks.com/robby/papers/objectoriented.pdf>
- [187] Rodriguez, O., Chen, S., Shi, H., Shang, Y., *Open Learning Objects: The Case for Inner Metadata*, (2002). Disponible en: <http://www2002.org/CDROM/alternate/693/>
- [188] Rogers, P. *Designing instruction for technology-enhanced learning*, (2002). Hersey, PA: Idea Group Publishing.
- [189] Rusell, S., Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, (2004). Disponible en: <http://www.cs.berkeley.edu/~russell/aima.html>
- [190] RSS (*Really Simple Syndication*), (2004). Disponible en: <http://www.mcli.dist.maricopa.edu/show/nmc1003/>
- [191] Saba Corporation, (1997). Disponible en: <http://www.saba.com>
- [192] Shabajee, P., *Primary Multimedia Objects and "Educational Metadata" A Fundamental Dilemma for Developers of Multimedia Archives*, (2002). D-Lib Magazine, Volume 8 Number 6. ISSN 1082-9873. Disponible en: <http://www.dlib.org/dlib/june02/shabajee/06shabajee.html>
- [193] Santacruz, L., Aedo, I., Kloos C., *Introducción a los Objetos de Aprendizaje*, (2001). Primer Congreso Iberoamericano de Telemática (CITA2001). Editorial Universidad del Cauca. ISBN 958-9475-19-1
- [194] Santacruz-Valencia, L. P., Aedo, I., Delgado Kloos, C., *A Framework for the Creation, Integration and Reuse of Learning Objects*, (2003). IEEE Computer Society Learning Technology Task Force (LTF) newsletter, Vol. 5 Issue 1.
- [195] Santacruz, L., *Introducción a los Objetos de Aprendizaje (Tutorial)*, (2003). Disponible en: <http://www.it.uc3m.es/LO/locurse.html>
- [196] Santally, M., Govinda, M., Senteni, A., (2004). *Reusable Learning Objects Aggregation for e-Learning Courseware Development at the University of Mauritius*. International Journal of Instructional Technology

- and Distance Learning. Vol 1. No. 7. ISSN 1550-6908. Disponible en: <http://itdl.org/Journal/>
- [197] SCORM (*Shareable Courseware Object Reference Model Initiative*), (2000). Disponible en: <http://www.adlnet.org/Scorm/scorm.cfm>
- [198] SCORM CAM (Content Aggregation Model), (2004). Disponible en: <http://www.adlnet.org/>
- [199] *Schemas: Forum for Metadata Schema Implementers*, (2000). Disponible en: <http://www.schemas-forum.org/>
- [200] SDSM (*Standard for Survey Design and Statistical Methodology Metadata*), (2004). Disponible en: <http://www.census.gov/srd/www/metadata/>
- [201] Semantic Web Complex Ontology Mapping, (2003). IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence (WI'03). Disponible en: <http://csdl.computer.org/comp/proceedings/wi/2003/1932/00/19320082abs.htm>.
- [202] Shepard C., *Objects of Interest*, (2000). Disponible en: <http://www.fastrak-consulting.co.uk/tactix/features/objects/objects.htm>
- [203] Sicila, M., Garcia, E., *On the Concepts of Usability and Reusability of Learning Objects*, (2003). International Review of Research in Open and Distance Learning. ISSN: 1492-3831. Disponible en: <http://www.irrodl.org/content/v4.2/sicilia-garcia.html>
- [204] SIF (*Schools Interoperability Framework*), (2004). Disponible en: <http://www.sifinfo.org/specification.asp>
- [205] Sinir, S.S. *Ontology Mapping Survey*, (2004). Disponible en: <http://www.srdc.metu.edu.tr/webpage/seminars/Ontology/>
- [206] SiT in Search of Quality, (2004). Disponible en: <http://instructionaltechnology.editthispage.com/archives>
- [207] SMEF (*Standard Media Exchange Framework*), (2004). Disponible en: <http://www.bbc.co.uk/guidelines/smef/>
- [208] SMETE, Disponible en: <http://www.smete.org>
- [209] SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*), (2004). Disponible en: <http://http://www.w3.org/AudioVideo/>

- [210] Software Tools for Web Learning, (2004). Disponible en: <http://www.knowledgeability.biz/weblearning/softwaretools.htm>
- [211] Sosteric, M., Hesemeier, S., *When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of Learning Objects*, (2003). Disponible en: <http://www.distance-educator.com/>
- [212] Strijker, A. Reuse of Learning Objects in Context: Human and Technical Aspects, (2004). PhD dissertation, Faculty of Behavioural Sciences, University of Twente, Enschede, Netherlands. ISBN 90-365-2090-9. Disponible en: <http://130.89.154.170/proefschrift/>
- [213] TALON Learning Object System, (2003). Disponible en: <http://www.indiana.edu/scstest/jd/learningobjects.html>
- [214] Technical Standards for Learning, Education and Training, (2004). Disponible en: <http://standards.edna.edu.au/>
- [215] TEI (*Text Encoding Initiative*), (2004). Disponible en: <http://www.tei-c.org/>
- [216] Telecampus, Disponible en: <http://telecampus.edu>
- [217] TeleEducation NB, (2004). Disponible en: <http://www.learnnb.ca/sitemap.html>
- [218] Thomas, G., Horne, H., *Using ICT to Share the Tools of the Teaching Trade: A Report on Open Source Teaching*, (2004). Becta . Disponible en: <http://www.becta.org.uk/research/>
- [219] Thorpe, M., Kubiak, C., Thorpe, K., *Designing for reuse and versioning*. En A. Littlejohn (Ed.), *Reusing online resources: A sustainable approach to e-learning* (Capítulo 9, pp. 106-118), (2003). London: Kogan Page.
- [220] *Trends and Issues: The impact of Learning Objects*, (2004). Disponible en: <http://www.designbydi.com/UCD/LO/index.cfm?fuseaction=index>
- [221] UNESCO (United Nations Education, Scientific and Cultural Organization), (2004). Disponible en: <http://www.ulcc.ac.uk/unesco>
- [222] Unicode Home Page, (2003). Disponible en: <http://www.unicode.org>
- [223] UKOLN Metadata, (2004). Disponible en: <http://www.ukoln.ac.uk/metadata>

- [224] Verbet, K., Duval E., *Towards a Global Component Architecture for Learning Objects: A Comparative Analysis of Learning Objects Content Models*, (2004). Disponible en: <http://www.cs.kuleuven.ac.be/hmdbContext/publications/files/pdfversion/41315.pdf>
- [225] VRA (*VRA Core Categories version 3.0*), (2004). Disponible en: <http://www.vraweb.org/vracore3.htm>
- [226] Wagner, E., *The New Frontier of Learning Object Design*, (2002). Disponible en: <http://www.elearningguild.com/pdf/2/061802DST-H.pdf>
- [227] Wagner, E., *Step to Creating a Content Strategy for your Organization*, (2002). eLearning Developers' Journal. eLearning Guild. Disponible en: <http://www.elearningguild.com/pdf/2/102902MGT-H.pdf>
- [228] Warwick Framework, (2000). Disponible en: <http://www.dlib.org/dlib/july96/lagoze/>
- [229] Weller, M., Pegler, C., Mason, R., *Putting the pieces together: What working with learning objects means for the educator*. (2003) Disponible en: <http://kn.open.ac.uk/public/>
- [230] Wiley, D. A. Nelson, L.M. (1998). *The fundamental object*. Disponible en: <http://wiley.ed.usu.edu/docs/fundamental.html>
- [231] Wiley, D. A., *The post-LEGO learning object*, (1999a). Disponible en <http://wiley.ed.usu.edu/docs/post-lego.pdf>
- [232] Wiley, D. A., *So what do I do with a learning object?*, (1999b). Disponible en <http://wiley.ed.usu.edu/docs/instruct-arch.pdf>
- [233] Wiley, D. A., *Learning object design and sequencing theory.*, (2000) Disertación Doctoral no publicada, Brigham Young University.
- [234] Wiley, D. A., Recker, M., Gibbons, A. *Getting axiomatic about learning objects*, (2000). Disponible en: <http://reusability.org/axiomatic.pdf>
- [235] Wiley, D. A., Recker, M., Gibbons, A. *A reformulation of learning object granularity*, (2000) Disponible en: <http://reusability.org/granularity.pdf>
- [236] Wiley, D. A., *CAREER Grant - A mediated action study of learning object use in online learning communities*, (2002). Disponible en: <http://wiley.ed.usu.edu/docs/career.pdf>



- [237] Wiley, D. A., *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy*. D. A. Wiley (Ed.), The instructional use of learning objects (Capítulo 1.1, pp. 3-24), (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [238] Wiley, D. A., *The instructional use of learning objects*, (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [239] Wiley, D. A., *Learning objects – a definition*. (2002). En A. Kovalchick, and K. Dawson (Eds.), *Educational Technology: An Encyclopedia*. Santa Barbara: ABC-CLIO.
- [240] Wiley, D. A. *Learning objects need instructional design theory*, (2002). En A. Rossett (Ed.), *The 2001-2002 ASTD Distance Learning Yearbook*. New York: McGraw-Hill.
- [241] Wiley, D. A., *A unified design framework for learning objects and educational discourse*, (2002). Disponible en: <http://wiley.ed.usu.edu/docs/>
- [242] Wiley, D. A., *Learning objects: difficulties and opportunities*, (2003). Disponible en: <http://wiley.ed.usu.edu/docs/>
- [243] Wiley, D., *The Reusability Paradox*,(2003). Disponible en: <http://rclt.usu.edu/whitepapers/paradox.html>
- [244] Williams, D., *Evaluation of learning objects and instruction using learning objects*. En D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects* (Capítulo 3.2, pp. 173-200), (2002). Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology.
- [245] Wisconsin Online Resource Center, Disponible en: <http://www.wisconsinonline.com/>
- [246] Wood K., *Introduction to Mobile Learning (M Learning)*, (2003). Disponible en: <http://ferl.becta.org.uk/>
- [247] World Wide Web Consortium, Disponible en: <http://w3.org>
- [248] XanEdu, Disponible en: <http://XanEdu.com>
- [249] Xerces DOM, Disponible en: <http://xml.apache.org/>

- [250] XML (*eXtensible Markup Language*), (2003). Disponible en:  
<http://www.w3.org/XML/>
- [251] XPath (*XML Path Language*), (2004). Disponible en:  
<http://www.w3c.org/TR/xpath>
- [252] XML Schema, (2004). Disponible en:  
<http://www.w3c.org/XML/Schema>
- [253] Z39.50 (*Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification*”, and to ANSI/NISO Z39.50), (2004). Disponible en: <http://leweb.loc.gov/z3950/agency/markup/markup.html>

# APÉNDICE A

Este apéndice contiene cinco tablas que representan la forma de ensamblar meta-datos de diferentes tipos de ELOs, de acuerdo a las relaciones presentadas en la tabla 3.5. En los casos posibles, los resultados se muestran como expresiones *xpath*.

