

Universidade do Minho
Departamento de Sistemas de Informação

RELATÓRIO

ANÁLISIS DE LA INTEROPERABILIDAD ENTRE LOS SISTEMAS DE APOYO A LA FORMACIÓN DE TECMINHO

Autora: Gema Bueno de la Fuente
(Universidad Carlos III de Madrid)

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Alice Baptista
(Universidade do Minho)

Febrero 2008

SUMARIO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. INTEROPERABILIDAD DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN	3
2.1. CONCEPTO DE INTEROPERABILIDAD	3
2.2. DIMENSIONES DE LA INTEROPERABILIDAD	4
2.3. MODELOS DE INTEROPERABILIDAD	6
2.4. LA IMPORTANCIA DE LOS ESTÁNDARES	9
2.5. INTEROPERABILIDAD EN E-LEARNING	10
3. CASO DE ESTUDIO: SISTEMAS DE E-LEARNING DE TECMINHO	15
3.1. TECMINHO Y LA FORMACIÓN CONTINUA	15
3.1.1. Arquitectura de sistemas de <i>e-learning</i> de Tecminho	15
3.1.2. Herramientas de creación de contenido educativo	17
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE E-LEARNING DE TECMINHO.....	18
3.2.1. Herramienta de autor (exeLearning+)	18
I. La exportación de contenidos en exeLearning+.....	19
II. La importación de contenidos en exeLearning+	20
III. La edición de metadatos en exeLearning+.....	21
IV. Otras capacidades de interoperabilidad	22
3.2.2. Plataforma de e-Learning (Moodle)	22
I. La importación de contenidos en Moodle.....	23
II. La exportación de contenidos y realización de copias de seguridad en Moodle	24
3.2.3. Repositorio de contenidos educativos (Dspace).....	26
I. La ingesta de contenidos en Dspace: remisión vía web	28
II. La obtención de objetos de contenido y/o metadatos en DSpace	28
III. Exportación de ítems en DSpace	29
IV. Importación de ítems en DSpace	31
4. METODOLOGÍA APLICADA DE EVALUACIÓN DE LA INTEROPERABILIDAD	33
4.1. INTRODUCCIÓN	33
4.2. CUESTIONES DE INTEROPERABILIDAD TÉCNICA, SEMÁNTICA Y ORGANIZATIVA	34
4.2.1. Interoperabilidad técnica.....	34
4.2.2. Interoperabilidad semántica	35
4.2.3. Interoperabilidad organizativa / pragmática.....	36
4.2.4. Relación entre los distintos tipos de interoperabilidad.....	37
4.3. LISI (LEVELS OF INFORMATION SYSTEMS INTEROPERABILITY)	38
4.3.1. Fundamentos del Modelo LISI	38
4.3.2. Paradigma PAID	39
4.3.3. Niveles de interoperabilidad	40
4.3.4. Reflexiones sobre el alcance del modelo LISI	43
4.3.5. Aplicación del modelo LISI a la Arquitectura de sistemas de formación de TecMinho	44

4.4. ESCENARIOS Y CASOS DE USO	47
4.4.1. La técnica de los casos de uso	47
4.4.2. Modelo de ficha utilizada.....	47
4.4.3. Los actores y roles (IMS DRI)	48
4.4.4. La cuestión de la granularidad.....	49
4.5. ESPECIFICACIÓN IMS PARA LA INTEROPERABILIDAD DE REPOSITARIOS DIGITALES (IMS DRI)	49
5. ANÁLISIS DE INTEROPERABILIDAD DE LA ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE TECMINHO ...	51
5.1. MODELO DE INTEROPERABILIDAD ACTUAL: NIVEL AISLADO.....	51
5.1.1. Requisitos de interoperabilidad a nivel aislado	51
5.1.2. Flujo de contenido actual: nivel aislado	52
5.1.3. Fichas de casos de uso a nivel aislado.....	54
Caso 1. Exportar un ODE creado con la herramienta de autor para importarlo en el repositorio.	54
Caso 2. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para editarlo con la herramienta de autor.	55
Caso 3A. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.	56
Caso 3B. Exportar un curso almacenado en el repositorio para restaurarlo en el LMS.	57
Caso 4A. Exportar un curso del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos.....	58
Caso 4B. Exportar un ODE del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos	59
Caso 5. Exportar un ODE de la herramienta de autor para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.....	60
Caso 6. Exportar un ODE del LMS para editarlo con la herramienta de autor.....	61
5.1.4. Cumplimiento de requisitos de interoperabilidad técnica	62
5.1.5. Cumplimiento de requisitos de interoperabilidad sintáctica y semántica	70
5.1.6. Utilidad de la transferencia de objetos y metadatos	77
A) <i>Transferencia de objetos</i>	77
B) <i>Transferencia de metadatos</i>	78
5.1.7. Conclusiones sobre la interoperabilidad de formatos.....	79
5.1.8. Conclusiones sobre la interoperabilidad de metadatos.....	79
5.1.9 Limitaciones del flujo de contenido del nivel de interoperabilidad aislado.....	80
5.2. MODELO DE INTEROPERABILIDAD PROPUESTO: NIVEL FUNCIONAL	81
5.2.1. Necesidad de un nuevo modelo de interoperabilidad.....	81
5.2.2. Requisitos de interoperabilidad a nivel funcional	81
5.2.2.1. <i>Aspectos técnicos, sintácticos y semánticos</i>	81
5.2.2.2. <i>Comunicación entre plataformas: tipos de interacciones y requisitos</i>	82
5.2.2.3. <i>Roles de las herramientas de TecMinho en las interacciones propuestas</i>	84
5.2.2.4. <i>Casos de uso resultantes</i>	85
5.2.3. Fichas de los casos de uso	86
Caso 7. Remisión de ODEs de la herramienta de autor para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.	86
Caso 8A. Remisión de ODEs desde el LMS para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.	87
Caso 8B. Remisión de Curso desde el LMS para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.	89
Caso 9. Remisión de ODEs desde el repositorio para su inclusión en un curso del LMS.	90
Caso 10. Remisión de ODEs desde la herramienta de autor al LMS.	92
Caso 11. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en el repositorio para su importación y posterior edición por la herramienta de autor.....	93
Caso 12. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en el repositorio para su importación e inclusión en un curso en el LMS.....	94
5.2.4. Pertinencia de los casos de uso y propuesta de flujo de contenido	97
5.2.5. Conclusiones sobre las interacciones: propuesta de flujo de contenido.....	100
5.2.6. Requisitos técnicos necesarios: existentes y por desarrollar	102

5.2.7. Cuestiones por resolver	104
A) Autenticación	104
B) Formatos a transferir	105
C) Transferencia de metadatos	105
D) Procedimientos de transferencia de contenidos	106
6. PROPUESTAS DE DESARROLLO	108
6.1. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA: FORMATOS	108
6.2. INTEROPERABILIDAD SINTÁCTICA Y SEMÁNTICA: METADATOS	109
6.2.1. exeLearning+	109
6.2.2. DSpace	109
6.2.3. Moodle	110
6.3. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA: INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS.....	111
6.3.1. exeLearning+	111
6.3.2. DSpace	112
6.3.3. Moodle	114
7. CONCLUSIONES.....	116
8. BIBLIOGRAFÍA	12146

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ADL	Advanced Distributed Learning
AFIT	Air Force Institute of Technology
AIP	Archival Information Package
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
CSS	Cascading Style Sheets
DCMES	Dublin Core Metadata Element Set
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
DNS	Domain Name System
DoD C4ISR	Department of Defense Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance
ECL	Education Communication Layer
EUN	European Schoolnet
FTP	File Transfer Protocol
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IEEE LOM	IEEE Learning Object Metadata
IMS	IMS Global Consortium
IMS CP	IMS Content Packaging
IMS DRI	IMS Digital Repositories Interoperability
IMS QTI	IMS Question and Test Interoperability
ISIS	Integration of Software Intensive Systems
ISO	International Organization for Standardization
LCI	Layers of Coalition Interoperability
LCIM	Levels of Conceptual Interoperability Model
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LIFE	Learning Interoperability Framework for Europe
LISI	Levels of Information Systems Interoperability
LODE	Learning Object Discovery & Exchange
METS	Metadata Encoding and Transmission Standard
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OAI PMH	Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting
OAI	Open Archives Initiative
OKI	Open Knowledge Initiative
OSIDs	Open Service Interface Definitions
PAID	Procedures, Applications, Infraestructura y Data
QUALIPSO	Quality Platform for Open Source Software
RDF	Resource Description Framework

RELOAD	Reusable e-Learning Object Authoring and Delivering
S/MIME	Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOSI	System of Systems Interoperability Model
SQI	Simple Query Interface
SWORD	Simple Web-service Offering Repository Deposit
UML	Unified Modelling Language
URI	Universal Resource Identifier
WSDL	Web Services Description Language
XML	eXtensible Mark-Up Language
XSL	eXtensible Stylesheet Language
XSLT	eXtensible Stylesheet Language Transformations

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pila de tecnologías de interoperabilidad de Repositorios de Objetos de Aprendizaje	13
Figura 2. Fases del proceso de diseño del aprendizaje	16
Figura 3. Interfaz de un proyecto en exeLearning+ (recurso “Avaliação e Controlo da Qualidade”).....	18
Figura 4. Granularidad de las opciones de exportación de exeLearning+	20
Figura 5. Edición de metadatos Dublin Core de un ODE en exeLearning+	21
Figura 6. Interfaz de la plataforma de e-Learning de TecMinho, basada en Moodle	23
Figura 7. Multiplicidad de formatos reconocidos por DSpace, para añadir a un ítem.....	27
Figura 8. Esquema del proceso de ingesta de ítems en DSpace	28
Figura 9. Arquitectura técnica de Dspace: capas y módulos	30
Figura 10. Bases del modelo de interoperabilidad semántica de LISI.....	38
Figura 11. LISI Reference Model	39
Figura 12. Niveles de interoperabilidad LISI	40
Figura 13. Arquitectura Funcional de IMS DRI	50
Figura 14. Flujo de contenidos a nivel de interoperabilidad aislado	53
Figura 15. Exportar ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace	62
Figura 16. Exportar un ODE almacenado en DSpace para editarlo en exeLearning+	64
Figura 17. Exportar un ODE almacenado en DSpace para incluirlo en un curso en Moodle	65
Figura 18. Exportar un curso almacenado en DSpace para restaurarlo en Moodle	65
Figura 19. Exportar un curso de Moodle para almacenarlo en el repositorio DSpace	66
Figura 20. Exportar ODEs de exeLearning+ para su inclusión en un curso en el LMS Moodle.	68
Figura 21. Exportar un ODE utilizado en un curso Moodle para editarlo con la herramienta de autor exeLearning+	69
Figura 22. Remisión de ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace.	87
Figura 23. Remisión de ODEs de Moodle para su almacenamiento en DSpace.....	88
Figura 24. Remisión de Cursos de Moodle para su almacenamiento en el repositorio	90
Figura 25. Remisión de ODEs desde DSpace para su inclusión en un curso en Moodle	91
Figura 26. Petición de ODEs almacenados en DSpace para su edición en exeLearning+.....	94
Figura 27. Búsqueda y Petición de ODEs almacenados en repositorio para su inclusión en curso LMS ----	96
Figura 28. Flujo de contenido en el nivel de interoperabilidad funcional	101
Figura 29. Arquitectura de Dspace con LNI y empaquetadores en la red de sistemas del MIT	113

1. INTRODUCCIÓN

La interoperabilidad es la capacidad de dos o más herramientas, sistemas o componentes para trabajar conjuntamente en la realización de una tarea. Más concretamente, en el caso de los sistemas de información, esa capacidad se refiere al intercambio de información y a la utilización de la información intercambiada.

En el ámbito de los sistemas de *e-learning*, la interoperabilidad facilita la reutilización de recursos, uno de los fundamentos de las teorías de tecnologías de *e-learning*, considerado a su vez una característica intrínseca de estos recursos, los objetos de aprendizaje.

La interoperabilidad en e-learning no sólo abarca la interacción entre plataformas y herramientas propias de éste ámbito (LMS, LCMS, herramientas de autor), sino también con otros sistemas digitales de almacenamiento y distribución de recursos, como son los repositorios o las bibliotecas digitales, especialmente en el ámbito de redes de sistemas y plataformas de educación en línea.

El presente trabajo aborda esta problemática desde la perspectiva de una organización concreta, TecMinho, en la que un conjunto de sistemas *e-learning* deben interoperar para facilitar las tareas de formación de la organización. Estos sistemas son principalmente tres: plataforma de *e-learning* o LMS, repositorio de objetos de aprendizaje (LOR) y herramienta de autoría para la creación de materiales educativos.

El estudio se centra en la evaluación del nivel de interoperabilidad alcanzado en esta arquitectura de sistemas, con el objetivo de poder detectar las carencias existentes y necesidades mínimas que deben superar estos sistemas para poder intercambiar información, y a partir de aquí, proponer mejoras para conseguir un mayor nivel de interoperabilidad en distintos aspectos.

De esta manera, el trabajo se organiza en distintas partes cuyo contenido y finalidad se describe a continuación.

En primer lugar, en el *capítulo 2. Interoperabilidad de sistemas de Información*, se introducen los aspectos teóricos de la interoperabilidad en sistemas de información, y concretamente, de sistemas de e-learning. Comenzando por algunas reflexiones en torno al concepto de interoperabilidad, se presentan distintos enfoques en relación con las dimensiones o vertientes de la interoperabilidad y se analizan diversos modelos de interoperabilidad. Asimismo, se presentan los estándares como un aspecto fundamental y facilitador de la interoperabilidad a todos los niveles, y por último, para restringir y adecuar el análisis al caso de estudio, se reflexiona sobre las implicaciones de la interoperabilidad en *e-learning*, con especial atención a las tecnologías, estándares e iniciativas que se han llevado a cabo para lograrla.

En el tercer capítulo, *Caso de estudio: sistemas de e-Learning de TecMinho* se describen las herramientas del caso planteado, que componen la arquitectura de apoyo a la formación en TecMinho, con especial atención a aquellas capacidades relacionadas con el logro de la interoperabilidad.

En la cuarta parte, *Metodología aplicada de evaluación de la interoperabilidad* presenta los fundamentos metodológicos empleados para llevar a cabo la evaluación de las herramientas y de las relaciones entre las mismas, a partir de los tipos o dimensiones principales de la interoperabilidad: técnica, sintáctica y semántica, y organizativa. En esta parte, son especialmente importantes los modelos de interoperabilidad analizados en el primer capítulo, tomando uno de ellos (el modelo

LISI, *Levels on Information Systems Interoperability*) como base para la evaluación de la interoperabilidad entre los sistemas de una organización. Este modelo ha sido adaptado y completado para su aplicación en un conjunto de sistemas del ámbito específico del *e-learning*, teniendo en cuenta algunas especificaciones propias de este ámbito.

Una vez seleccionado el modelo a aplicar y otros aspectos metodológicos, en el capítulo 5, *Análisis de interoperabilidad de la arquitectura de sistemas de TecMinho*, se analizan, para cada nivel de interoperabilidad establecido, una serie de aspectos que las herramientas deben cumplir para lograr el intercambio efectivo de información y contenidos, comenzando por la compatibilidad de los formatos y de la descripción de los contenidos. En niveles superiores la atención se centra en la comunicación e interacción de las herramientas de forma directa, y en el análisis de las tecnologías que hacen posible esa conexión e intercambio de objetos de una plataforma a otra.

En el análisis por niveles se estudiaron las relaciones entre pares de herramientas, es decir, entre cuáles herramientas y en qué direcciones era posible o imposible, necesario o superfluo, realizar la transferencia de información, permitiendo con ello la identificación de los flujos válidos en los que se debía trabajar para lograr la mejora de la interoperabilidad. Así, se propone un flujo de contenido modelo para el nivel de interoperabilidad a alcanzar.

Para cada nivel se indican las carencias detectadas y se proponen una serie de mejoras deseables para las distintas herramientas: exeLearning, DSpace y Moodle. Su condición de software libre favorece la modificación y ampliación de dichas herramientas en pro de la interoperabilidad. A su vez, se recogen algunas especificaciones y estándares que faciliten el modelo de interoperabilidad propuesto, y se comentan distintos proyectos e iniciativas que traten de resolver problemas similares, atendiendo a las arquitecturas que proponen y a las tecnologías y estándares que recomiendan.

En definitiva, el presente trabajo pretende dotar a la organización TecMinho de una herramienta de base sobre la que asentar sus pasos en el logro de la interoperabilidad a distintos niveles y con un amplio alcance, tanto en el seno de la organización y con sus propios sistemas de aplicación local, como a otros niveles superiores: en la propia organización en la que se enmarca, la Universidad de Minho, e incluso en el ámbito internacional del *e-learning*.

2. INTEROPERABILIDAD DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

2.1. CONCEPTO DE INTEROPERABILIDAD

Si bien existen múltiples definiciones de la interoperabilidad, una de las más citadas¹, y que define la interoperabilidad de la información a un alto nivel conceptual, es la que propuso el IEEE² en 1990: *“la habilidad de dos o más sistemas, redes de comunicación, aplicaciones o componentes para intercambiar información entre ellos y para usar la información que ha sido intercambiada”*.

Por su parte, en la Interoperability Technical Framework (ITF)³ el gobierno australiano define la interoperabilidad enmarcándola en el ámbito de las tecnologías de la información, como *“la capacidad de transferir y utilizar información de una manera uniforme y eficiente a través de múltiples organizaciones y sistemas de tecnologías de la información. Permite asegurar el nivel de beneficios que recaudan las empresas, gobierno y la economía en general a través del comercio electrónico”*.

En la misma línea, en el European Interoperability Framework for Pan-European eGovernment Services⁴, documento de referencia para el desarrollo de estándares e infraestructuras comunes necesarias para la implementación de la interoperabilidad en el área de la administración electrónica europea, publicado por el programa europeo IDABC (Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Businesses and Citizens), considera que *“la interoperabilidad es la capacidad de los sistemas de tecnologías de la información y la comunicación (TICs) y de los procesos de negocio que éstas soportan, para intercambiar datos y para ser capaces de compartir información y conocimiento”*.

El comité CEN-TC251 del Comité Europeo de Normalización⁵ define la interoperabilidad no como una capacidad o habilidad como los anteriores, sino como un estado *“que existe entre dos entidades de aplicaciones, en relación con una tarea específica, cuando una aplicación puede aceptar datos de la otra y llevar a cabo una tarea de forma apropiada y satisfactoria sin necesidad de intervención externa”*.

En definitiva, desde una perspectiva puramente técnica⁶, y como se desprende de las definiciones recogidas, la interoperabilidad hace referencia a la relación entre dos o más recursos o sistemas (dispositivos hardware y de comunicación o componentes de software) de tecnologías de la información y la comunicación (TICs) que precisan trabajar conjuntamente de forma fácil o automática. Asimismo, las definiciones coinciden en señalar dos capacidades con las que deben contar los

¹ EICTA. *EICTA White Paper on Interoperability and Standardisation*. Bruselas, 2006. 26 p. Disponible en: http://www.eicta.org/fileadmin/user_upload/document/document1166544474.pdf. [Consulta: 29/02/2008].

² Institute of Electrical and Electronics Engineers. *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. New York: IEEE, 1990. [Consulta: 29/02/2008].

³ Australian Government Information Management Office. *Interoperability Technical Framework for the Australian Government*, Version 2, Junio 2003. Disponible en: <http://www.agimo.gov.au/publications/2005/04/agtifv2> [Consulta: 29/02/2008].

⁴ IDABC. *European Interoperability Framework for pan-European eGovernment Services*. Version 1.0. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2004. Disponible en: <http://europa.eu.int/idabc/en/document/3761>. [Consulta: 29/02/2008].

⁵ Citado por Ioannis Theodorou (et al.) *Technical Interoperability: Report about Important Issues, Requirements and State-of-the-Art*. V. 1.0. QualiPSo, 2007. <http://www.qualipso.org/media/A3/D3.1.1B.pdf> [Consulta: 29/02/2008].

⁶ Ioannis Theodorou (et al.) *Op. cit.*, p. 10.

sistemas implicados: comunicarse entre ellos (para poder transferir información) y entender la estructura de la información que se transfiere entre las entidades (para poder utilizarla). En cuanto a la información objeto de la transferencia puede ser de cualquier tipo: texto, video, audio, programas software, datos sin elaborar, etc., y en el ámbito del *e-learning*, serán principalmente objetos o recursos educativos y su meta-información asociada.

2.2. DIMENSIONES DE LA INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad puede ser vista desde distintas **perspectivas**, que pretenden determinar los tipos, vertientes, enfoques o dimensiones de la interoperabilidad. A continuación se resumen algunas de las perspectivas más importantes que abordan la interoperabilidad desde diversas áreas como el gobierno electrónico, sistemas de defensa y estrategia, bibliotecas y servicios de información digitales, e incluso, en *e-learning*.

El programa europeo IDABC (Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Businesses and Citizens)⁷, y por tanto, desde el punto de vista de la administración electrónica, ha publicado el documento European Interoperability Framework (EIF) en el que divide la interoperabilidad en tres dominios o dimensiones:

- **Interoperabilidad técnica:** conexión de los sistemas mediante acuerdos sobre las normas y estándares para la presentación, recolección, intercambio, transformación y transporte de datos.
- **Interoperabilidad semántica:** garantizar que los datos transferidos comparten el mismo significado para los sistemas vinculados.
- **Interoperabilidad organizativa:** la organización de los procesos de negocio y de estructuras organizativas internas para un mejor intercambio de datos.

El proyecto Qualipso (Quality Platform for Open Source Software)⁸ adopta este enfoque, considerándolo el modelo mayoritariamente aceptado hoy en día.

Desde la perspectiva de la defensa y la estrategia en los sistemas de información militar, Sandor Munk⁹ considera que la interoperabilidad tiene sentido en distintos dominios como el físico, el de la información, el cognitivo y el social. Centrándose en la **interoperabilidad de la información**, que define como *la capacidad mutua de diferentes actores necesaria para asegurar el intercambio y entendimiento común de la información necesaria para cooperar con éxito*, Munk distingue tres niveles de capacidades:

- **Nivel técnico:** conjunto de capacidades para la gestión de representaciones de materiales (físicas) que transportan información, lo cual es el fundamento y requisito esencial para el intercambio eficiente y exitoso de la información.

⁷ Sitio web del programa IDABC (*Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Business and Citizens*) de la Unión Europea, disponible en: <http://ec.europa.eu/idabc/en/chapter/3>. [Consulta: 29/02/2008].

⁸ Ioannis Theodorou (et al.) *Ibidem*, p. 10.

⁹ Sandor Munk., "Interoperability in the Infosphere. Challenges, Problems, Solutions". En: Jan Kameníček. *Obrana a Strategie*, 2002. p. 104. Disponible en: http://www.army.cz/mo/obrana_a_strategie/1-2005cz/munk.PDF. [Consulta: 29/02/2008].

- Nivel sintáctico: incluye capacidades para la gestión de representaciones intermediarias (no físicas) relacionadas con lenguajes, mensajes y formatos de datos empleados durante el intercambio de información.
- Nivel semántico: grupo de capacidades relacionadas con el intercambio de diferentes representaciones de la información preservando su significado original.