El significado de cada uno de los campos de la tabla es el siguiente:

- **Nr:** Este indica el número de la categoría y de cada elemento del esquema de meta-datos LOM.
- **Nombre:** Identifica el nombre de la categoría y de cada elemento del esquema de meta-datos LOM.
- **Significado del meta-dato y criterio aplicado:** Breve explicación del significado de la categoría y del elemento, así como también la descripción de los valores de los atributos de los elementos y el criterio utilizado para la descripción del ELO.
- **Valor de los meta-datos resultantes:** Descripción utilizando expresiones *xpath* del procedimiento seguido para la descripción del ELO resultante del ensamblaje.

La tabla 6.1 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos UIs.

## Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades de Información (*UIs*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Valor de los meta-datos resultantes de ensamblar dos <i>UIs</i>
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen dos <i>UIs</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UC</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada <i>UI</i> .	$Lom/General/Title/text() (UI_1 \circ UI_2) = concat(Title_{UI_1}, Title_{UI_2})$
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UI</i> .
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UI</i> creada.
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UI</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej., contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	Las <i>UIs</i> son considerados como elementos atómicos, por lo tanto su estructura es Atómica (A).
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> $1+1=1$ ; $1+2=2$ ; $1+3=3$ ; $1+4=4$ $2+1=2$ ; $2+2=2$ ; $2+3=3$ ; $2+4=4$ $3+1=3$ ; $3+2=3$ ; $3+3=3$ ; $3+4=4$ $4+1=4$ ; $4+2=4$ ; $4+3=4$ ; $4+4=4$	Las <i>UIs</i> son elementos atómicos, por lo tanto el valor para <i>Aggregation Level</i> es 1
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor

2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U  El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>	$Lom/LifeCycle/Status/text() (U_{I1} \circ U_{I2}) = \maximo(Status_{U_{I1}}, Status_{U_{I2}})$
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor

3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño del ELO en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	$Lom/Technical/Size/text() (U_{I_1} \circ U_{I_2}) = sum(Size_{U_{I_1}}, Size_{U_{I_2}})$
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para el ELO, la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para cada uno de los ELOs	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder al ELO creado	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar éste ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor

4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta el ELO a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de cada UI. $Lom/Technical/Duration/text()$ $ _{(U_{I_1} \circ U_{I_2})} =$ $sum(Duration_{U_{I_1}}, Duration_{U_{I_2}})$
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-
5.1	Interactivity type	<p>El tipo de interactividad soportada por el ELO. El nivel de interactividad del ELO generado depende del nivel de interactividad que posean cada uno de los ELOs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  <math>A+A=A</math>; <math>A+E=A</math>; <math>A+M=M</math>  <math>E+A=A</math>; <math>E+E=E</math>; <math>E+M=M</math>  <math>M+A=M</math>; <math>M+E=M</math>; <math>M+M=M</math>  Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar dos ELOs es posible calcular el tipo de interactividad soportada por el ELO resultante, a partir de su máximo</p>	$Lom/Educational/InteractivityType/text()$ $ _{(U_{I_1} \circ U_{I_2})} =$ $maximo(InteractivityType_{U_{I_1}}, InteractivityType_{U_{I_2}})$



5.2	Learning Resource Type	Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment	Generado por el profesor
5.3	Interactivity level	<p>Nivel de interactividad entre l usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOS) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UI resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/InteractivityLevel/text() (U_{I_1} \circ U_{I_2}) = \max(InteractivityLevel_{U_{I_1}}, InteractivityLevel_{U_{I_2}})$

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UI resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $\frac{Lom/Educational/SemanticDensity/text()}{ (UI_1 \circ UI_2) } = \max(\text{SemanticDensity}_{UI_1}, \text{SemanticDensity}_{UI_2})$
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOS) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la <i>UI</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Difficulty/text() \mid_{(UI_1 \circ UI_2)} = \maximo(Difficulty_{UI_1}, Difficulty_{UI_2})$
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con el ELO.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa el ELO.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
7	Relation	Características del ELO en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre el ELO que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor

7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción del ELO.	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de los ELOs e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de los ELOs, relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 6.1: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de información (UIs)

La tabla 6.2 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje de una UI con una UC.

## Meta-datos resultantes del ensamblaje de una Unidad de Información (UI) y una Unidad de Contenido (UC)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Valor de los meta-datos resultantes de ensamblar una UI y una UC
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen una UI y una UC, por lo tanto el identificador correspondiente es UC.
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada ELO.	$Lom/General/Title/text() (UI_1 \circ UI_2) = concat(Title_{UI}, Title_{UC})$
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la UC.
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la UC creada.
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la UC creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.: contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>En el caso de ensamblaje de una <i>UI</i> (cuya estructura se considera atómica) con una <i>UC</i>, la estructura de la <i>UC</i> resultante puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>C</math> (collection) = <math>C</math> (collection)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>L</math> (linear) = <math>L</math> (linear)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>H</math> (hierarchical) = <math>H</math> (hierarchical)</li> <li>▪ <math>A</math> (atomic) + <math>N</math> (networked) = <math>N</math> (networked)</li> </ul> <p>Es decir, que en el ensamblaje de una <i>UI</i> con una <i>UC</i>, prevalece la estructura que tenga la <i>UC</i>.</p>
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).  <math>1+1=1</math>; <math>1+2=2</math>; <math>1+3=3</math>; <math>1+4=4</math>  <math>2+1=2</math>; <math>2+2=2</math>; <math>2+3=3</math>; <math>2+4=4</math>  <math>3+1=3</math>; <math>3+2=3</math>; <math>3+3=3</math>; <math>3+4=4</math>  <math>4+1=4</math>; <math>4+2=4</math>; <math>4+3=4</math>; <math>4+4=4</math></p>	<p>Las <i>UIs</i> son elementos atómicos, por lo tanto el valor para <i>Aggregation Level</i> es 1, pero las <i>UCs</i> pueden tener un valor para el nivel de agregación 2, 3 o 4. Por lo tanto, el valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UC</i> resultante de ensamblar una <i>UI</i> con una <i>UC</i>, será el valor del <i>Aggregation Level</i> que posea la <i>UC</i>.</p>
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor

2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U  El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>	$Lom/LifeCycle/Status/text() \Big _{(UI \circ UC)} = \maximo(Status_{UI}, Status_{UC})$
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor

3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: Creator, Validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño del ELO en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	$Lom/Technical/Size/text() (UIoUC) = sum(Size_{UI}, Size_{UC})$
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para el ELO, la primera de la lista será la de preferencia.	Generado por el profesor. Denota localizaciones alternativas para la UC creada
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder al ELO creado	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar éste ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor



4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta el ELO a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de la <i>UI</i> y la <i>UC</i> respectivamente. $Lom/Technical/Duration/text() _{(UI \circ UC)} = sum(Duration_{UI}, Duration_{UC})$
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-
5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por el ELO. El nivel de interactividad del ELO generado depende del nivel de interactividad que posean cada uno de los ELOs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, video, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M</p> <p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>Expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>Mixed (M)</i> = 3</li> </ul>	Al combinar una <i>UI</i> con una <i>UC</i> , es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UC</i> resultante, a partir de su máximo $Lom/Educational/InteractivityType/text() _{(UI \circ UC)} = maximo(InteractivityType_{UI}, InteractivityType_{UC})$
5.2	Learning Resource Type	Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment	Generado por el profesor

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UC resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:  <math>Lom/Educational/InteractivityLevel/text() _{(UI \circ UC)} = \max(InteractivityLevel_{UI}, InteractivityLevel_{UC})</math></p>
-----	---------------------	---	--

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UC resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Semanticdensity/text() (UIoUC) = \maximo(SemanticDensity_{UI}, SemanticDensity_{UC})$
5.5	Intended End User Role	<p>Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.6	Context	<p>El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other</p>	<p>Generado por el profesor</p>
5.7	Typical Age Range	<p>Edad típica de los usuarios.</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOS) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la UC resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $\frac{Lom/Educational/Difficulty/text()}{\max(Difficulty_{UI}, Difficulty_{UC})} =$
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con el ELO.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa el ELO.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los diferentes caminos de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> . En el ELO resultante de un proceso de ensamblaje, los requisitos se obtienen a partir de la unión de los requisitos pertenecientes a cada uno de los ELOs que se están ensamblando, menos las competencias del ELO al que se le quiere ensamblar el otro.	En el caso del ensamblaje de una UI con una UC, el valor para este meta-dato en la UC resultante es el valor que tenga la UC original, pues las UIs no tiene definidas competencias, (carecen de conocimiento asociado).

5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente. Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”.	-
5.13.1	Competency	En el proceso de ensamblaje, las competencias del ELO resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de los ELOs que se está ensamblando	Dado que las <i>UIs</i> carecen de conocimiento asociado (es decir que no poseen requisitos ni competencias), el valor de las competencias para la <i>UC</i> resultante será el valor que tenga ese meta-dato en la <i>UC</i> original. El profesor también puede añadir nuevas competencias para la <i>UC</i> generada.
5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados en el ensamblaje del nuevo ELO.	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de la <i>UI</i> y la <i>UC</i> , respectivamente
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso del ELO.	Generados por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UC</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UC</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único de la <i>UC</i> .	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UC</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UC</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor

9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la UC, relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 6.2: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de información (UI) y una unidad de contenido (UC)

La tabla 6.3 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos UCs.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades de Contenido (UCs)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Valor de los meta-datos resultantes de ensamblar dos UCs
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen dos UCs, por lo tanto el identificador correspondiente es UD.
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a cada UI.	$Lom/General/Title/text() (UC_1 \circ UC_2) = concat(Title_{UC_1}, Title_{UC_2})$

1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UD</i>
1.4	Description	Describe el contenido de los ELOs.	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.: contexto histórico).	Generado por el profesor
1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>C+A=C</math>  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>;  <math>H+N=H</math>; <math>H+A=H</math>  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;  <math>N+A=N</math>  <math>A+C=C</math>; <math>A+L=L</math>; <math>A+H=H</math>; <math>A+N=N</math>;  <math>A+A=A</math>  <b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>La estructura de la UD resultante depende de la estructura de las UCs ensambladas, por lo tanto puede ser:  <math>C+C=C</math>; <math>C+L=L</math>; <math>C+H=H</math>; <math>C+N=N</math>;  <math>L+C=L</math>; <math>L+L=L</math>; <math>L+H=H</math>; <math>L+N=L</math>;  <math>L+C=L</math>;  <math>H+C=H</math>; <math>H+L=H</math>; <math>H+H=H</math>; <math>H+N=H</math>;  <math>N+C=N</math>; <math>N+L=L</math>; <math>N+H=H</math>; <math>N+N=N</math>;</p>