UKOLN¹⁰, organización británica de investigación especialmente enfocada en informar prácticas e influenciar políticas en el área de las bibliotecas digitales, sistemas de información, gestión bibliográfica y tecnologías web, distingue un conjunto más amplio de **dimensiones de la interoperabilidad** (tecnológica, semántica, política y humana, intercomunitaria, legal, e incluso internacional) que abarcan distintas cuestiones necesarias para el intercambio de información entre sistemas:

- Interoperabilidad técnica: considerada una de las formas más directas de afrontar la interoperabilidad por muchas razones, las cuestiones técnicas se centran principalmente en el desarrollo de estándares de comunicación, transporte, almacenamiento y representación de la información, como Z39.50, XML, OAI-PMH.
- Interoperabilidad semántica: cuando dos o más sistemas intercambian información, o los recursos individuales de varios sistemas se hacen disponibles a través de pasarelas o catálogos colectivos, el uso de distintos términos para describir conceptos similares o usar términos idénticos para describir conceptos distintos puede causar problemas en la comunicación, ejecución de programas y transferencia de datos. Los tesauros, los metadatos o las ontologías son ejemplos de desarrollos en interoperabilidad semántica.
- Interoperabilidad política/humana: la decisión de compartir recursos entre múltiples sistemas y organizaciones, y hacer que estén disponibles en mayor o menor medida también tiene implicaciones para las organizaciones, su personal y los usuarios finales. Es necesario tener en cuenta la gestión del cambio o la formación del personal cuando se ofrecen estos recursos, para asegurar un servicio efectivo a largo plazo.
- Interoperabilidad inter-comunitaria: existe una necesidad en aumento por parte de los usuarios que requieren acceso a la información desde un amplio rango de fuentes y comunidades, incluso de distintas áreas del conocimiento.
- Interoperabilidad internacional: cuando se trabaja conjuntamente con otros países todas las cuestiones anteriores se multiplican, existen variaciones en los estándares, problemas de comunicación, barreras lingüísticas, diferencias en los estilos de comunicación y una falta de bagaje común.

Por último, el proyecto europeo LIFE¹¹, financiado por la Comisión Europea área de Educación y Cultura, publicó en 2006 un informe detallado sobre la interoperabilidad de la educación en Europa. Este informe adopta un marco semiótico para ayudar a entender los distintos aspectos de la interoperabilidad, que contempla varias capas de la interoperabilidad:

¹⁰ UKOLN. *Interoperability Focus: About*. Última actualización: 03-07-2006. Disponible en: <http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/about> . [Consulta: 29/02/2008].

¹¹ Sitio web del Life Project: <http://life.eun.org/>. [Consulta: 29/02/2008].

- Capa física: apariencia física, medios de comunicación y cuantía de contacto disponible
- Capa empírica: entropía, variedad y equívocos encontrados.
- Capa sintáctica: lenguaje, estructura y lógica empleada para que los sistemas, subsistemas y módulos puedan interoperar.
- Capa semántica: aborda la interoperabilidad del significado y validez de lo expresado, como que la información dada por un actor de un sistema educativo pueda ser entendida correctamente por otro. Esto puede implicar aspectos terminológicos (homónimos, sinónimos, alcance) así como otros aspectos del idioma humano.
- Capa pragmática: está referida a las intenciones comunes (como puede ser un objetivo pedagógico común), a aspectos de responsabilidad como la confianza y a otras consecuencias de las declaraciones expresadas
- Capa social: intereses, creencias y compromisos compartidos como resultado, se refiere a la compatibilidad de creencias y valores de distintos sistemas educativos, que por ejemplo en el ámbito europeo pueden variar sensiblemente de un país o región a otra, aunque se pretende que sean compatibles en una tradición europea común.

Estas capas pueden dividirse en dos grupos que revelan los aspectos técnicos y sociales implicados en la interoperabilidad. Las capas física, empírica y sintáctica tomadas conjuntamente constituyen un dominio donde son adecuados los métodos técnicos y formales. Sin embargo, el resto de capas no pueden ser exploradas si esos métodos se emplean de forma exclusiva y sin modificación.

El informe LIFE enfoca especialmente algunas de estas capas considerando distintos tipos de interoperabilidad de especial aplicación en *e-learning*: interoperabilidad *técnica* (incluyendo en ésta la capa sintáctica), *semántica* y *pragmática*. Estos tipos coinciden con los propuestos anteriormente por la EIF, entendiendo que la *pragmática* aborda cuestiones políticas y organizativas, mientras que los aspectos técnicos y semánticos de la interoperabilidad son recogidos sistemáticamente por todos los modelos descritos.

De esta manera, y como se detallará posteriormente en la metodología aplicada, las dimensiones técnicas y semánticas de la interoperabilidad (incluyendo en ellas los aspectos sintácticos), serán las dimensiones principales a tener en cuenta en el análisis de los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho, a las que se añadirán algunas cuestiones y reflexiones en torno a aspectos organizativos y/o pragmáticos.

2.3. MODELOS DE INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad es un concepto que se puede aplicar a muy distintos entornos donde haya varios sistemas y sea preciso el intercambio de información, y en cada uno de ellos se podría establecer un modelo de interoperabilidad específico.

Algunos entornos se caracterizan por el **dominio** de aplicación de los sistemas que interactúan: el de las tecnologías de la información, que englobaría diversas áreas funcionales en razón del tipo de información a la que sirven (como la administración electrónica, el comercio electrónico o el *e-learning*); o los dominios de las

tecnologías financieras, químicas o sanitarias, entre otros. El enfoque de la interoperabilidad varía para cada uno de estos dominios de aplicación.

Así mismo, es posible diferenciar entornos de aplicación de la interoperabilidad por el **sector** de las tecnologías al que pertenecen: al sector privado, al sector público o a ambos¹². Pero además, los entornos se caracterizan por el **alcance político y geográfico** y la cantidad de sistemas y servicios implicados, puesto que la interoperabilidad no es aplicable solamente a un dominio específico, a un sector o a nivel local o nacional, sino que puede (y debería) tener un **alcance global**.

En este sentido, existen varios intentos de clasificar y definir los modelos aplicables en el ámbito de la interoperabilidad, que tienen como objetivo categorizar e incluso medir el alcance de los distintos entornos en los que se puede establecer la interoperabilidad.

Munk¹³ diferencia tres **modelos de interoperabilidad** teniendo en cuenta las características y el alcance de los sistemas que van a intercambiar información y el entorno que soporta la interoperabilidad:

- **Modelo elemental**: se establece entre sistemas que pertenecen a la misma área funcional o especialización, y que están en una fuerte y permanente cooperación. Como consecuencia de la similitud de las funciones entre los sistemas participantes, y de la fuerte y permanente cooperación, generalmente estos sistemas manejan el mismo tipo de información y la información a intercambiar puede ser definida fácilmente.
- **Modelo complejo**: está también conectado con una colaboración relativamente permanente, pero cubre varias o todas las posibles áreas funcionales, y generalmente están soportados por esquemas o representaciones intermedias.
- **Modelo global**: no está restringido a una cooperación dada, y describe la interoperabilidad entre estructuras y soluciones de intercambio de información en un entorno de información y cooperación cambiante.

Estos modelos manifiestan una gran similitud con la categorización que propone Sheth¹⁴ con respecto a la distribución de la interoperabilidad, pero en este caso relacionándolas con distintas **fases o generaciones** de la evolución histórica de los esfuerzos por lograr la interoperabilidad:

- En la **1ª Generación** (hasta 1985) el alcance de la interoperabilidad era primordialmente departamental y casi siempre en el seno de una compañía, y comúnmente los sistemas de múltiples bases de datos implicados eran simplemente algunas bases de datos y ordenadores, en un área local o conectados directamente.
- En la **2ª Generación** (1985-1995), con el impacto significativo de Internet y el advenimiento de la era Web, este alcance se amplía a toda la empresa u organización e incluso a nivel inter-empresarial conectando decenas de ordenadores y repositorios de datos;

¹² Theodorou, Ioannis (et al.) *Op. cit.*, p. 11.

¹³ Munk, Sandor. *Op. cit.*, p. 105.

¹⁴ Sheth, Amit P. "Changing Focus on Interoperability in Information Systems: from system, syntax, structure to semantics". En Michael F. Goodchild et al (eds.). *Interoperating Geographic Information Systems*. Springer Kluwer Academic Publishers, 1999, p. 6. (The Springer Kluwer International Series in Engineering and Computer Science; 495).

- En la 3ª Generación (1996-), con las mejoras significativas en las tecnologías de la comunicación, infraestructuras globales de información, y en infraestructuras de distribución computacionales, la dimensión de la distribución de datos ha logrado un alcance muy amplio, desde un sistema único a la globalidad. En esta fase, y puesto que la naturaleza distribuida de los datos se mantiene oculta ante el usuario final, los desarrolladores de sistemas se enfrentan a nuevos retos.

La Iniciativa ISIS (Integration of Software Intensive Systems) ¹⁵, del Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie Mellon (EEUU), ha creado una Guía de Interoperabilidad (en desarrollo), en la que se abordan diversos aspectos relativos a la interoperabilidad: qué es, cuándo debe aplicarse, y cómo puede lograrse de forma efectiva, teniendo en cuenta los estándares que pueden ser necesarios para ello. En dicha guía, la Iniciativa ISIS distingue varios **modelos abstractos de interoperabilidad**, que son:

1. Levels of Information Systems Interoperability (LISI)
2. Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM)
3. Layers of Coalition Interoperability (LCI)
4. System of Systems Interoperability Model (SOSI)

Para la Iniciativa ISIS, estos modelos (y en general cualquier modelo abstracto), se pueden dividir en dos categorías según los aspectos o dimensiones de la interoperabilidad que contemplan:

- Modelos centrados en aspectos técnicos necesarios para alcanzar la interoperabilidad.
- Modelos que, además de tener en cuenta los aspectos técnicos, también abarcan aspectos organizativos y operativos de la interoperabilidad.

Estas categorías de modelos difieren no sólo en el rango de aspectos de interoperabilidad que abarcan, sino también en su intención o finalidad. Los modelos técnicos se crean frecuentemente como una forma de categorizar sistemas en términos de sus características de interoperabilidad, mientras que los modelos más amplios que abarcan un mayor número de aspectos, a menudo tienen como finalidad facilitar la discusión en torno a un conjunto de actividades que contribuyen a lograr el éxito de la interoperabilidad.

Según esta diferenciación, LISI es un modelo técnico dirigido a categorizar sistemas; LCIM pretende salvar distancias entre el diseño conceptual y el diseño técnico para lograr la interoperabilidad; LCI abarca un amplio rango de características técnicas y organizativas que deben estar alineadas para que los sistemas de coalición puedan interoperar, y finalmente SOSI representa un modelo simple enfocado en las actividades de las organizaciones que desarrollan los sistemas que deben interoperar, así como en aspectos técnicos.

Además de la Iniciativa ISIS, investigadores del Air Force Institute of Technology (EEUU) presentaban en junio de 2007 un estudio exhaustivo sobre la medición de la

¹⁵ Integration of Software Intensive Systems (ISIS) Initiative. *Guide to Interoperability*. V. 0.1. ISIS, 2007. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/isis/guide>. [Consulta: 29/02/2008].

interoperabilidad¹⁶, en la que se recopilaban un conjunto de modelos disponibles para medir o evaluar la interoperabilidad, incluidos los cuatro anteriormente mencionados. Los autores consideran que existen al menos 14 modelos creados desde los años 80, algunos de ellos ampliamente aceptados e institucionalizados mientras que otros raramente aplicados. Estos modelos han sido creados principalmente por organizaciones dependientes de departamentos de Defensa (como los de EEUU, Australia o Polonia), así como otras instituciones de enseñanza relacionadas con la defensa y sistemas de simulación militar.

Tabla 1. Modelos de medición de interoperabilidad [Ford, 2007]

Organización	Modelo
Defense Information Systems Agency (DISA)	SoIM ('80)
MITRE Corporation	QoIM ('89) LISI ('98)
Military University of Technology, Warsaw, Poland	MCISI ('96)
Joint Theater Air and Missile Defense Organization (JTAMDO) Contractor SIM, Inc.	IAM ('98)
Australian Defence Science and Technology Organisation (DSTO)	OIM ('99) OIAM ('05)
Joint Forces Command (JFCOM) Joint Forces Program Office (JFPO)	Stoplight ('02)
Old Dominion University Virginia Modeling Analysis and Simulation Center (VMASC)	LCI ('03) LCIM ('03)
North Atlantic Treaty Organization (NATO)	NMI ('03)
Carnegie Mellon Software Engineering Institute (CMU-SEI)	SoSI ('04)
Defence Science and Technology Laboratory (Dstl) and Contractor, QinetiQ, plc	NTI ('04)
Air Force Institute of Technology (AFIT)	<i>i-Score</i> ('07)

De todos estos ejemplos, LISI es un modelo técnico dirigido a la definición, evaluación, medición y valoración de la interoperabilidad entre sistemas de información, ampliamente aceptado y que se apoya en un conjunto de herramientas útiles para el diagnóstico de la interoperabilidad a nivel técnico. El modelo LISI será tomado como base para medir la interoperabilidad entre los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho.

2.4. LA IMPORTANCIA DE LOS ESTÁNDARES

Todos los agentes implicados, incluidos los gobiernos, la industria, los usuarios y consumidores, los interlocutores sociales y otros, han reconocido la necesidad de la interoperabilidad y los beneficios que puede aportar su consecución. Sin embargo, aunque todo el mundo está de acuerdo sobre su necesidad, el alcance y la aplicación de la interoperabilidad, así como los incentivos que la alientan o las barreras técnicas o políticas que la dificultan, siguen siendo cuestiones controvertidas¹⁷.

Una de las principales cuestiones de preocupación se refiere a la aplicación de la interoperabilidad y la **definición de estándares abiertos** que la hacen posible. El

¹⁶ Thomas C.Ford (et al.) "A Survey on Interoperability Measurement". En: *Proceedings of the 12th ICCRTS "Adapting C2 to the 21st Century"*, Junio 2007. Disponible en: <http://www.afit.edu/cse/docs/pubs/12th%20ICCRTS07%20-%20Paper096.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

¹⁷ Ioannis Theodorou (et al.) *Ibidem*, p. 11.

desarrollo de estándares, y su adopción a gran escala, es uno de los principales mecanismos o vías para lograr la interoperabilidad, al proporcionar guía y consejo a los implicados en la creación de información digital o servicios y establecer unas normas mínimas que los sistemas deben cumplir para poder comunicarse e intercambiar información.

La Conferencia Internacional de Interoperabilidad¹⁸ se presentaba con la siguiente declaración:

“En una sociedad globalizada y dado el aumento de la diversidad de sistemas y aplicaciones, la interoperabilidad hace posible el desarrollo de un mercado de masas y evita los efectos no deseables de la fragmentación. En este contexto, los estándares son una pieza clave para alcanzar un nivel satisfactorio de interoperabilidad en este mercado global, lo cual explica la razón de que la interoperabilidad sea un negocio a nivel internacional.”

Es por ello que los principales actores de la industria de las TIC han trabajado activamente a través de asociaciones y organismos de estandarización para avanzar en el desarrollo y adopción de estándares abiertos¹⁹. Además de invertir importantes sumas económicas en el desarrollo de estándares, y de hacer que el software y hardware que producen sea compatible con dichos estándares, estos actores están cooperando a niveles nunca antes vistos para alinear sus tecnologías de manera que puedan interoperar, consiguiendo progresos significativos.

A su vez, en gran parte de los dominios de aplicación antes referidos —como es el caso del *e-goverment* o el *e-learning*—, se han llevado a cabo importantes iniciativas de estandarización en distintas cuestiones y dimensiones de la interoperabilidad con relevancia en dichas áreas.

2.5. INTEROPERABILIDAD EN E-LEARNING

De forma general, la interoperabilidad en el ámbito del *e-learning* se centra en facilitar el intercambio, integración y reutilización de recursos u objetos educativos (cursos, documentos, videos, tutoriales, etc.) que han sido desarrollados en plataformas y herramientas educativas heterogéneas, lo cual permite²⁰:

- Incrementar la calidad y variedad de recursos educativos disponibles en el mercado.
- Preservar el capital invertido en tecnología y desarrollo de recursos educativos, ya que un recurso educativo podrá ser intercambiado o usado sin la necesidad de realizar costosas modificaciones.
- Garantizar que los usuarios con diferentes plataformas hardware y software puedan acceder a recursos educativos de fuentes heterogéneas, con pérdidas mínimas tanto de contenido como de funcionalidad.

¹⁸ La *Conference on Interoperability: Key to International Business*, <http://www.interoperabilityconference.org/>, organizada por cuerpos de estandarización como CEN, CENELEC, ETSI y ANSI, se ha celebrado en Varsovia los días 6-7 de febrero de 2008

¹⁹ Ioannis Theodorou (et al.) *Op. cit.*, p. 12.

²⁰ Sandra Aguirre; Juan Quemada y Joaquín Salvachua. “Mediadores e Interoperabilidad en e-Learning”. En: *V Conferencia Internacional Anual sobre educación, capacitación profesional y tecnologías de la información. Virtual Educa 2004*. Fórum Universal de las Culturas. Forum Barcelona, España. Junio de 2004. Disponible en: <http://jungla.dit.upm.es/~saguirre/publications/virtualEduca2004.pdf>.

En relación con este último punto, una de las cuestiones a tener en cuenta a la hora de medir la interoperabilidad es la satisfacción del usuario en la experiencia de utilización de los sistemas y servicios. El objetivo de la interoperabilidad es hacer posible que la experiencia del usuario final alcance niveles de calidad deseados y satisfactorios.

Aguirre, Quemada y Salvachua²¹ señalan que, para lograr la interoperabilidad en *e-learning*, es necesario: por un lado, definir una sintaxis y semántica común para la descripción de los recursos educativos, aspectos que afrontaría la *interoperabilidad sintáctica* y la *semántica* mediante el uso de estándares y tecnologías del Web Semántico; y por otro, establecer un sistema de comunicación, mediación e intercambio de recursos educativos (mediadores, empaquetadores), cuestiones asociadas a la *interoperabilidad técnica*.

Un aspecto clave en el avance de la interoperabilidad sintáctica y semántica en *e-learning* ha sido el surgimiento de estándares basados en XML que proporcionan una serie predefinida de atributos para la descripción, identificación y búsqueda de recursos educativos a través de metadatos. En éste área, la comunidad de *e-learning* ha visto iniciativas provechosas en la estandarización de los metadatos sobre objetos educativos²² como los llevados a cabo por IEEE con su estándar Learning Object Metadata (IEEE LOM)²³ o la Dublin Core Metadata Initiative (DCMI), con el perfil de aplicación de metadatos para educación: DC-Education Application Profile²⁴.

Para conseguir la interoperabilidad semántica entre distintos sistemas que empleen modelos de metadatos diferentes para la descripción de sus recursos educativos, es posible aplicar el enfoque del Web semántico: mediante el uso de estándares como RDF (Resource Description Framework), que proporciona un soporte para metadatos flexible y abierto que facilita la interconexión con otros sistemas similares; así como el uso de ontologías, estructuras mas completas para la descripción de recursos educativos, que permiten una representación formal de un concepto además de la representación semántica y sintáctica del mismo.

En el plano técnico, destacan iniciativas como IMS y ADL, que han trabajado en especificaciones hacia la estandarización de diversos aspectos de los objetos de aprendizaje y los procesos de aprendizaje, donde destaca la definición de formatos de intercambio de recursos educativos como el propuesto por IMS Content Packaging²⁵ y adoptado por ADL en su modelo SCORM²⁶.

²¹ Sandra Aguirre; Juan Quemada y Joaquín Salvachua. *Op. cit.*, p. 1.

²² Marek Hatala; Griff Richards; Scott Thorne y Jeff Merriman. "Closing the Interoperability Gap: Connecting Open Service Interfaces with Digital Repository Interoperability". En: *Ed-Media 2004*, 21-26 Junio 2004, pp. 78-83. Disponible en: <http://www.sfu.ca/~mhatala/pubs/edmedia04-ecl-ok-submit.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

²³ IEEE LTSC. *IEEE 1484.12.1-2002. Draft Standard for Learning Object Metadata*. IEEE LTSC, 2002. Disponible en: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf. [Consulta: 29/02/2008].

²⁴ DCMI Education Community. *DC-Education Application Profile (Working Draft of v0.3)*. Julio 2006. Disponible en: http://dublincore.org/educationwiki/DC_2dEducation_20Application_20Profile. [Consulta: 29/02/2008].

²⁵ IMS Global Consortium. *IMS Content Packaging. Version 1.1.4- Final Specification*. Mayo 2004. Disponible en: <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>. [Consulta: 29/02/2008].

²⁶ Advanced Distributed Learning. *Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 3rd Edition Content Aggregation Model (CAM) Version 1.0*. Noviembre 2006. Disponible en: <http://adlnet.gov/downloads/DownloadPage.aspx?ID=237>. [Consulta: 29/02/2008].

Hatala (et al.)²⁷ señalan que, más recientemente, y contando ya con una amplia disponibilidad en estándares y especificaciones de objetos de aprendizaje simples, cursos y otros elementos, la comunidad de *e-learning* ha centrado su atención en aspectos técnicos relativos a la capacidad de conectar y utilizar los recursos localizados y distribuidos en repositorios heterogéneos, por lo que la interoperabilidad entre sistemas de *e-learning* y otras fuentes de objetos digitales como las bibliotecas digitales o repositorios se ha convertido en uno de los temas más candentes en *e-learning*.

En esta línea, se han llevado a cabo diversas iniciativas de estandarización y propuestas de modelos de referencia, como las de la Open Knowledge Initiative, CEN/ISSS, IMS o eduSource Canada²⁸.

La Open Knowledge Initiative (<http://www.okiproject.org>) desarrolla y promueve especificaciones²⁹ sobre cómo los componentes de un entorno de software educativo se comunican unos con otros y también con otros sistemas de empresa. Las especificaciones de OKI permiten la interoperabilidad e integración mediante la definición de una arquitectura abierta y extensible para el desarrollo de software educativo.

La OKI ha desarrollado las *Open Service Interface Definitions* (OSIDs), que fomentan el desarrollo de aplicaciones efectivas para la educación superior, proporcionando definiciones de servicios educativos así como servicios que son comunes a distintos dominios de aplicación, abarcando un amplio rango: desde servicios genéricos, como la autenticación o repositorios digitales, a servicios específicos para la educación como gestión y clasificación de cursos. Las OSIDs tienen el objetivo de simplificar los métodos de formación, distribución y acceso a los recursos tecnológicos educativos, creando una comunidad de colaboración a gran escala. Las OSIDs son simplemente contratos de software, APIs conceptuales que pueden ser expresados en distintos lenguajes de programación, y que son compatibles con otras tecnologías y especificaciones como SOAP o WSDL.

El Learning Technology Workshop de CEN/ISSS ha desarrollado el *Learning Object Repository Interoperability Framework*³⁰, que establece un marco de interoperabilidad entre repositorios de objetos de aprendizaje en base a varios protocolos, distinguiendo entre servicios básicos o centrales (autenticación y gestión de sesiones), y servicios de aplicaciones (consultas, indización, distribución). Las interfaces definidas en la arquitectura están diseñadas para tecnologías de la información como LMS, LCMS y otras plataformas intermediarias.