1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> <p>1+1=1; 1+2=2; 1+3=3; 1+4=4  2+1=2; 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+1=3; 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+1=4; 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p>	<p>El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan las <i>UCs</i> ensambladas para este meta-dato:</p> <p>2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p> <p>Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor:</p> $\text{Lom/General/AggregationLevel/text()}_{(UC_1 \circ UC_2)} = \text{maximo}(AggregationLevel_{UC_1}, AggregationLevel_{UC_2})$
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor
2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:</p> <p>D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p> <p>El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>	$\text{Lom/LifeCycle/Status/text()}_{(UC_1 \circ UC_2)} = \text{maximo}(Status_{UC_1}, Status_{UC_2})$
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor



2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: Creator, Validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos de la UD.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la UD en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	$Lom/Technical/Size/text() (UC_1 \circ UC_2) = sum(Size_{UC_1}, Size_{UC_2})$

4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la <i>UD</i> , la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para usar éste ELO. Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de cada <i>UC</i> $Lom/Technical/Duration/text() \mid_{(UC_1 \circ UC_2)} = sum(Duration_{UC_1}, Duration_{UC_2})$
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-

5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean cada una de las <i>UCs</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M</p> <p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>Expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>Mixed (M)</i> = 3</li> </ul> <p>Al combinar dos <i>UCs</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo</p>	$Lom/Educational/Interactivitytype/text() _{(UC_1 \circ UC_2)} = \maximo(InteractivityType_{UC_1}, InteractivityType_{UC_2})$
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	Generado por el profesor

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high (H)</i>, por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low (L)</i> por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low (L)</i>, por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high (H)</i> o <i>medium (M)</i> por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Interactivitylevel/text() (UC_1 \circ UC_2) = \max(InteractivityLevel_{UC_1}, InteractivityLevel_{UC_2})$
-----	---------------------	---	---

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $\frac{Lom/Educational/SemanticDensity/text() (UC_1 \circ UC_2)}{\max(SemanticDensity_{UC_1}, SemanticDensity_{UC_2})}$
5.5	Intended End User Role	Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager	Generado por el profesor
5.6	Context	El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other	Generado por el profesor
5.7	Typical Age Range	Edad típica de los usuarios.	Generado por el profesor

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Difficulty/text() \mid_{(UC_1 \circ UC_2)} = \max(Difficulty_{UC_1}, Difficulty_{UC_2})$
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la UD.	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se usa la UD.	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> . En el ELO resultante de un proceso de ensamblaje, los requisitos se obtienen a partir de la unión de los requisitos pertenecientes a cada uno de los ELOs que se están ensamblando menos las competencias del ELO al que se le quiere ensamblar el otro.	<p>Por lo tanto los requisitos para la UD generada serán:</p> $Lom/Educational/Requirements/Requirement/text() \mid_{(UC_1 \circ UC_2)} = [sum(Requirements_{UC_1}, Requirements_{UC_2}) - (Rompeticencias_{UC_1})]$
5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-

5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”.	En el proceso de ensamblaje, las competencias de la <i>UD</i> resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de las <i>UCS</i> que se está ensamblando $Lom/Educational/Competencies/Competency/text() _{(UC_1 \circ UC_2)} = sum(Competencies_{UC_1}, Competencies_{UC_2})$
5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran las <i>UCs</i> utilizadas en la generación de la <i>UD</i>	Contiene la dirección (URL) de las <i>UCs</i> utilizadas en el proceso de ensamblaje
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de las <i>UCs</i> ensambladas
6	Rights	Condiciones de uso del ELO.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la <i>UD</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor
7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor

9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la UD, relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 6.3: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades de contenido (UCs)

La tabla 6.4 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje entre una UC y una UD.

### Meta-datos resultantes del ensamblaje de una Unidad de Contenido (UC) y una Unidad Didáctica (UD)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Valor de los meta-datos resultantes de ensamblar una UC y una UD
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se unen una UC y una UD, por lo tanto el identificador correspondiente es UD.
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes a la UC y la UD.	$Lom/General/Title/text() _{(UC \circ UD)} = concat(Title_{UC}, Title_{UD})$
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la UD



1.4	Description	Describe el contenido de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej.: contexto histórico).	Generado por el profesor
1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  C+A=C  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H;  H+N=H; H+A=H  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;  N+A=N  A+C=C; A+L=L; A+H=H; A+N=N;  A+A=A</p> <p><b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>La estructura de la <i>UD</i> resultante depende de la estructura de la <i>UC</i> y de la <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto puede ser:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H; H+N=H;  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;</p>

1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> <p>1+1=1; 1+2=2; 1+3=3; 1+4=4  2+1=2; 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+1=3; 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+1=4; 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p>	<p>El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan para este meta-dato la <i>UC</i> y la <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto, su valor puede ser:</p> <p>2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p> <p>Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor:</p> $Lom/General/AggregationLevel/text()_{(UC \circ UD)} = \maximo(AggregationLevel_{UC}, AggregationLevel_{UD})$
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor
2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:</p> <p>D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p> <p>El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>	<p>El valor de la condición editorial de la UD resultante se obtiene a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/LifeCycle/Status/text()_{(UC \circ UD)} = \maximo(Status_{UC}, Status_{UD})$
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor

2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor
3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: creator, validator.	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Schema	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la UD en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	$Lom/Technical/Size/text() _{(UC \circ UD)} = sum(Size_{UC}, Size_{UD})$

4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la <i>UD</i> , la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para utilizar la <i>UD</i> . Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor
4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de la <i>UC</i> y la <i>UD</i> . $Lom/Technical/Duration/text() _{(UC \circ UD)} = sum(Duration_{UC}, Duration_{UD})$
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-

5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean tanto la <i>UC</i> como la <i>UD</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M</p> <p>Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i> = 3</li> </ul>	<p>Al combinar una <i>UC</i> y una <i>UD</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo:</p> $Lom/Educational/InteractivityType/text() _{(UC \circ UD)} = \max(InteractivityType_{UC}, InteractivityType_{UD})$
5.2	Learning Resource Type	<p>Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment</p>	<p>Generado por el profesor</p>

5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/InteractivityLevel/text() _{(UC \circ UD)} = \max(InteractivityLevel_{UC}, InteractivityLevel_{UD})$
-----	---------------------	---	--

5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/SemanticDensity/text() _{(UC \circ UD)} = \max(\text{SemanticDensity}_{UC}, \text{SemanticDensity}_{UD})$
5.5	Intended End User Role	Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager	Generado por el profesor
5.6	Context	El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other	Generado por el profesor
5.7	Typical Age Range	Edad típica de los usuarios.	Generado por el profesor

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Difficulty/text()_{(UC \circ UD)} = \max(Difficulty_{UC}, Difficulty_{UD})$
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se utiliza la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> . En el ELO resultante de un proceso de ensamblaje, los requisitos se obtienen a partir de la unión de los requisitos pertenecientes a cada uno de los ELOs que se están ensamblando menos las competencias del ELO al que se le quiere ensamblar el otro.	<p>Por lo tanto, los requisitos para a <i>UD</i> generada serán:</p> $Lom/Educational/Requirements/Requirement/text()_{(UC \circ UD)} = [sum(Requirements_{UC}, Requirements_{UD}) - (Competencias_{UC})]$



5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-
5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”	En el proceso de ensamblaje, las competencias de la UD resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de la UC más las competencias de la UD que se están ensamblando: $Lom/Educational/Competencies/Competency/text() _{(UC \circ UD)} = sum(Competencies_{UC}, Competencies_{UD})$
5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados para generar la UD.	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de la UC y la UD ensambladas
5.15	Objectives	se basan en las competencias, son descripciones de una acción(es) observable(s) con las que el estudiante puede mostrar o demostrar que ha aprendido.	-
5.15.1	Objective	una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”. El objetivo basado en esta competencia sería “ <i>los estudiantes deben construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”	Generado por el profesor
5.16	Summary	Representa un resumen de los aspectos más relevantes de la UD	Generado por el profesor
5.17	Evaluation	Representa los mecanismos de evaluación que serán aplicados para evaluar la UD creada	Generado por el profesor
5.18	Items	Describe la ubicación de los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje para generar la UD (representado mediante una URL) y además indica el tipo de ELO utilizado, sea UC o UD	
5.181	Item	-	Contiene las direcciones (URLs) correspondientes a los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje y el tipo de cada uno de ellos (UC o UD)
6	Rights	Condiciones de uso de la UD.	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la UD.	Generado por el profesor
7	Relation	Características de la UD en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor

7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: discipline, idea, prerequisite, educational objective, accessibility restrictions, educational level, skill level, security level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la <i>UD</i> , relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 6.4: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de una unidad de contenido (UC) y una unidad didáctica (UD)

La tabla 6.5 muestra los meta-datos resultantes del ensamblaje entre dos UDs.

## Meta-datos resultantes del ensamblaje de dos Unidades Didácticas (*UDs*)

Nr	Nombre	Significado del meta-dato y criterio aplicado	Valor de los meta-datos resultantes de ensamblar dos <i>UDs</i>
1	General	información que describe el ELO como un todo	
1.1	Identifier	Etiqueta única para el ELO. Es decir, el que corresponda al nuevo ELO creado, dependiendo de la combinación correspondiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UI+UI=UC</li> <li>▪ UI+UC=UC</li> <li>▪ UC+UD=UD</li> <li>▪ UC+UC=UD</li> <li>▪ UD+UD=UD</li> </ul>	En este caso se dos <i>UD</i> , por lo tanto el identificador correspondiente es <i>UD</i> .
1.1.1	Catalog	El nombre o denominación del esquema de identificación o catalogación para esta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.1.2	Entry	El valor del identificador dentro del esquema de identificación o catalogación que designa o identifica este objeto educativo. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
1.2	Title	Nombre del ELO. Puede ser generado por el profesor o a partir del valor por defecto resultante de la concatenación de los nombres correspondientes de las <i>UD</i> .	$Lom/General/Title/text() _{(UD_1 \circ UD_2)} = concat(Title_{UD_1}, Title_{UD_2})$
1.3	Language	El lenguaje de los ELOs.	Generado por el profesor, quien selecciona el lenguaje de acuerdo a la audiencia a la que va dirigida la <i>UD</i>
1.4	Description	Describe el contenido de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor, debe ser una descripción que indique las características clave de la <i>UD</i> creada
1.5	Keyword	Contiene la descripción del recurso.	Generado por el profesor, quien selecciona las palabras clave que describen la <i>UD</i> creada.
1.6	Coverage	Características temporales/espaciales del contenido (ej., contexto histórico).	Generado por el profesor