²⁷ Marek Hatala, Griff Richards, Timmy Eap y Jordan Willms. "The Interoperability of Learning Object Repositories and Services: Standards, Implementations and Lessons Learned". En: *WWW 2004*; New York, New York, USA. p. 19. Disponible en: <http://www.www2004.org/proceedings/docs/2p19.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

²⁸ Sitio web de eduSource Canada, la Red Canadiense de Repositorios de Objetos de Aprendizaje: <http://www.edusource.ca>. [Consulta: 29/02/2008].

²⁹ Las especificaciones de la Open Knowledge Organization (OKI) se recogen en: <http://www.okiproject.org/>. [Consulta: 29/02/2008].

³⁰ Para más información sobre la Learning Object Repository Interoperability Framework, del CEN/ISSS: http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/LORInter_V1.0beta_2005_04_13.doc. [Consulta: 29/02/2008].

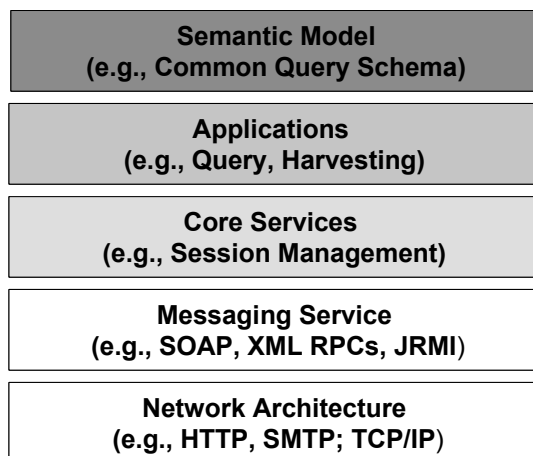


Figura 1. Pila de tecnologías de interoperabilidad de Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Esta propuesta se ha basado en contribuciones de iniciativas como Ariadne, CeLeBraTe, Educanext, Edutella, Elena, EduSource, ProLearn, Universal o Zing, e integra otras especificaciones previas del LTW del CEN/ISSS, como *Simple Query Interface (SQI)*³¹, especificación que establece un interfaz API para intercambiar consultas entre los repositorios de objetos de aprendizaje³², y que es recogido en el nivel de aplicaciones.

Otro hito importante es el de las especificaciones *IMS Digital Repositories Interoperability*³³ (*IMS DRI*), que proporcionan una arquitectura funcional y un modelo de referencia, así como un conjunto de recomendaciones, para facilitar la interoperabilidad entre repositorios digitales y utilizadores de recursos o servicios de acceso, entre los que se encuentran las plataformas de aprendizaje en línea o LMS (*Learning Management Systems*) y LCMS (*Learning Content Management Systems*), portales y otros agentes. IMS DRI define cinco funciones básicas en la comunicación entre sistemas, que son: *search/expose*, *gather/expose*, *submit/store*, *request/deliver*, y *alert/expose*. Para la función de búsqueda, la especificación recomienda usar XQuery³⁴ con el protocolo SOAP o Z39.50. Para la función de agrupación o *gather*, se recomienda el protocolo OAI-PMH.

Por otro lado la eduSource cuenta con el protocolo ECL (*Education Communication Layer*)³⁵, el lenguaje de comunicación empleado por los miembros de la red eduSource, que incluye distintos tipos de repositorios, redes P2P e interfaces de aplicación de instituciones como Explora, Aloha y Careo. Los sistemas miembros de la red mantienen sus propios servicios web mediante HTTP u otros protocolos, pero además, el protocolo ECL permite que se comuniquen entre ellos y ofrecer así

³¹ En *The Very Quick Wiki*, se recogen las especificaciones de interoperabilidad basadas en SQI (Simple Query Interface): <http://ariadne.cs.kuleuven.ac.be/vqwiki-2.5.5/jsp/Wiki?LorInteroperability>, con las que la PROLEARN Network of Excellence (<http://www.prolearn-project.org/>), ha llevado a cabo diversas experimentaciones.

³² Bernd Simon (et al.) "A Simple Query Interface for Interoperable Learning Repositories". En: *Proceedings of the 1st Workshop on Interoperability of Web-based Educational Systems*, Chiba, Japan, 10 Mayo 2005. Disponible en: <http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/www2005-workshop-sqi-2005-04-14.pdf>. [Consulta: 29/02/2008]

³³ IMS Global Consortium. *IMS Digital Repositories Interoperability v1.0 Final Specification*. Enero 2003. <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/>. [Consulta: 29/02/2008].

³⁴ La documentación sobre la especificación XQuery, está disponible en las páginas del Consorcio del Web, W3C: <http://www.w3c.org/XML/Query>. [Consulta: 29/02/2008].

³⁵ ECL (*EduSource Communication Layer*), un protocolo de eduSource Canada: <http://ecl.iat.sfu.ca/protocol.html>. [Consulta: 29/02/2008].

servicios comunes. ECL adopta el modelo propuesto por la especificación IMS DRI y su protocolo de mensajes entre sistemas.

Otros protocolos de comunicación entre sistemas, que si bien no provienen directamente del *e-learning* se aplican también en este ámbito (como lo demuestran las recomendaciones de IMS DRI), son el *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH)*³⁶ y Z39.50³⁷. El primero, creado por la Iniciativa de Archivos Abiertos, proporciona un marco independiente de interoperabilidad para la difusión de contenido digital basado en la recolección de metadatos. El protocolo OAI-PMH permite a los proveedores de servicios (mediante los llamados *harvesters* o recolectores) recoger selectivamente y reunir metadatos de otras fuentes (proveedores de datos) y crear con ello colecciones acumulativas y/o especializadas de metadatos sobre objetos digitales.

La *ANSI/NISO Z39.50* es una Norma Nacional Americana para la Recuperación de Información, que define un medio normalizado para comunicar dos ordenadores con el propósito de recuperar información. Específicamente, la Z39.50 permite la recuperación de información en un ambiente distribuido, cliente y servidor, donde un ordenador opera como un cliente que envía un requerimiento de búsqueda (es decir, una consulta) a otro ordenador que actúa como un servidor de información.

Su aplicación en el mundo de las bibliotecas y los centros de documentación permite la consulta de recursos distribuidos en distintas bases de datos con grandes volúmenes de información desde un mismo punto de acceso, a través de la normalización de procedimientos y características de la búsqueda y recuperación de información. Pero además, se está llevando a cabo la integración de un conjunto de atributos de perfiles de aplicación de Z39.50 con la gestión de metadatos, el Bath Profile, de manera que sirva para enlazar recursos distribuidos en distintas colecciones o repositorios de objetos de aprendizaje, siguiendo el modelo federado de interoperabilidad.

³⁶ Información sobre el protocolo *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH)* en la página web de la Open Archives Initiative, disponible en: <http://www.openarchives.org>. [Consulta: 29/02/2008].

³⁷ Z39.50 es un protocolo creado y mantenido por la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, disponible en: <http://www.loc.gov/z3950/agency/>. [Consulta: 29/02/2008].

3. CASO DE ESTUDIO: SISTEMAS DE E-LEARNING DE TECMINHO

El presente informe se ha realizado a partir del análisis del modelo de interoperabilidad actual de un grupo específico de sistemas que tiene como finalidad el apoyo a las tareas de docencia en *e-learning* de una organización, TecMinho. A partir de las nociones teóricas previamente presentadas, y de distintas cuestiones metodológicas que se explicarán en el capítulo 4, se pretende evaluar el nivel de interoperabilidad alcanzado, detectar carencias y posibilidades de mejora, y así poder proponer un nuevo modelo de interoperabilidad adecuado para este conjunto de sistemas.

Antes de llevar a cabo esta evaluación, en este capítulo se describe brevemente la organización objeto de estudio TecMinho, en relación a su actividad formadora en *e-learning*, y a la arquitectura de sistemas en los que sustenta dicha actividad. Se describen en detalle los sistemas software empleados por TecMinho, con especial hincapié en las capacidades de cada herramienta que les van a permitir intercambiar información con otras plataformas: aspectos técnicos (formatos de ficheros, capacidades de exportación/importación, capacidades de comunicación), sintácticos y semánticos (esquemas y vocabularios de metadatos empleados).

3.1. TECMINHO Y LA FORMACIÓN CONTINUA

TecMinho es una asociación privada sin ánimo de lucro, fundada en 1990, promovida por la Universidad de Minho y la Asociación de Municipios del Vale do Ave.

Su misión fundamental es constituirse en una interfaz de la Universidad, promoviendo su acercamiento y conexión con la Sociedad, especialmente en las vertientes de la ciencia y la tecnología, y contribuyendo así al desarrollo regional, a través de la mejora de la competitividad de las organizaciones y el aumento de las competencias de las personas.

Entre sus estrategias y líneas de actuación más importantes destaca el desarrollo de actividades de formación continua. Para apoyar esta línea de actuación TecMinho cuenta con un importante soporte tecnológico que se compone de un conjunto de sistemas que facilitan las distintas facetas y tareas que conlleva el desarrollo de actividades de formación.

En esta sección se analizarán los sistemas principales que emplea TecMinho para dar soporte a sus actividades de formación, primero de forma genérica en cuanto al tipo de herramienta y su función en el diseño de la formación, y después de forma específica en cuanto al software que utiliza cada uno de estos sistemas.

3.1.1. Arquitectura de sistemas de *e-learning* de Tecminho

Los sistemas más importantes que componen la arquitectura tecnológica de formación a distancia de TecMinho, son los siguientes:

1. Plataforma de *e-learning* o sistema de gestión del aprendizaje (Learning Management System, LMS).

TecMinho - Plataforma de *e-learning* [<http://formar.tecminho.uminho.pt/moodle>].

2. Repositorio de contenidos educativos (Learning Object Repository, LOR):
Repositorio de conteúdos educativos: <http://e-repository.tecminho.uminho.pt/>.

3. Herramienta de creación de contenidos educativos (Educational Content Authoring Tool).
Ferramenta de criação de e-conteúdos (Aplicación de escritorio)

Estas tres herramientas tienen una función clara en el proceso de diseño del aprendizaje. Según José Carvalho³⁸, dicho proceso se compone de tres fases principales: *creación* de los contenidos de aprendizaje por el autor, *disponibilización* de los contenidos en una plataforma y *acceso* a los contenidos por parte de los alumnos.

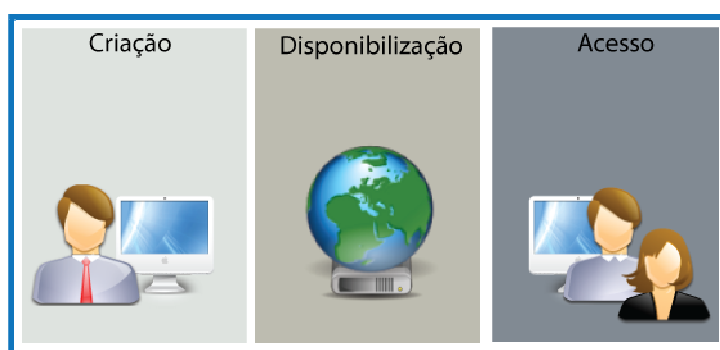


Figura 2. Fases del proceso de diseño del aprendizaje³⁹

Las herramientas de creación de contenidos se sitúan, como es obvio, en la primera parte de este proceso tripartito: la de la creación. Las plataformas de *e-learning* (LMS - Learning Management Systems) y los repositorios de contenidos educativos se sitúan en la parte de disponibilización. Por último, en la parte de acceso a los contenidos se encuentran los *browsers* de navegación en la web y los lectores de formatos específicos.

Así, los LMS y los Repositorios son un modo de distribución de contenidos previamente creados con las herramientas de autor. Los paquetes de contenido (como los que determinan los estándares IMS CP o SCORM CP) también son un modo de distribución de contenidos en sí mismo, aunque en general es mejor que sean agregados a los primeros.

Este proceso se centra únicamente en los contenidos u objetos de aprendizaje, y no contempla otras tareas de mayor alcance como el diseño del aprendizaje, es decir, la concepción de recursos pedagógicos, ni considera la moderación de un curso o su ejecución.

³⁸. "Capítulo 6 - Ferramentas de Criação de e-Conteúdos". En: Silva Dias, Ana Augusta y Maria João Gomes (coords.) *e-Conteúdos para e-formadores*, Guimarães: TecMinho, Gabinete de Formação Contínua da Universidade do Minho, 2007, p. 84.

³⁹ José Carvalho. *Op. Cit.*, p. 85.

3.1.2. Herramientas de creación de contenido educativo

En la primera fase del proceso de diseño del aprendizaje, la de *Creación*, se encuentran las herramientas de creación de contenidos, denominación bajo la cual se engloba un amplio conjunto de aplicaciones cuya clasificación aún no está totalmente resuelta. Para poder comprender su papel es posible dividir las en dos clases:

- Herramientas que permiten crear elementos de un curso (*element tools*) tales como un video, una imagen, un fichero audio, un documento pdf, etc.
- Herramientas de autor, que permiten crear contenidos como un todo organizado en partes (*authoring tools*).

Una *herramienta de creación de elementos*, por lo tanto, es todo tipo de aplicación informática que posibilite la creación de elementos constituyentes del curso o experiencia de aprendizaje que se pretende crear. La diversidad de este tipo de herramientas existentes en el mercado es enorme. Cabría citar a modo de ejemplo Macromedia Flash para la creación de animaciones gráficas Flash, Microsoft FrontPage y Macromedia DreamWeaver para la creación de páginas web en HTML, XML u hojas de estilo CSS; Adobe Photoshop para la creación y edición de imágenes, Adobe Acrobat para la creación de documentos PDF y un sinnúmero de herramientas de creación de documentos y objetos que puedan servir de apoyo a la experiencia educativa.

En cuanto a la *herramienta de autor*, es una aplicación informática que permite crear, agregar y empaquetar contenidos pedagógicos en forma de curso o parte de él, para su distribución a los utilizadores finales. La agregación de contenido es una posibilidad que estas herramientas poseen para organizar contenido de diversas fuentes (desde el propio ordenador o ficheros en servidores de Internet) en páginas estructuradas. Esos contenidos pueden ser cualquier elemento (texto, vídeo, sonido, animación...) u objetos de aprendizaje de otros cursos, que son reutilizados en el curso que se pretende crear. Algunos ejemplos muy conocidos de estas herramientas son Macromedia Authorware, EasyProf, Articulate, CourseLab, ELM Manager o exeLearning+.

A veces asociados a las herramientas de autor, encontramos otra categoría de herramientas, que son los *editores de objetos de aprendizaje* como RELOAD. Este tipo de herramientas no es considerado en el panorama de las herramientas de creación de contenidos, puesto que no contempla la creación sino únicamente la agregación de contenidos ya existentes según determinadas normas como SCORM o IMS CP.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE E-LEARNING DE TECMINHO

Los sistemas que soportan las actividades de formación de TecMinho han sido implementados con un conjunto de sistemas software libre existentes:

1. Plataforma de e-learning/ LMS: construída con Moodle.
2. Repositorio de contenidos educativos: implementado con DSpace 1.4.
3. Herramienta de autor, para la creación de contenidos educativos: exeLearning+

A continuación se describirán las características más importantes de cada una de estas herramientas empleadas por TecMinho para soportar el proceso de diseño de contenidos, con especial atención a sus capacidades de comunicación e interacción con otras herramientas y sistemas, con el fin de determinar más adelante qué nivel de interoperabilidad han alcanzado hasta el momento y, si es preciso, cómo podrían mejorarse.

3.2.1. Herramienta de autor (exeLearning+)

En el caso de TecMinho, la herramienta de autor empleada es exeLearning+ 0.23 “Ferramenta de Concepção de e-Conteúdos para e-learning”, una adaptación específica de la plataforma exeLearning+ (<http://exeLearning+.org/>) desarrollada por la Universidad de Auckland, la Auckland University of Technology y Tairawhiti Polytechnic y financiado por el Gobierno de Nueva Zelanda.

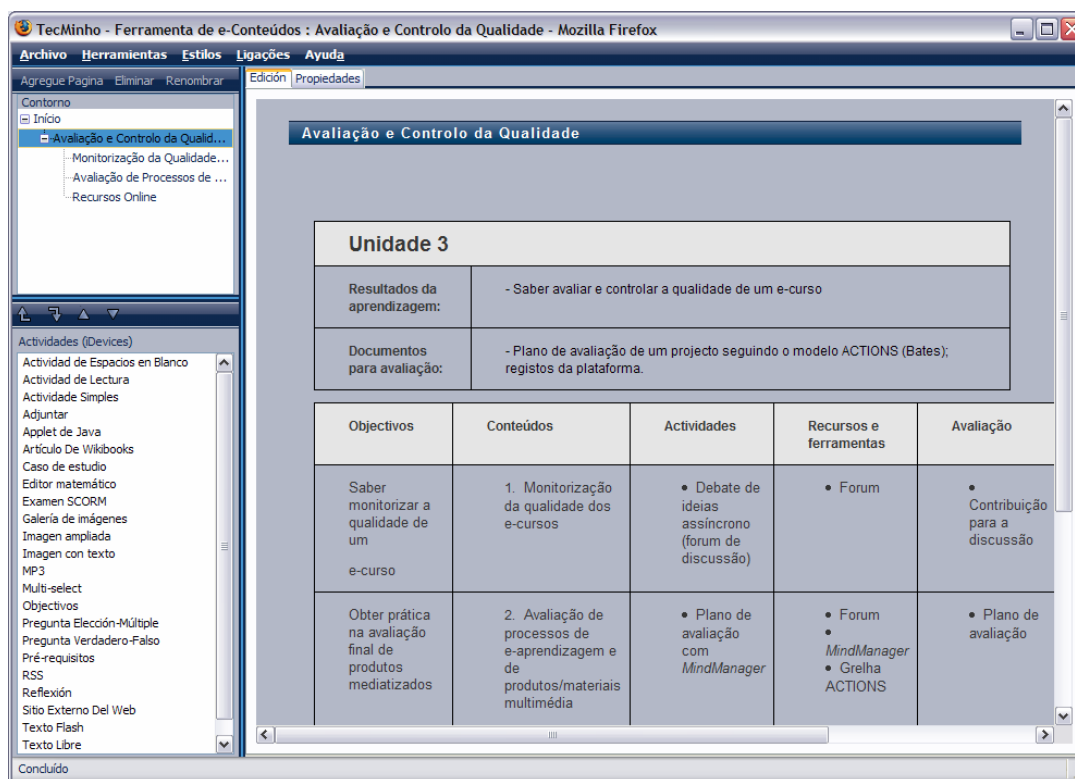


Figura 3. Interfaz de un proyecto en exeLearning+ (recurso “Avaliação e Controlo da Qualidade”)

Con exeLearning+ cualquier docente puede construir contenido web didáctico sin necesidad de ser experto en la edición y marcado con XML o HTML. exeLearning+

puede exportar contenido como páginas web autosuficientes o como paquetes IMS o SCORM 1.2 para poder ser distribuido a repositorios y plataformas de *e-learning*.

En el modelo de contenido de exeLearning+ un proyecto o recurso educativo se denomina Proyecto y se corresponde a la unidad mayor de contenido que puede componerse de diversos recursos o *iDevices* tales como actividades, contenido teórico, lecturas, imágenes, videos, actividades de evaluación, etc. Estos recursos se pueden organizar a partir de una estructura plana o mediante una estructura jerárquica basada en Tópicos, Secciones y Unidades (estas denominaciones pueden ser modificadas y adaptadas a las necesidades de cada autor). Los proyectos creados por exeLearning+ se almacenan en un formato propio elp (con extensión .elp) mediante las funciones *Abrir >> Extraer paquete* o *Guardar*, del menú Archivo.

Las capacidades de exportación e importación de exeLearning+ van a ser claves en el logro de la interoperabilidad con los sistemas de TecMinho y con sistemas externos, por lo que vamos a analizarlas con detenimiento.

1. La exportación de contenidos en exeLearning+

exeLearning+ cuenta con un módulo de exportación de contenidos con las siguientes opciones o formatos de exportación:

- **SCORM 1.2** - Exporta los contenidos creados según el modelo SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) (<http://www.adlnet.gov/scorm/>) en su versión 1.2.
- **IMS CP** - Exporta los contenidos en IMS Content Package (Paquete de Contenidos), según la especificación *IMS Content Packaging* (<http://www.imsglobal.org/content/packaging/>).
- **Sitio Web** - Exporta todo el contenido en sitio web, que puede ser en una carpeta de ficheros (incluyendo anexos, imágenes, vídeos,) o esa misma carpeta comprimida en formato .zip.
- **Página Única** - Exporta todo el contenido en una única página web.
- **Texto** - Exporta todo el contenido en formato .txt, o sea, texto simple sin formato. Útil para dispositivos móviles (teléfonos móviles, iPods, Playstation Portable, PDAs, etc.)
- **DSpace** - Envía el paquete al Repositorio *e-learning* (en desarrollo).

Tanto los paquetes SCORM 1.2. como IMS CP son ficheros en formato .zip que contienen todos los ficheros necesarios para la presentación del contenido educativo (imágenes, videos, texto, anexos), excepto algún recurso remoto enlazado con el contenido (p. ej. un video en YouTube), y la información asociada que permite estructurar los contenidos y aporta información útil para su utilización (los metadatos).

Hay que tener en cuenta que los paquetes SCORM pueden desplegarse posteriormente en otras plataformas compatibles con SCORM 1.2, pero no pueden ser visualizados localmente⁴⁰. Por el contrario, los paquetes creados según la norma IMS CP sí que podrán ser visualizados localmente. Para ello tan sólo será preciso

⁴⁰ Una de las características principales de los paquetes SCORM es su capacidad de comunicarse con la plataforma de aprendizaje en línea o LMS (como un Moodle). Esta comunicación se establece a través de un API, y cuando un objeto SCORM es iniciado en un navegador cualquiera, y no dentro de un LMS, el SCO intenta encontrar el API de la aplicación, y al no poder encontrarlo muestra sucesivos mensajes de error que complican la visualización del recurso.

descomprimir el fichero `.zip` y abrir el fichero `index.html` que se encuentra en su interior. No obstante, no se podrá ver la estructura o menú de los contenidos, ya que esa estructura se crea automáticamente cuando se despliega en una plataforma compatible con IMS CP.

Por último, la opción de envío de paquetes al repositorio de contenidos educativos construido con DSpace está aún en fase de desarrollo. Su objetivo es poder enviar y almacenar en el repositorio los paquetes de contenido creados con exeLearning+ desde esta misma plataforma. Así, se pretende que la herramienta de autor se conecte con el repositorio y permita la autenticación del usuario para poder llevar a cabo el flujo de remisión de documentos, incluyendo la edición de elementos de metadatos.