1.7	Structure	<p>Describe la estructura organizacional del ELO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>atomic (A)</i>: Indivisible en ese contexto</li> <li>▪ <i>collection (C)</i>: Sin relación específica entre ellos</li> <li>▪ <i>linear (L)</i>: Completamente ordenados</li> <li>▪ <i>hierarchical (H)</i>: Relación representada en un árbol jerárquico</li> <li>▪ <i>networked (N)</i>: Relación no especificada</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden ensamblados pueden tener diferentes estructuras, las siguientes relaciones muestran las posibles combinaciones y los resultados de estas:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  C+A=C  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H;  H+N=H; H+A=H  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;  N+A=N  A+C=C; A+L=L; A+H=H; A+N=N;  A+A=A</p> <p><b>NOTA:</b> Para los elementos atómicos el <i>Aggregation Level</i> tiene valor 1 y para los elementos con las estructuras restantes el valor del <i>Aggregation Level</i> es 2,3 o 4.</p>	<p>La estructura de la <i>UD</i> resultante depende de la estructura de las <i>UDs</i> que se están ensamblando, por lo tanto puede ser:</p> <p>C+C=C; C+L=L; C+H=H; C+N=N;  L+C=L; L+L=L; L+H=H; L+N=L;  L+C=L  H+C=H; H+L=H; H+H=H; H+N=H;  N+C=N; N+L=L; N+H=H; N+N=N;</p>
1.8	Aggregation Level	<p>El tamaño funcional del ELO. Tiene un rango restringido desde el valor 1 (nivel de agregación más pequeño) al valor 4 (nivel de agregación superior).</p> <p>1+1=1; 1+2=2; 1+3=3; 1+4=4  2+1=2; 2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+1=3; 3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+1=4; 4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p>	<p>El valor para <i>Aggregation Level</i> de la <i>UD</i> resultante depende del valor que tengan para este meta-dato cada una de las <i>UD</i> que se están ensamblando, por lo tanto, su valor puede ser:</p> <p>2+2=2; 2+3=3; 2+4=4  3+2=3; 3+3=3; 3+4=4  4+2=4; 4+3=4; 4+4=4</p> <p>Y se obtiene a partir del cálculo del máximo valor:</p> $\text{lom/general/aggregationlevel/text()} = \max(\text{AggregationLevel}_{UD_1}, \text{AggregationLevel}_{UD_2})$
2	Life Cycle	Historia y estado actual del recurso.	-
2.1	Version	La edición del ELO.	Generado por el profesor

2.2	Status	<p>Condición editorial del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ draft (D)</li> <li>▪ final (F)</li> <li>▪ revised (R)</li> <li>▪ unavailable (U)</li> </ul> <p>Dado que cada ELO puede tener un valor diferentes de su condición editorial, para determinar la condición editorial del ELO generado se establecen las siguientes relaciones con sus resultados correspondientes:  D+D=D; D+F=F; D+R=R; D+U=D  F+D=D; F+F=F; F+R=F; F+U=F  R+D=R; R+F=R; R+R=R; R+U=R  U+D=D; U+F=F; U+R=R; U+U=U</p> <p>El valor de este meta-dato puede ser definido por el profesor, pero también es posible que sea generado a partir del cálculo del valor máximo. Esto es, si a cada condición editorial se le asigna un valor numérico, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ unavailable (U) = 0</li> <li>▪ draft (D) = 1</li> <li>▪ revised (R) = 2</li> <li>▪ final (F) = 3</li> </ul>	<p>El valor de la condición editorial de la UD resultante se calcula por:  <math>Lom/LifeCycle/Status/text() (UD_1 \circ UD_2)</math>  <math>= \text{maximo}(Status_{UD_1}, Status_{UD_2})</math></p>
2.3	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al recurso (incluye la creación, edición y publicación)	Generado por el profesor
2.3.1	Role	Tipo de contribución. Vocabulario: author, publisher, unknown, initiator, terminator, validator, editor, graphical designer, technical implementer, content provider, technical validator, educational validator, script writer, instructional designer	Generado por el profesor
2.3.2	Entity	Entidad o entidades involucradas la más relevante primero.	Generado por el profesor
2.3.3	Date	Fecha de la contribución	Generado por el profesor
3	Meta Metadata	Características de la descripción más que del recurso. Es una información que describe el ELO y no hace referencia a cómo identificar ésta instancia de meta-datos	Generado por el profesor
3.1	Identifier	Una etiqueta única para el meta-dato. Se utiliza para identificar la clase de ELO que se ha creado	Generado por el profesor

3.1.1	Catalog	Nombre del esquema de clasificación para esta entrada, un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de clasificación que designa o identifica ese registro de meta-dato. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
3.2	Contribute	Personas u organizaciones que contribuyen al meta-dato.	Generado por el profesor
3.2.1	Role	Clase de contribución. Vocabulario: <i>creator, validator</i> .	Generado por el profesor
3.2.2	Entity	Entidad o entidades involucradas, la más importante primero.	Generado por el profesor
3.2.3	Date	Fecha de contribución.	Generado por el profesor
3.3	Metadata Scheme	Nombre y versión del esquema de meta-datos utilizado para crear la instancia de meta-datos del ELO.	Generado por el profesor. El esquema de meta-datos utilizado para describir los ELOs es por defecto el esquema de meta-datos LOM (con las extensiones añadidas), los objetos de aprendizaje descritos con otro esquema de meta-datos serán traducidos al esquema de meta-datos ELO para poder ser almacenados en el almacén de ELOs perteneciente al entorno para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje "ELO-Tool".
3.4	Language	Lenguaje de la instancia del meta-dato.	Generado por el profesor
4	Technical	Características técnicas del objeto de aprendizaje.	-
4.1	Format	Tipos de datos técnicos del ELO.	Generado por el profesor
4.2	Size	El tamaño de la <i>UD</i> en octetos expresado como un valor decimal (en base 10). Solo se deben usar los dígitos 0 - 9; la unidad es el octeto no los bytes, MB o GB, etc.	$Lom/Technical/Size/text() (UD_1 \circ UD_2) = sum(Size_{UD_1}, Size_{UD_2})$
4.3	Location	Una ubicación (URL) o un método que resuelve la ubicación del ELO (URI). Si hay varias direcciones para la <i>UD</i> , la primera de la lista será la de preferencia. Denota localizaciones alternativas para la ubicación de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
4.4	Requirement	Requisitos necesarios para acceder a la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
4.4.1	OrComposite	Agrupamiento de múltiples requisitos. Como es un requisito compuesto se debe satisfacer al menos uno, por ello el conector lógico es OR.	Generado por el profesor
4.4.1.1	Type	Tecnología requerida para utilizar la <i>UD</i> . Vocabulario: <i>operating system, browser</i>	Generado por el profesor
4.4.1.2	Name	Nombre del elemento requerido. if Type='Operating System', then vocabulario: pc-dos, ms-windows, macos, unix, multi-os, none if Type='browser' then vocabulario: any, netscape communicator, ms-internet explorer, opera, amaya. Si hay otro tipo, entonces el vocabulario es abierto.	Generado por el profesor

4.4.1.3	Minimum Version	La versión mínima de la tecnología para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.4.1.4	Maximum Version	La versión más alta de la tecnología requerida para utilizar este ELO.	Generado por el profesor
4.5	Installation Remarks	Descripción de cómo debe instalarse el recurso.	Generado por el profesor
4.6	Other Platform Requirements	Información sobre otro software y hardware requeridos.	Generado por el profesor
4.7	Duration	Tiempo (en segundos) en el que se ejecuta la <i>UD</i> a una velocidad normal.	Puede ser generado por el profesor u obtenerse se la suma de las duraciones de las <i>UDs</i> . $Lom/Technical/Duration/text()$ $ _{(UD_1 \circ UD_2)} =$ $sum(Duration_{UD_1}, Duration_{UD_2})$
5	Educational	Características educativas o pedagógicas del ELO.	-
5.1	Interactivity Type	<p>El tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i>. El nivel de interactividad de la <i>UD</i> generada depende del nivel de interactividad que posean cada una de las <i>UDs</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i>: Activa, corresponde al tipo de aprendizaje <i>aprender haciendo</i>. Por ejemplo, simulaciones, cuestionarios, ejercicios</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i>: Expositiva, corresponde al tipo de aprendizaje <i>pasivo</i>. Por ejemplo, vídeo, gráfico, hipertexto</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i>: Combina los tipos de interactividad anteriores</li> </ul> <p>Dado que los ELOs pueden soportar distintos tipos de interactividad, sus combinaciones originan los siguientes resultados:  A+A=A; A+E=A; A+M=M  E+A=A; E+E=E; E+M=M  M+A=M; M+E=M; M+M=M  Si a cada valor del tipo de interactividad se le asigna un valor numérico por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>active (A)</i> = 1</li> <li>▪ <i>expositive (E)</i> = 2</li> <li>▪ <i>mixed (M)</i> = 3</li> </ul>	Al combinar dos <i>UD</i> es posible calcular el tipo de interactividad soportada por la <i>UD</i> resultante, a partir de su máximo: $Lom/Educational/Interactivitytype/text()$ $ _{(UD_1 \circ UD_2)} =$ $maximo(InteractivityType_{UD_1}, InteractivityType_{UD_2})$

5.2	Learning Resource Type	Especifica la clase de recurso, la clase más dominante primero. Vocabulario: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assesment	Generado por el profesor
5.3	Interactivity Level	<p>Nivel de interactividad entre el usuario final y los ELOs. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente nivel de interactividad el ELO resultante tendrá el nivel de interactividad del ELO con el mayor nivel de interactividad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p> <p><b>NOTA:</b> Los ELOs con valor de tipo de interactividad Active (A), pueden tener un nivel de interactividad <i>high</i> (H), por ejemplo, en el caso de simulaciones; o nivel de interactividad <i>low</i> (L) por ejemplo, texto. Y los ELOs con valor de tipo de interactividad expositive (E), pueden tener un nivel de interactividad <i>low</i> (L), por ejemplo, en el caso de texto lineal; o nivel de interactividad <i>high</i> (H) o <i>medium</i> (M) por ejemplo, hiperdocumentos.</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de interactividad, el valor del nivel de interactividad de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Interactivitylevel/text() (UD_1 \circ UD_2) = \maximo(InteractivityLevel_{UD_1}, InteractivityLevel_{UD_2})$



5.4	Semantic Density	<p>Grado de concreción de un objeto de aprendizaje, se puede estimar en función de su tamaño, ámbito (en el caso de los ELOs con características temporales como audio y vídeo) o duración. Es independiente del grado de dificultad del ELO. Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very low (VL) = 0</li> <li>▪ low (L) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ high (H) = 3</li> <li>▪ very high (VH) = 4</li> </ul> <p>Al combinar ELOs con diferente densidad semántica, el ELO resultante tendrá la densidad semántica del ELO con la mayor densidad semántica, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VL+VL=VL; VL+L=L; VL+M=M;  VL+H=H; VL+VH=VH  L+VL=L; L+L=L; L+M=M;  L+H=H; L+VH=VH  M+VL=M; M+L=M; M+M=M;  M+H=H; M+VH=VH  H+VL=H; H+L=H; H+M=H;  H+H=H; H+VH=VH  VH+VL=VH; VH+L=VH;  VH+M=VH; VH+H=VH;  VH+VH=VH</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de densidad semántica, el valor de la densidad semántica de la UD resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/SemanticDensity/text() (UD_1 \circ UD_2) = \max(SemanticDensity_{UD_1}, SemanticDensity_{UD_2})$
5.5	Intended End User Role	Usuario normal del ELO, el más dominante primero. Vocabulario: teacher, author, learner, manager	Generado por el profesor
5.6	Context	El entorno típico de aprendizaje donde tiene lugar el uso del ELO. Vocabulario: school, higher education, training, other	Generado por el profesor
5.7	Typical Age Range	Edad típica de los usuarios.	Generado por el profesor