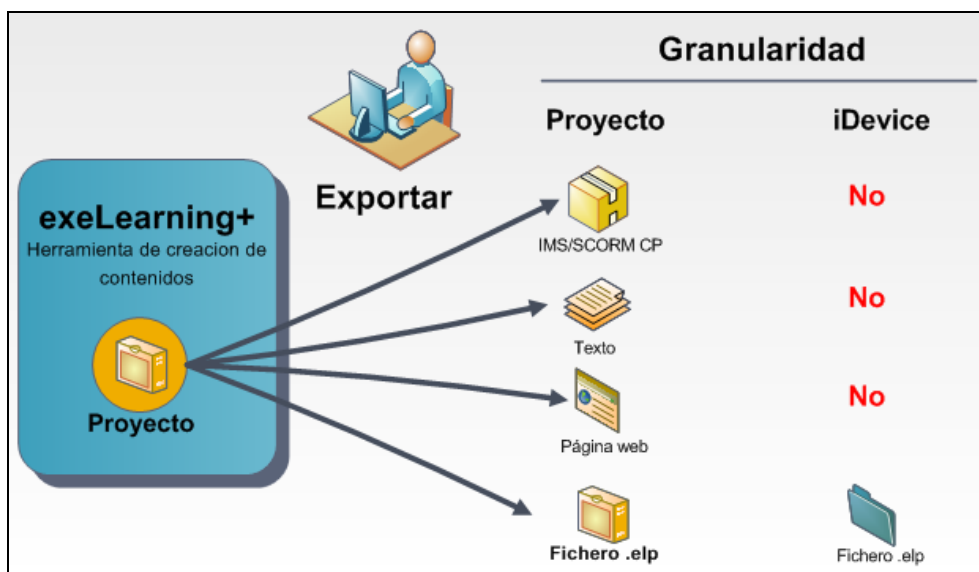


Figura 4. Granularidad de las opciones de exportación de exeLearning+

Es importante tener en cuenta la **granularidad** o nivel de detalle de la exportación: en las opciones del menú *Archivo* >> *Exportar* siempre se exporta el contenido del recurso o *iDevice* completo, y el sistema no es capaz de exportar en niveles de mayor detalle como Tópico, Sección o Unidad.

No obstante, el almacenamiento de los contenidos en el formato propio de exeLearning+ sí se puede realizar con distintas granularidades, pudiendo extraer separadamente cada uno de los Tópicos, Secciones y Unidades o *iDevices* que componen el Proyecto, así como el Proyecto completo.

II. La importación de contenidos en exeLearning+

Las capacidades de importación de exeLearning+ son muy limitadas en comparación con las de exportación. No se ofrece ninguna opción distinta a la de abrir ficheros en su formato propio `.elp`, es decir, contenidos creados anteriormente con la misma plataforma, o insertar dichos ficheros en un proyecto en edición, mediante la función *Abrir* >> *Insertar Paquete* del menú *Archivo*. De esta manera, exeLearning+ permite la creación individual o en lotes de diversas actividades u objetos de aprendizaje (*iDevices*), que posteriormente serán agrupados en un proyecto único.

Al no ofrecer opciones de importación de ficheros en formatos estandarizados como SCORM o IMS CP, exeLearning+ no facilita el uso de contenidos educativos creados en otras plataformas (sólo a nivel de elemento), e incluso creados con la misma plataforma pero exportados y almacenados en estos formatos. Un docente podría tener recursos creados en otra plataforma que desea agregar a un nuevo recurso, ampliar o adaptar para un nuevo contexto educativo, y exeLearning+ no permite esta opción.

III. La edición de metadatos en exeLearning+

exeLearning+ facilita la edición de metadatos sobre los contenidos creados, que posteriormente serán exportados en los paquetes IMS o SCORM, mediante las siguientes funcionalidades:

- Pestaña “**Package**”:
- Pestaña “**Metadata**”:

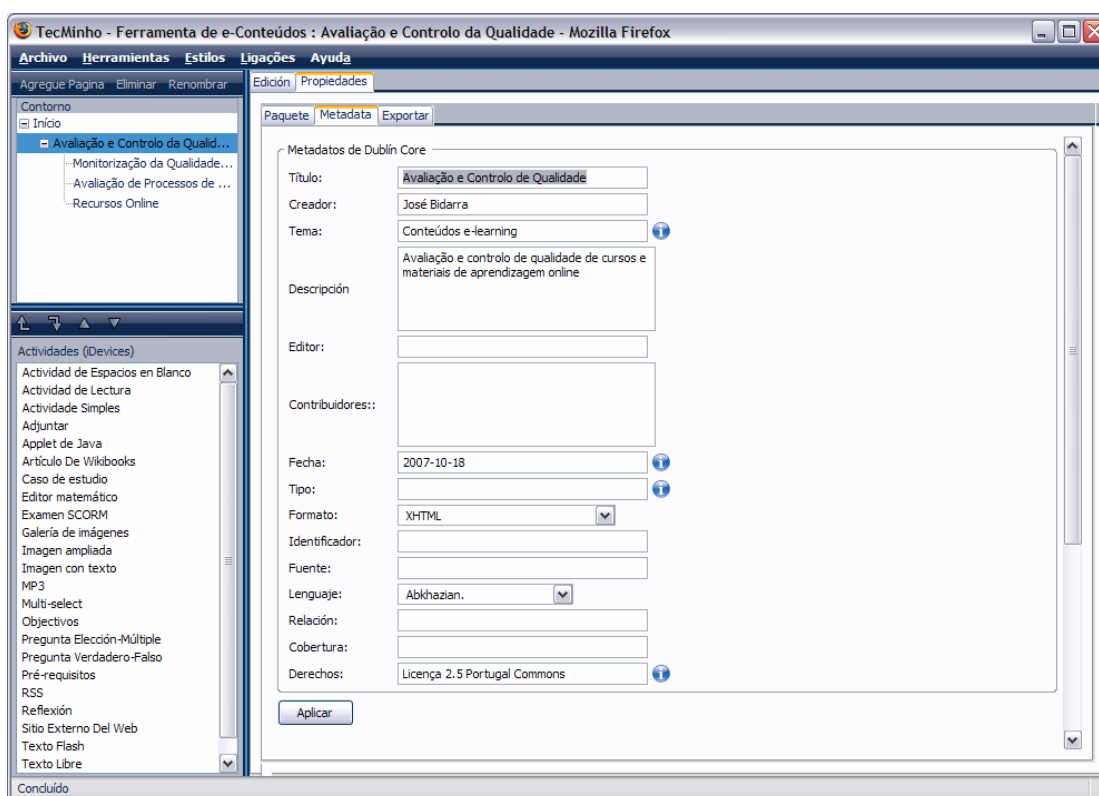


Figura 5. Edición de metadatos Dublin Core de un ODE en exeLearning+

No obstante, no es posible editar metadatos ni propiedades de forma individual de cada una de las actividades o *iDevices* que componen un proyecto en exeLearning+, sino que siempre se asociarán al proyecto en su conjunto.

IV. Otras capacidades de interoperabilidad

Otras funcionalidades interesantes de exeLearning+ en relación con la interoperabilidad es el uso del formato RSS mediante la inclusión de un agregador de fuentes RSS. Así, permite seleccionar distintas fuentes o canales RSS en un recurso creado con exeLearning+, y recibir periódicamente las notificaciones de modificaciones y novedades en esos canales. Una utilidad interesante de esta función es la de añadir a los contenidos de la herramienta de autor el feed de los documentos del repositorio, tanto de todo el repositorio, como, y lo que es más interesante, específicamente de una comunidad o colección (en el caso de un repositorio en DSpace), que incluso puede ser creada con este fin.

3.2.2. Plataforma de e-Learning (Moodle)

Disponible en: <http://formar.tecminho.uminho.pt/moodle/>

TecMinho emplea la plataforma de *e-learning* Moodle (<http://moodle.org>) para soportar sus cursos en las distintas modalidades de enseñanza⁴¹. En el ámbito del *e-learning* este tipo de plataformas se denominan LMS o Learning Management Systems, lo que se corresponde en castellano con la frase *sistemas de gestión del aprendizaje*.

La Plataforma de *e-learning* de TecMinho, en marcha desde mayo de 2005, ya ha permitido impartir una treintena de cursos de diversas disciplinas y áreas de negocio, la mayor parte en el área de Patrimonio, Cultura y Turismo, pero también Cursos de Especialización Tecnológica (CET); cursos para las empresas Gierlings Velpor, GLS o Lionishe; actividades de Formación de Formadores y otros cursos propios de la Universidad de Minho.

Las características principales de Moodle como plataforma de *e-learning* son la capacidad de creación de cursos y comunidades de aprendizaje en línea, con funcionalidades educativas como la planificación de las lecciones y tareas de cada curso y/o grupo de alumnos, la tutoría, registro y seguimiento de las actividades y progresión del alumno, amplias posibilidades de evaluación, servicios de comunicación con el alumno y entre los propios alumnos a través de foros y chats, creación de grupos para la realización de actividades cooperativas, etc. Para ello, permite la creación de algunos materiales u objetos educativos, pero también la inclusión o enlace con contenidos externos de diversa índole que den soporte a una o varias actividades de aprendizaje.

⁴¹ Cabe señalar que el uso de la plataforma Moodle es una elección particular de TecMinho, puesto que la Universidad de Minho como institución cuenta con otra plataforma de e-learning distinta, Blackboard, considerada la plataforma oficial de la universidad. Blackboard (<http://www.blackboard.com/>) es un sistema de software propietario, mientras que el sistema empleado por TecMinho, Moodle, es un desarrollo de software libre. No obstante gran parte de los departamentos de la Universidad de Minho han implementado la plataforma Moodle en sus propios servidores para utilizarla en el desarrollo de diversos cursos de máster, cursos propios e incluso como soporte a la docencia reglada.



Figura 6. Interfaz de la plataforma de e-Learning de TecMinho, basada en Moodle

De nuevo, las capacidades de importación y exportación de contenidos de esta plataforma de *e-learning* van a ser fundamentales en la consecución de los distintos niveles de interoperabilidad, por lo que han sido estudiadas en detalle.

1. La importación de contenidos en Moodle

Es importante tener claro que la finalidad de Moodle en calidad de plataforma de *e-learning* no es la creación de contenidos educativos, sino que su papel en el proceso de diseño de aprendizaje es el de *disponibilización*. Moodle permite diseñar cursos completos donde reutilizar distintos objetos de aprendizaje u componentes de otros cursos que pueden venir directamente de herramientas de creación de contenidos o de repositorios de repositorios educativos, gracias a sus capacidades de importación de recursos. Así mismo, es posible enlazar con recursos externos disponibles en repositorios o en la web, como parte de los materiales de soporte a un curso.

Con este objetivo, Moodle se ha adaptado para cumplir con algunos estándares y especificaciones internacionales de *e-learning*, como los ya mencionados SCORM e IMS CP, y ha implementado las siguientes funcionalidades:

- Módulo SCORM, que permite cargar fácilmente cualquier paquete SCORM estándar y convertirlo en parte de un curso. Para ello Moodle cuenta con la función “Agregar actividad”, donde una de las opciones es “Agregar un paquete SCORM”. Así, permite importar cursos construidos en otras plataformas, como los producidos en la herramienta de creación de

contenidos de TecMinho, exeLearning+, y exportados en forma de paquete SCORM 1.2. (si bien Moodle es compatible con la versión 1.3 o 2004).

- **Agregar recursos:** en cuanto a IMS CP, Moodle permite utilizar ese tipo de paquetes de contenidos, cargándolos e incluyéndolos en cursos de forma sencilla, mediante la función genérica “*Agregar recurso*” y la opción “*Desplegar Paquete de contenido IMS*”.

En relación con estos paquetes de contenido IMS, Moodle soporta, de forma opcional, un repositorio local (Repositorio IMS, desde la versión 1.6) que permite que los paquetes sean compartidos por más de un curso en el mismo servidor. En este caso, además de mostrar la opción “subir archivo” aparecerá un botón para “*Buscar en el repositorio*” y se podrá acceder a dicho repositorio local con paquetes IMS. Este repositorio utiliza una carpeta específica del sistema de archivos de Moodle, que puede ser clasificada por cualquier criterio a elección del administrador/es de la plataforma.