5.8	Difficulty	<p>Cómo de difícil es trabajar a través de los ELOs para la audiencia seleccionada. El valor del nivel de dificultad puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ very easy (VE) = 0</li> <li>▪ easy (E) = 1</li> <li>▪ medium (M) = 2</li> <li>▪ difficult (D) = 3</li> <li>▪ very difficult (VD) = 4</li> </ul> <p>Los ELOs pueden tener diferente grado de dificultad, así las relaciones (por pares de ELOs) serán las siguientes:  VE+VE=VE; VE+E=E; VE+M=M;  VE+D=M; VE+VD=M  E+VE=VE; E+E=E; E+M=M;  E+D=M; E+VD=VD  M+VE=M; M+E=M; M+M=M;  M+D=D; M+VD=VD  D+VE=M; D+E=D; D+M=D;  D+D=D; D+VD=VD  VD+VE=VD; VD+E=VD;  VD+M=VD; VD+D=VD;  VD+VD=VD</p>	<p>Teniendo en cuenta el valor numérico asignado a cada nivel de dificultad, el valor del nivel de dificultad de la <i>UD</i> resultante, se puede obtener a partir del cálculo del valor máximo:</p> $Lom/Educational/Difficulty/text()_{(UD_1 \circ UD_2)} = \max(Difficulty_{UD_1}, Difficulty_{UD_2})$
5.9	Typical Learning Time	Tiempo típico o aproximado que toma trabajar con la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.10	Description	Comentarios sobre cómo se utiliza la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
5.11	Language	Lenguaje natural del destinatario.	Generado por el profesor
5.12	Requirements	condición o capacidad que el que el estudiante pueda alcanzar el objetivo de aprendizaje definido para la unidad didáctica particular. La descripción clara de los requisitos es una herramienta útil en la definición de los trayectorias de aprendizaje.	Generado por el profesor
5.12.1	Requirement	Los requisitos se definen utilizando sentencias afirmativas, que comienzan con frases como “ <i>tener conocimientos en ...</i> ”. Por ejemplo, en el contexto de un curso sobre <i>DHTML</i> los requisitos serían: <i>tener conocimientos básicos sobre WWW, construcción de páginas Web, CSS y JavaScript</i> . En el ELO resultante de un proceso de ensamblaje, los requisitos se obtienen a partir de la unión de los requisitos pertenecientes a cada uno de los ELOs que se están ensamblando menos las competencias del ELO al que se le quiere ensamblar el otro.	<p>Por lo tanto, los requisitos para a <i>UD</i> generada serán:</p> $Lom/Educational/Requirements/Requirement/text()_{(UD \circ UD)} = [sum(Requirements_{UD}, Requirements_{UD}) - (Competencies_{UD})]$

5.13	Competencies	Representan un área en la cual el estudiante es capaz de desenvolverse satisfactoriamente.	-
5.13.1	Competency	Una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”	En el proceso de ensamblaje, las competencias de la <i>UD</i> resultante serán las obtenidas mediante la unión de las competencias de la <i>UC</i> más las competencias de la <i>UD</i> que se están ensamblando: $Lom/Educational/Competencies/Competency/text() _{(UD_1 \circ UD_2)} = sum(Competencies_{UD_1}, Competencies_{UD_2})$
5.14	Files	Denota composición e indica el lugar físico en el que se encuentran los ELOs utilizados para generar la <i>UD</i> .	-
5.14.1	File	Contiene la dirección (URL) de los ELOs utilizados en el proceso de ensamblaje	Las URLs de las <i>UDs</i> ensambladas
5.15	Objectives	se basan en las competencias, son descripciones de una acción(es) observable(s) con las que el estudiante puede mostrar o demostrar que ha aprendido.	-
5.15.1	Objective	una competencia puede ser “ <i>construir una página Web utilizando Dream-Weaver</i> ”. El objetivo basado en esta competencia sería “ <i>los estudiantes deben construir una página Web utilizando DreamWeaver</i> ”	Generado por el profesor
5.16	Summary	Representa un resumen de los aspectos más relevantes de la <i>UD</i>	Generado por el profesor
5.17	Evaluation	Representa los mecanismos de evaluación que serán aplicados para evaluar la <i>UD</i> creada	Generado por el profesor
5.18	Items	Describe la ubicación de los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje para generar la <i>UD</i> (representado mediante una URL) y además indica el tipo de ELO utilizado, sea <i>UC</i> o <i>UD</i>	
5.18.1	Item	-	Contiene las direcciones (URLs) correspondientes a los ELOs que se han utilizado en el proceso de ensamblaje y el tipo de cada uno de ellos ( <i>UC</i> o <i>UD</i> ). En este caso de las direcciones de las <i>UDs</i> y el tipo que es <i>UD</i>
6	Rights	Condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
6.1	Cost	Si el uso del ELO requiere pago. Vocabulario: yes, no	Generado por el profesor
6.2	Copyright And Other Restrictions	Especificar si se aplican las condiciones de derecho de copia u otras restricciones. Vocabulario: yes, no Si un ELO de los que se va a ensamblar tiene restricciones y el otro no, el creador debe decidir si mantiene las restricciones o pone unas nuevas o simplemente las elimina	Generado por el profesor
6.3	Description	Comentarios sobre las condiciones de uso de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
7	Delation	Características de la <i>UD</i> en relación con otros ELOs.	Generado por el profesor

7.1	Type	Naturaleza de la relación entre la <i>UD</i> que se está describiendo y el ELO identificado por (7.2). Lista del vocabulario de Dublin Core: is part of, has part, is version of, has version, is format of, has format, references, is referenced by, is based on, is basis for, requires, is required by	Generado por el profesor
7.2	Resource	ELO al que se refiere ésta relación.	Generado por el profesor
7.2.1	Identifier	Identificador único del ELO.	Generado por el profesor
7.2.1.1	Catalog	Nombre del esquema de catalogación para ésta entrada. Un esquema de espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.1.2	Entry	Valor del identificador dentro del esquema de identificación. Una cadena específica de un espacio de nombres.	Generado por el profesor
7.2.2	Description	Descripción de la <i>UD</i> .	Generado por el profesor
8	Annotation	Comentarios sobre el uso educativo de la <i>UD</i> e información sobre quién y cuándo se creó el comentario.	Generado por el profesor
8.1	Entity	Entidad (persona u organización) que creó ésta anotación.	Generado por el profesor
8.2	Date	Fecha en la que se hicieron las anotaciones.	Generado por el profesor
8.3	Description	El contenido de la anotación.	Generado por el profesor
9	Classification	Descripción de dónde se sitúa el ELO dentro de un sistema de clasificación concreto.	Generado por el profesor
9.1	Purpose	El propósito de clasificar el ELO. Vocabulario: Discipline, Idea, Prerequisite, Educational Objective, Accessibility Restrictions, Educational Level, Skill Level, Security Level, competency	Generado por el profesor
9.2	Taxon Path	Una ruta taxonómica dentro de un sistema de clasificación específico.	Generado por el profesor
9.2.1	Source	Nombre del sistema de clasificación.	Generado por el profesor
9.2.2	Taxon	Un término concreto dentro de una taxonomía.	Generado por el profesor
9.2.2.1	Id	Identificador del Taxon en un sistema taxonómico.	Generado por el profesor
9.2.2.2	Entry	Nombre o etiqueta textual del Taxon (de otra manera que el identificador)	Generado por el profesor
9.3	Description	Una descripción textual del ELO relativa a su propósito establecido (según 9.2).	Generado por el profesor
9.4	Keywords	Contiene palabras clave de la descripción de la <i>UD</i> , relativas a su propósito establecido.	Generado por el profesor

Tabla 6.5: Valor de los meta-datos resultantes del ensamblaje de dos unidades didácticas (UDs)

# APÉNDICE B

## Implementación de ELO-Tool

La herramienta ELO-Tool está concebida como un sistema Web de ayuda a la generación, ensamblaje y reutilización de ELOs (*Electronic Learning Objects*). En particular, el software aquí descrito, es un prototipo de ELO-tool.

### Casos de uso

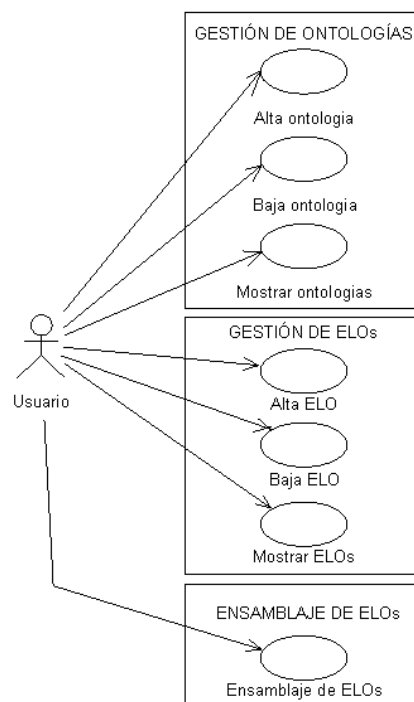


Figura 6.1: Casos de Uso

El prototipo está organizado en tres módulos: gestión de ontologías, gestión de ELOs y ensamblaje de ELOs, tal y como indica la figura 6.1. A continuación, describiremos los casos de uso mediante diagramas de actividades.

## Diagramas de actividades

Debido a la sencillez de las operaciones, solo se proporciona diagramas de actividades para las actividades de: alta de ontología, alta de ELO y ensamblaje de ELOs.

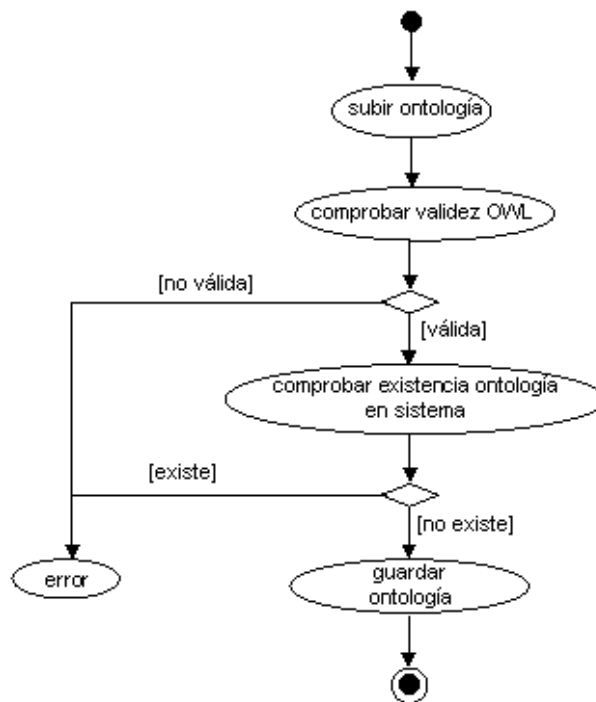


Figura 6.2: Alta Ontologías

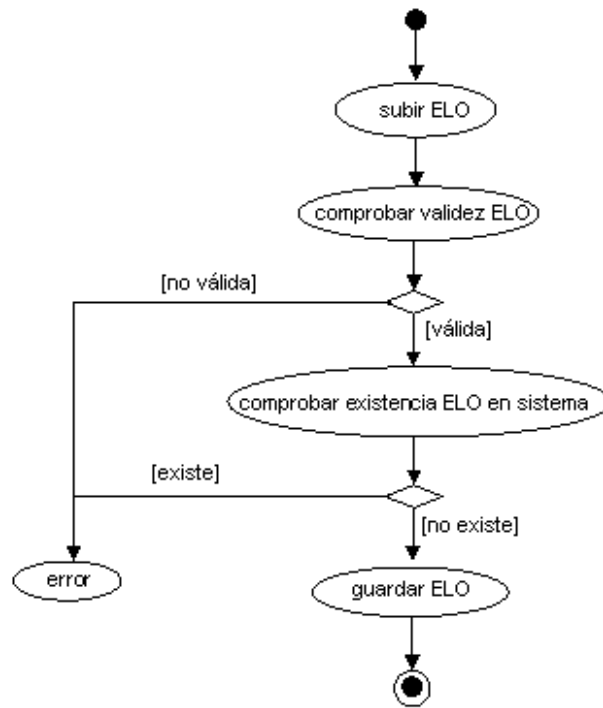


Figura 6.3: Alta ELO

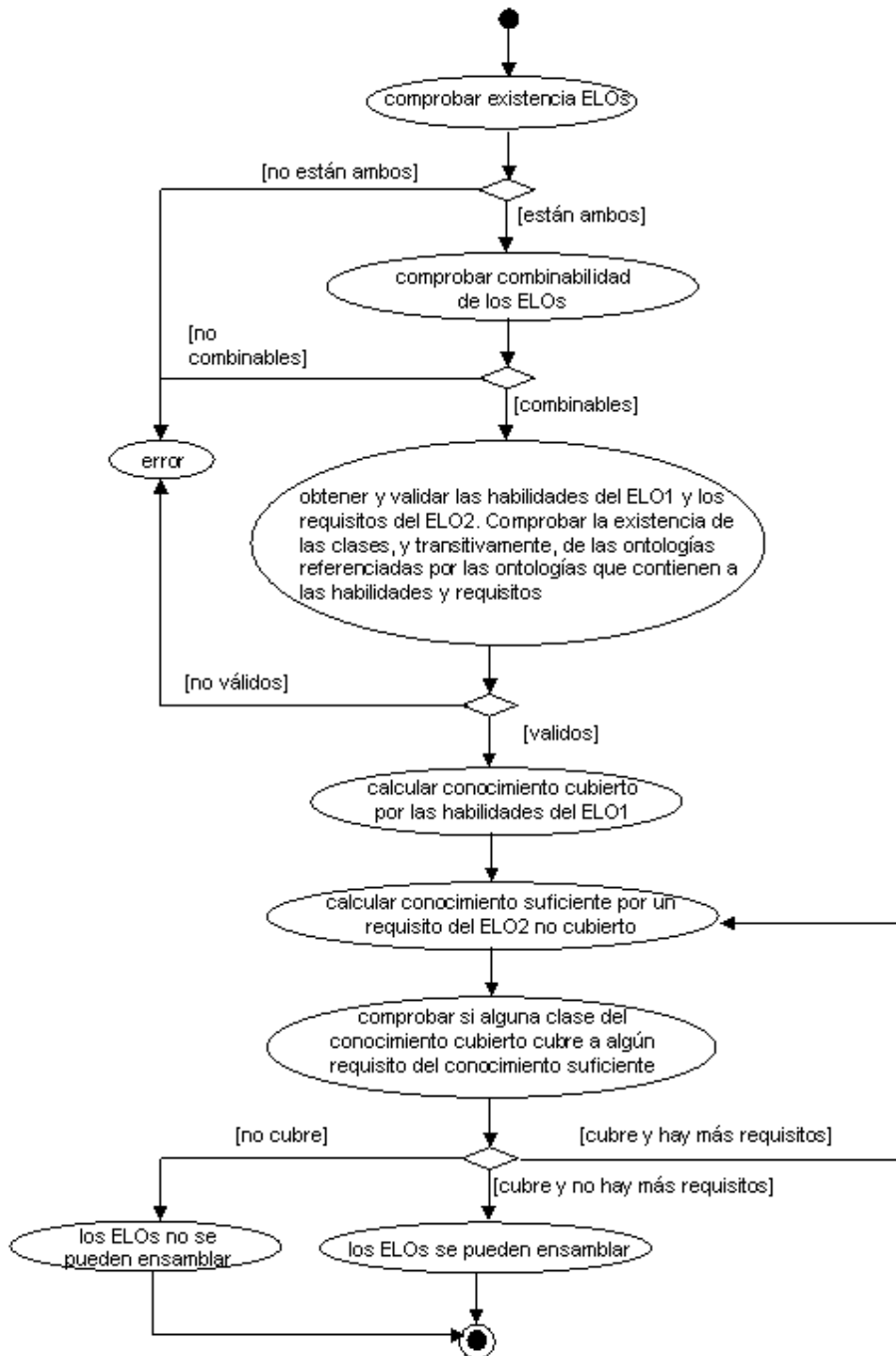


Figura 6.4: Ensamblaje ELOs



## Diagramas de clases y base de datos

La implementación de la aplicación está basada en la arquitectura MVC (modelo vista controlador), y en particular en el soporte proporcionado por *Struts*. Por lo tanto, se presta especial atención a las clases que especializan a la clase `org.apache.struts.action.Action`. Como hay una especialización de esta clase para cada caso de uso, únicamente se muestra la especialización encargada de procesar el ensamblaje de dos ELOs.

En cuanto a la base de datos, esta tiene un esquema extremadamente sencillo. Su función es gestionar la asignación de identificadores para los archivos donde se guardan las ontologías y los ELOs, así como el acceso a los mismos en el entorno concurrente de la Web. Por lo tanto, no hay relaciones entre las entidades de la base de datos.

En una primera aproximación se pensó en representar en formato relacional las ontologías, sus clases, así como las relaciones de herencia o equivalencia entre sus clases. También se pensó en incluir entidades que representasen las competencias y los requisitos de los ELOs. Finalmente, se deshecho esta idea ya que forzaba a una sincronización excesiva entre las ontologías del sistema (que frecuentemente están interrelacionadas) y los ELOs. Esta decisión conlleva el cálculo de los cierres transitivos de las clases de las ontologías por las relaciones de especialización y equivalencia, pero permite una mayor flexibilidad en el uso del sistema. Nótese que incluso en este caso, no se distinguía entre diversos tipos de ELOs, porque desde el punto de vista de la componibilidad solo conlleva la existencia o no de requisitos y/o competencias.



Figura 6.5: Diagrama Entidad Relación de la Base de Datos

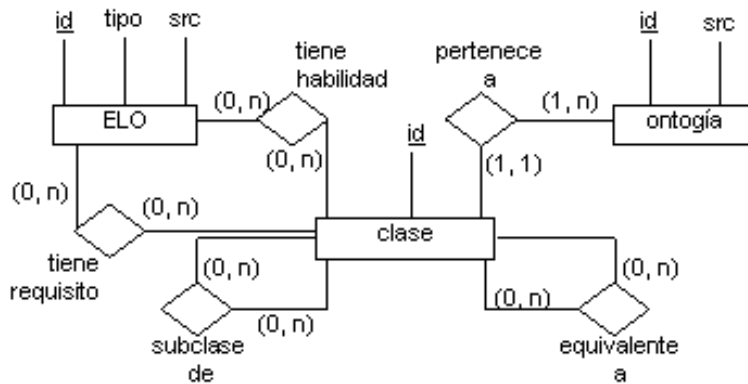


Figura 6.6: Diagrama Entidad Relación tentativo de la Base de Datos

### Diagrama de clases para la *Action EnsamblajeELOs*

El diagrama de clases para la *Action EnsamblajeELOs* se muestra en la figura 6.7.

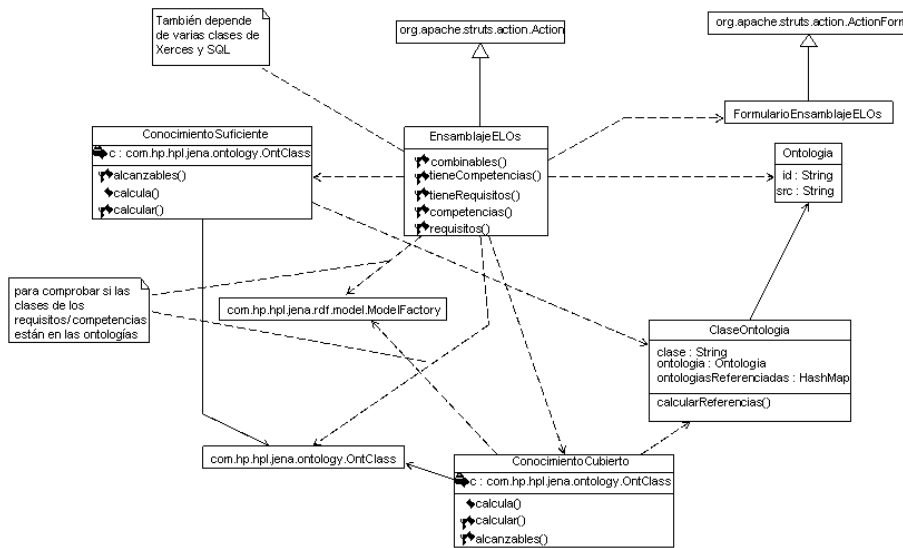


Figura 6.7: Diagrama de clases para la *Action EnsamblajeELOs*

La clase *EnsamblajeELOs* es responsable de comprobar si los ELOs se pueden ensamblar o no. En particular:

- Comprueba la existencia de los ELOs.

- Comprueba la componibilidad de los ELOs.
- Obtiene y valida las competencias del  $ELO_1$  y los requisitos del  $ELO_2$ : comprueba la existencia de las clases y transitivamente, de las ontologías referenciadas por las ontologías que contienen a las competencias y los requisitos.
- Delega en instancias de *ConocimientoCubierto* y *ConocimientoSuficiente* para calcular el conocimiento cubierto por las competencias y el conocimiento suficiente de los requisitos.
- Comprueba si alguna clase del conocimiento cubierto cubre a algún requisito del conocimiento suficiente.

La clase *Ontologia*, simplemente encapsula el *id/namespace* y la *src* de una ontología. La clase *ClaseOntologia*, es la responsable de calcular las ontologías referenciadas por una clase dada. La clase *ConocimientoCubierto*, es la responsable de calcular el conocimiento cubierto por una clase:

- *calcula()* es la operación visible desde el exterior. Da el primer paso para la ontología a la que pertenece la clase. A partir de allí, empieza a hacer el cierre transitivo por las relaciones *subclaseDe* y *equivalenteA* utilizando la operación *calcular()*.
- *Jena* proporciona todas las subclases (directas o no) de una clase. Como solo proporciona las clases equivalentes directas a una clase, es necesario utilizar la operación *alcanzables()* para hacer el cierre transitivo de la relación *equivalenteA*.

La clase *ConocimientoSuficiente* es la responsable de calcular el conocimiento suficiente por una clase:

- *calcula()* es la operación visible desde el exterior. Da el primer paso para la ontología a la que pertenece la clase. A partir de allí, empieza a hacer el cierre transitivo por las relaciones *superclaseDe* y *equivalenteA* utilizando la operación *calcular()*.
- *Jena* proporciona todas las *superClases* (directas o no) de una clase. Como solo proporciona las clases equivalentes directas a una clase es necesario utilizar la operación *alcanzables()* para hacer el cierre transitivo de la relación *equivalenteA*.

La clase *ConocimientoSuficiente* es necesaria en situaciones como la siguiente (figura 6.8), donde *ordenadores* es una competencia, e *Internet* un requisito. Sin embargo, siendo *ordenadores* una competencia e *Internet* un requisito, no lo cubriría, como debe ser (en la ontología de comparación, no lo cubre).

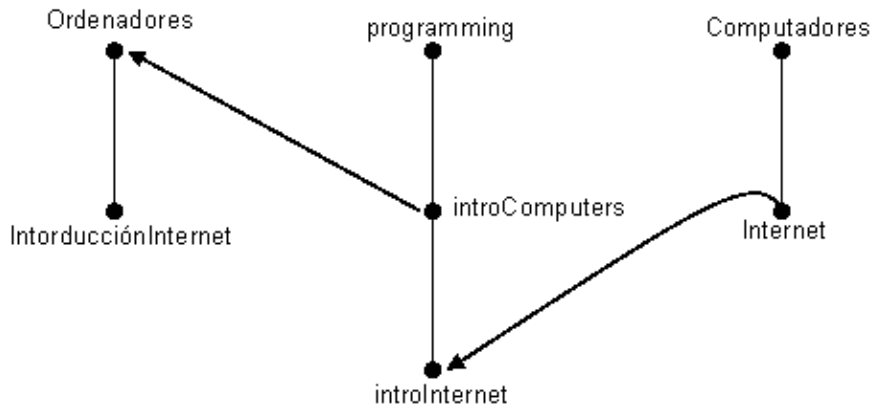


Figura 6.8: Conocimiento Suficiente

A continuación se proporciona el diagrama de interacción para la actividad más compleja del sistema, el ensamblaje de ELOs.

## Diagramas de interacción

A continuación se proporciona el diagrama de interacción para el ensamblaje de ELOs. En particular, el mismo se descompone en el ensamblaje de los ELOs, el cálculo de los requisitos/competencias (elementos) de un ELO, y el cálculo del conocimiento cubierto por un ELO.

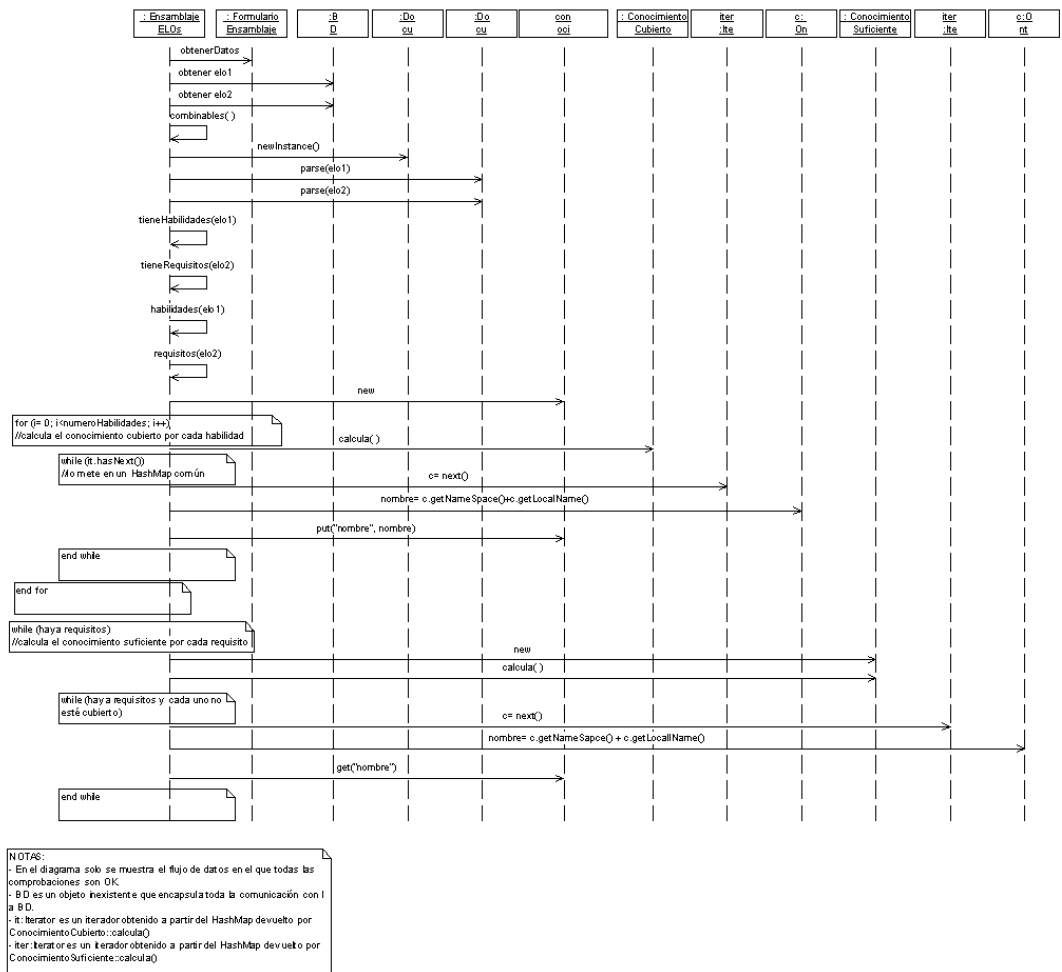


Figura 6.9: EnsamblajeELOs::execute

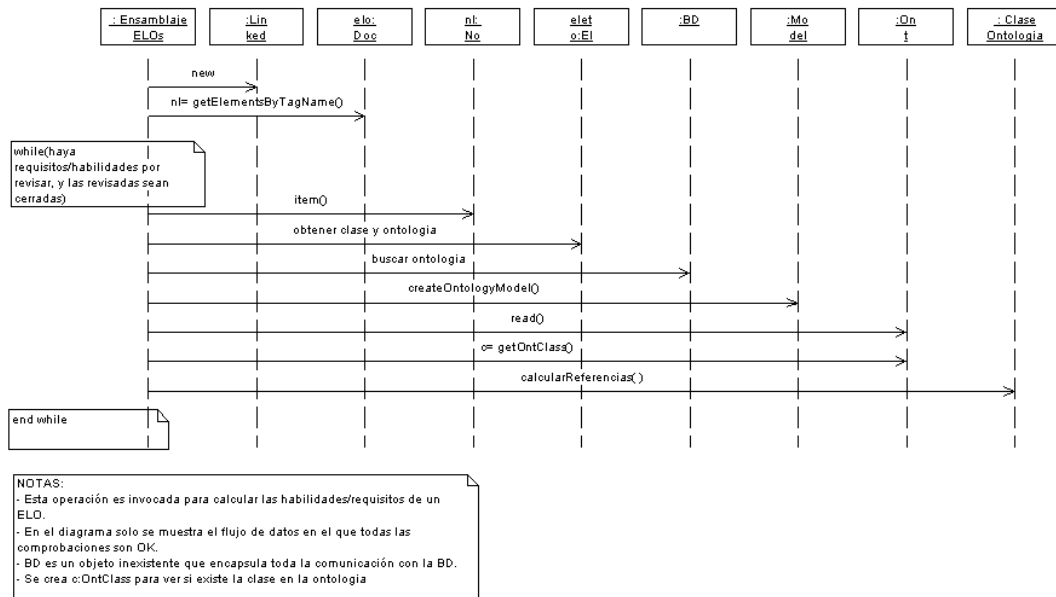


Figura 6.10: EnsamblajeELOs::elementos

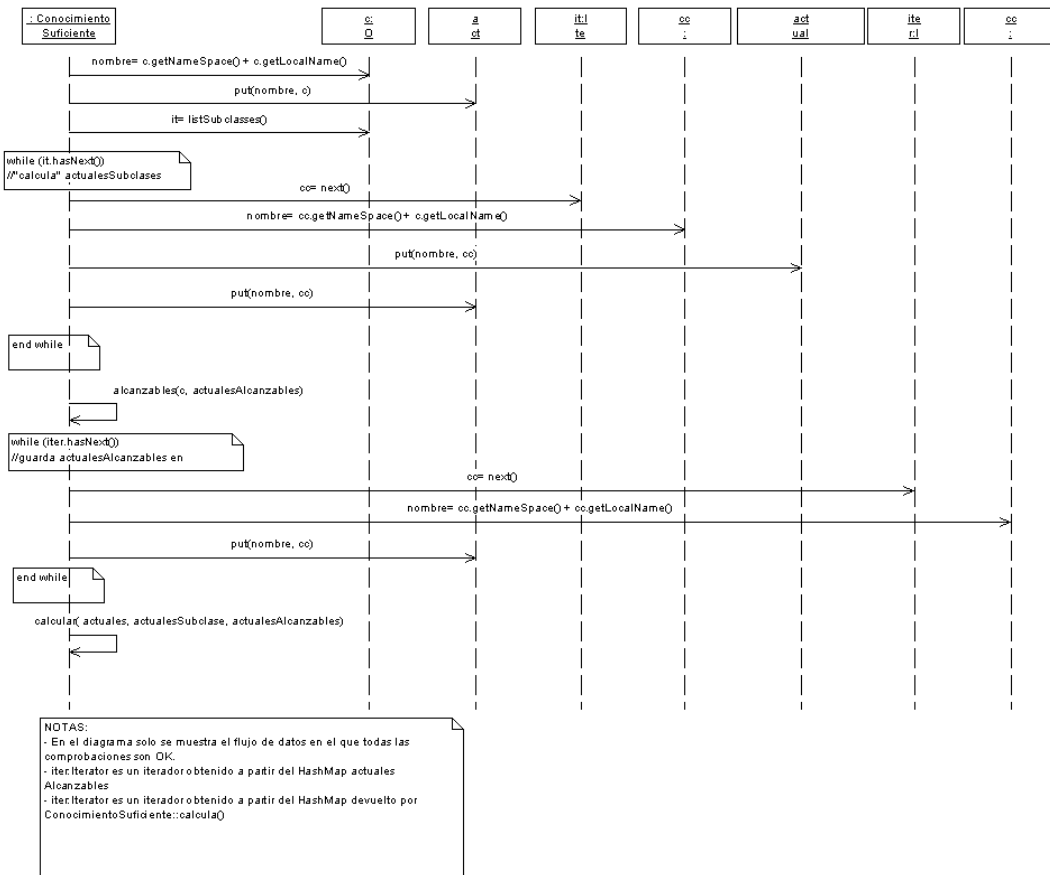
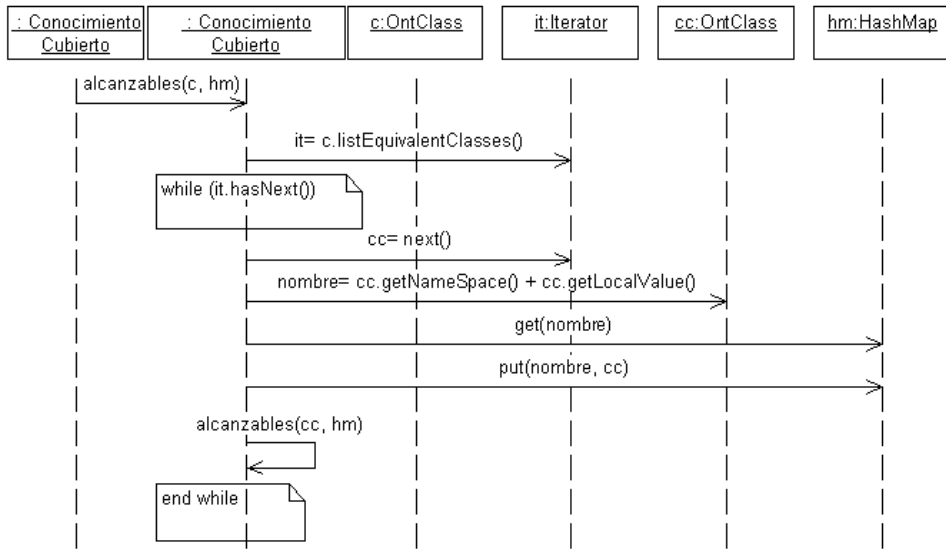


Figura 6.11: ClaseOntologia::calcula()







NOTAS:  
 - En el diagrama solo se muestra el flujo de datos en el que todas las

Figura 6.13: ClaseOntologia::alcanzables()

Especial atención merece el algoritmo para calcular el cierre transitivo por las relaciones *subclaseDe* y *equivalenteA* a partir de una clase *C*. Brevemente, se puede describir:

```

Actuales = {c} ∪ subclases(c) ∪ alcanzables(c);
ActualesSubclases = subclases(c);
ActualesAlcanzables = alcanzables(c);
calcular(Actuales, ActualesSubclases, ActualesAlcanzables);

donde:

voidcalcular(Actuales, ActualesSubclase, ActualesAlcanzables)
{
  NuevasAlcanzables = alcanzables(ActualesSubclases) \ Actuales;
  NuevasSubclases = subclases(ActualesAlcanzables) \ Actuales;

  Actuales = NuevasAlcanzables ∪ NuevasSubclases;
  ActualesSubclases = NuevasSubclases;
  ActualesAlcanzables = NuevasAlcanzables;

  si (NuevasSubclases ≠ ∅ ∨ NuevasAlcanzables ≠ ∅)
  calcular(Actuales, ActualesSubclases, ActualesAlcanzables);
}

```

Por otro lado, nótese que aunque se utiliza el elemento `owl:equivalentClass`, para representar *mappings*, la utilización de clases como individuos, debería llevarnos a utilizar el elemento `owl:sameAs`. El problema, es que `sameAs` es de *OWL-Full*, y como en cualquier caso los individuos de las ontologías no existen (recordemos que *equivalentClass* denota tener los mismos individuos de clases), preferimos el uso de `equivalentClass` para permanecer dentro de *OWL-Lite*. Desde un punto de vista de la implementación, el cambio de pasar de uno a otro elemento es mínimo (en particular, en vez de utilizar la función de Jena `equivalentClasses`, se debería utilizar una función que buscando en el árbol DOM de una ontología, proporcionase aquellas definidas como `sameAs`; por lo demás, el cierre transitivo en alcanzables permanecería igual).

## Diagramas de componentes

Respecto a los componentes, hay un paquete de código, `src`, con cuatro paquetes: *ontologias*, *elos*, *ensamblaje* y *comun*. Estos paquetes continen las *Actions* para el manejo de: ontologías, elos, ensamblaje de ELOs, y un paquete común con clases de error utilizados por los demás. Las *JSPs* se guardan en un directorio *jsps* que asemeja la estructura de los paquetes para *Actions*.

En cualquier caso, se incluye el fichero *struts-config.xml*:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE struts-config PUBLIC "-//Apache Software Foundation//DTD Struts Configuration 1.2//EN"
"http://jakarta.apache.org/struts/dtds/struts-config_1_2.dtd">
<struts-config>
  <data-sources>
    <data-source type="org.apache.commons.dbcp.BasicDataSource">
      <set-property property="driverClassName" value="com.mysql.jdbc.Driver"/>
      <set-property property="url" value="jdbc:mysql://localhost/elo-tool"/>
      <set-property property="username" value="liliana"/>
      <set-property property="password" value="elotool7"/>
    </data-source>
  </data-sources>
  <form-beans>
    <form-bean name="formularioAltaOntologia" type="ontologias.FormularioAltaOntologia"/>
    <form-bean name="formularioBajaOntologia" type="ontologias.FormularioBajaOntologia"/>
    <form-bean name="formularioAltaELO" type="elos.FormularioAltaELO"/>
    <form-bean name="formularioBajaELO" type="elos.FormularioBajaELO"/>
    <form-bean name="formularioEnsamblajeELOs" type="ensamblaje.FormularioEnsamblajeELOs"/>
  </form-beans>
  <action-mappings>
    <action path="/AltaOntologia" type="ontologias.AltaOntologia" name="formularioAltaOntologia">
      <forward name="OK" path="/jsps/ontologias/resultadoAltaOntologia.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/BajaOntologia" type="ontologias.BajaOntologia" name="formularioBajaOntologia">
      <forward name="OK" path="/jsps/ontologias/resultadoBajaOntologia.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/MostrarOntologias" type="ontologias.MostrarOntologias">
      <forward name="OK" path="/jsps/ontologias/resultadoMostrarOntologias.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/AltaELO" type="elos.AltaELO" name="formularioAltaELO">
      <forward name="OK" path="/jsps/elos/resultadoAltaELO.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/BajaELO" type="elos.BajaELO" name="formularioBajaELO">
      <forward name="OK" path="/jsps/elos/resultadoBajaELO.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/MostrarELOs" type="elos.MostrarELOs">
      <forward name="OK" path="/jsps/elos/resultadoMostrarELOs.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
    <action path="/EnsamblajeELOs" type="ensamblaje.EnsamblajeELOs" name="formularioEnsamblajeELOs">
      <forward name="OK" path="/jsps/ensamblaje/resultadoEnsamblajeELOs.jsp"/>
      <forward name="KO" path="/jsps/mensaje/mensaje.jsp"/>
    </action>
  </action-mappings>
</struts-config>
```

```
</action>
<action path="/index" forward="/index.html"/>
<action path="/ontologias" forward="/jsps/ontologias/ontologias.html"/>
<action path="/altaOntologiaEntrada" forward="/jsps/ontologias/altaOntologia.jsp"/>
<action path="/bajaOntologiaEntrada" forward="/jsps/ontologias/bajaOntologia.jsp"/>
<action path="/elos" forward="/jsps/elos/elos.html"/>
<action path="/altaELOEntrada" forward="/jsps/elos/altaELO.jsp"/>
<action path="/bajaELOEntrada" forward="/jsps/elos/bajaELO.jsp"/>
<action path="/ensamblajeELOSEntrada" forward="/jsps/ensamblaje/ensamblajeELOS.jsp"/>
</action-mappings>
</struts-config>
```

## Diagramas de despliegue

Debido a la sencillez de la aplicación, no se juzga necesaria la referencia a este tipo de diagramas.

# APÉNDICE C

Este apéndice contiene las plantillas de los formularios utilizados para realizar la evaluación. Tal como se describe en la sección 5.4.2, el formulario está compuesto por dos partes:

- Experiencia y opinión del evaluador, que comprende preguntas que desvelan la experiencia profesional del evaluador en relación con la tecnología de objetos de aprendizaje y los conocimientos que respecto a ella posee.
- Evaluación de los ELOs, realizada a través de nueve criterios genéricos que permiten hacer una valoración de la calidad de los mismos.

Esta evaluación permite desvelar la percepción que tienen los profesores-diseñadores respecto a los objetos de aprendizaje y los criterios que siguen para la selección de material educativo digital.

La evaluación cuenta con tres partes, cada una de las cuales se describe a continuación.

## **PARTE A: Datos personales del evaluador**

**Profesión:**

**Edad:**

**Años de experiencia en el entorno académico:**

**Años de experiencia en eLearning:**

## **PARTE B: 1. ¿Qué es para usted un objeto de aprendizaje?**

**Nota:** Marcar con una **X** las respuestas que crea convenientes.

Un elemento de conocimiento	
Un recurso de aprendizaje	
Un material <i>online</i>	
Cualquier entidad digital o no digital	
Todas las anteriores	
No estoy familiarizado con el término	
Otro	

**PARTE B: 2. ¿Ha participado en la creación-desarrollo de objetos de aprendizaje?**

**Nota:** Marcar con una **X** la respuesta.

Si	
No	

**PARTE B: 3. ¿Cuáles son las características que debe tener un buen objeto de aprendizaje?**

**Nota:** Marcar con una **X** las respuestas que crea convenientes .

Calidad del contenido	
Valor didáctico	
Adaptabilidad al contexto	
Usabilidad	
Accesibilidad	
Compatibilidad con estándares	
Valor didáctico	

**PARTE B: 4. ¿Teniendo en cuenta los criterios anteriores, en qué orden los aplicaría para hacer la selección de objetos de aprendizaje para construir un curso?**

**PARTE B: 5. ¿Utilizaría un objeto de aprendizaje creado por otra persona? Por favor, justifique su respuesta.**

**PARTE C: 5. ¿Qué grado de importancia tienen las siguientes características para los objetos de aprendizaje.**

**Nota:** La puntuación va de 1 a 5 y representa la siguiente escala de valores:

- 1: No importante
- 2: Poco importante
- 3: Importante
- 4: Muy importante
- NA: No Aplicable

	1	2	3	4	NA
<b>Calidad del Contenido</b>					
<b>Concordancia con el objetivo de aprendizaje propuesto</b>					
<b>Realimentación y adaptación</b>					
<b>Motivación</b>					
<b>Diseño de la presentación</b>					
<b>Usabilidad</b>					
<b>Accesibilidad</b>					
<b>Reutilización</b>					
<b>Compatibilidad con estándares y especificaciones existentes</b>					