Estos paquetes de contenido IMS están descritos mediante metadatos consistentes según la especificación IMS de metadatos⁴². Los desarrolladores de Moodle pretenden que en el futuro todas las actividades y recursos de Moodle permitan la definición de estos metadatos de una forma integrada, por lo que este tipo de recurso se aprovechará del soporte que ya ofrece para este tipo de información⁴³.

II. La exportación de contenidos y realización de copias de seguridad en Moodle

Las funcionalidades de exportación en Moodle se manifiesta en dos vertientes en relación a las distintas granularidades de los contenidos a exportar: granularidad de *curso* y granularidad de *objeto de contenido*. Es necesario tener muy clara esta diferencia para evitar posibles confusiones al hablar de la exportación de contenidos y realización de copias de seguridad.

a) Granularidad de curso

Una plataforma implementada con Moodle permite la creación e impartición de múltiples cursos. Estos se podrían asimilar a una asignatura en enseñanza reglada, a un curso especializado con una duración determinada o un curso estándar que agrupe un conjunto de materiales y actividades sobre un tema. En general, los cursos se componen de una serie flexible de contenidos y actividades soportadas por diversos módulos: foros, diarios, cuestionarios, materiales, consultas, encuestas y tareas.

Moodle no permite la exportación de cursos según un estándar de *e-learning*, es decir, Moodle no es capaz de generar un paquete SCORM de todo un curso, aunque sí de partes de un curso u objetos de contenido⁴⁴.

⁴² IMS Global Consortium. *Learning Resource Meta-data Specification. Version 1.3 - Final Specification*. Agosto 2006. <http://www.imsglobal.org/metadata/> [Consulta: 29/02/2008].

⁴³ Véase al respecto la documentación de la comunidad Moodle sobre los recursos IMS, disponible en: http://docs.moodle.org/es/Recurso:_IMS. [Consulta: 29/02/2008].

⁴⁴ Véase al respecto la documentación de la comunidad Moodle sobre las capacidades de migración del sistema: <http://docs.moodle.org/en/Migration>.

En cambio, Moodle sí permite la creación de copias de seguridad de cada curso individual de la plataforma, generando un fichero comprimido .zip que puede ser descargado y procesado para mover los datos a otro sistema o como medio de preservación. Este fichero comprimido se compone de los siguientes elementos:

- `moodle.xml`: un documento XML en el que se describen algunas características, estructura y usuarios del curso y se hace referencia a los módulos, componentes y contenidos del curso.
- `Course_files`: un conjunto de ficheros o carpetas con los objetos de contenido (textos, imágenes, paquetes de contenido, etc.) almacenados en el sistema de ficheros del curso (repositorio interno).
- `User_files`: carpeta con información sobre los usuarios del curso.
- `Group_files`: carpeta con información sobre los grupos de usuarios del curso.

No obstante, el fichero de datos "moodle.xml", que define gran parte de la estructura del curso es un fichero XML específico de Moodle. Para importar sus datos dentro de otro LMS, sería necesario procesarlo (por ejemplo, usando una transformación XSLT para convertirlo en un formato IMS que satisfaga al LMS destino).

Así, la dificultad de Moodle para exportar sus cursos completos ya diseñados en un paquete SCORM o IMS CP que pudiese ser posteriormente almacenado en un repositorio de contenidos educativos o ser desplegado en otro LMS, es considerada una de sus principales carencias de interoperabilidad.

b) Granularidad de objeto de contenido

De forma similar, se pueden exportar distintos elementos individuales dentro de un curso Moodle.

- Los paquetes de contenido IMS y objetos SCORM son los formatos estándares de interoperabilidad de contenido, y por tanto pueden ser descargados e insertados en otro sistema también compatible con estos estándares. La compatibilidad con paquetes de contenido IMS es soportada desde la versión 1.6 de Moodle, publicada en 2006.
- Los glosarios se pueden descargar (como un fichero XML no estándar, pero muy simple y supuestamente fácil de procesar).
- Las preguntas de cuestionarios se pueden exportar, entre otros formatos, como IMS QTI 2.0. Este es el estándar internacional que es manejable por la mayoría de LMS y herramientas modernos.

Las funcionalidades de importación y exportación se muestran cuando se edita un "Cuestionario" de Moodle. Paradójicamente, no se ofrece opción de importación de preguntas IMS QTI 2.0, aunque si de formatos procedentes de otras plataformas de *e-learning* como WebCT o BlackBoard y herramientas de autor como HotPotatoes.

Exportar paquetes de contenido IMS o SCORM modificados en Moodle

En relación con los paquetes de contenido e IMS y los objetos SCORM, cabe señalar que Moodle cuenta con un repositorio local de ficheros donde se almacena la

versión original del paquete cargado. Posteriormente Moodle permitirá descomprimir los paquetes IMS y todos los contenidos que estaban dentro del paquete se almacenarán de forma individual en el repositorio “Archivos” en una carpeta con el nombre específico del paquete. En cuanto a los paquetes SCORM, los contenidos desplegados se almacenan en el repositorio local, por defecto en la carpeta *Moddata*, subcarpeta *Scorm*.

Una vez descomprimidos los ficheros de un paquete de contenido IMS o SCORM, Moodle permite:

- Renombrarlos para su mejor identificación y uso en el contexto de un curso.
- Editar su contenido si son ficheros en formato HTML, hojas de estilo CSS, scripts de java .js, y otros. No se permiten editar ficheros tales como imágenes o xml.
- Moverlos a otra carpeta, borrarlos por completo, o crear un fichero comprimido .zip.

Así, si se seleccionan los ficheros originales que formaban parte del paquete SCORM o IMS, y que hayan sido editados en el propio Moodle, se podría exportar un paquete de contenido en formato .zip similar al que fue cargado en su origen (y que permanece almacenado en formato comprimido) pero incluyendo las modificaciones que se hayan podido hacer a los *assets* o *SCOs*. Ahora bien, para que este paquete .zip sea compatible con IMS CP es preciso que:

- se incluya el manifiesto original en el que se recogen las organizaciones, ítems y recursos del paquete.
- no se hayan modificado los nombres de los ficheros para que coincidan con su representación en el manifiesto.

Este paquete podrá ser descargado al equipo del usuario, para posteriormente ser almacenado en un repositorio de contenido, reeditado en una herramienta de autor, así como insertado de nuevo en la misma o en otra plataforma Moodle.

3.2.3. Repositorio de contenidos educativos (Dspace)

Disponible en: <http://e-repository.tecminho.uminho.pt/> (en pruebas).

El repositorio de *e-learning* o repositorio de contenidos educativos de TecMinho y de la Universidad de Minho, ha sido constituido con el objetivo de almacenar, preservar, divulgar y dar acceso a los recursos didácticos y pedagógicos producidos tanto en TecMinho como en la Universidad de Minho.

Los objetivos del RCE son:

- Contribuir a la preservación y divulgación de la producción didáctica y pedagógica de la Universidad de Minho y de TecMinho.
- Valorizar la Producción Didáctica y Pedagógica.
- Preservar la memoria intelectual de la Universidad.
- Dar acceso libre a los contenidos educativos producidos.

- Almacenar los Contenidos Educativos.
- Incentivar la Adaptación y Reutilización de los Contenidos.
- Desarrollar un espíritu de intercambio y uso compartido de recursos

En general, la plataforma DSpace empleada permite implementar repositorios digitales con finalidades de almacenamiento, gestión y preservación de la producción intelectual en diversos ámbitos, así como para facilitar la búsqueda y recuperación de sus contenidos por terceros (recolectores y buscadores), y en definitiva, mejorar su difusión y visibilidad. Estas funcionalidades, tan asimiladas a los contenidos científicos, también pueden ser aplicadas a los recursos educativos. Por tanto DSpace facilita el logro de los objetivos propuestos para el repositorio de contenidos educativos de TecMinho.

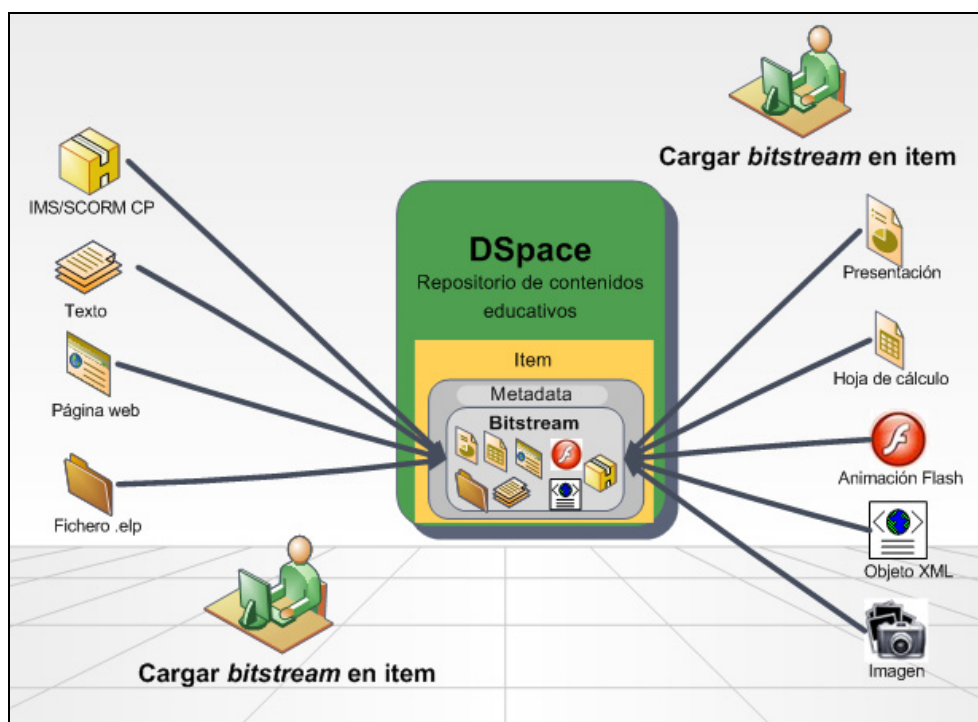


Figura 7. Multiplicidad de formatos reconocidos por DSpace, para añadir a un ítem

Se pretende que el repositorio almacene todo tipo de contenidos de aprendizaje: presentaciones, ejercicios, cuestionarios, paquetes (IMS CP, SCORM CP), fichas pedagógicas, resúmenes, etc., en distintos formatos de ficheros y con distintas granularidades (desde ficheros simples o *assets* como puede ser una imagen o animación flash, hasta cursos completos).

La plataforma DSpace es independiente de formatos, es decir, acepta todo tipo de formato de ficheros, por lo que es posible almacenar cualquier recurso educativo en uno o múltiples formatos. Por ejemplo, para un “Interactive Resource” o recurso interactivo creado con la herramienta exeLearning+, se pueden almacenar varias de sus versiones de exportación: página web en HTML, paquete de contenidos (IMS CP o SCORM CP) en fichero .zip, e incluso otras opciones no contempladas por defecto en su listado de formatos soportados, como el propio de exeLearning+ (.elp).

Ahora bien, aunque los formatos no influyan a la hora de almacenar recursos en DSpace, la forma y capacidades de inclusión o importación de estos ficheros procedentes de otras herramientas van a ser fundamentales en el logro de la

interoperabilidad con los sistemas de TecMinho y otros sistemas externos, dentro o fuera del ámbito del *e-learning*.

I. La ingesta de contenidos en Dspace: remisión vía web

El mecanismo general para añadir recursos a un repositorio DSpace consiste en la remisión de documentos mediante una interfaz web de usuario (*Web Submit UI* en la figura). Para ello es preciso contar con un perfil de usuario del repositorio y autenticarse como tal en “Mi Dspace”, para después poder seleccionar la opción “Comenzar un nuevo envío”.

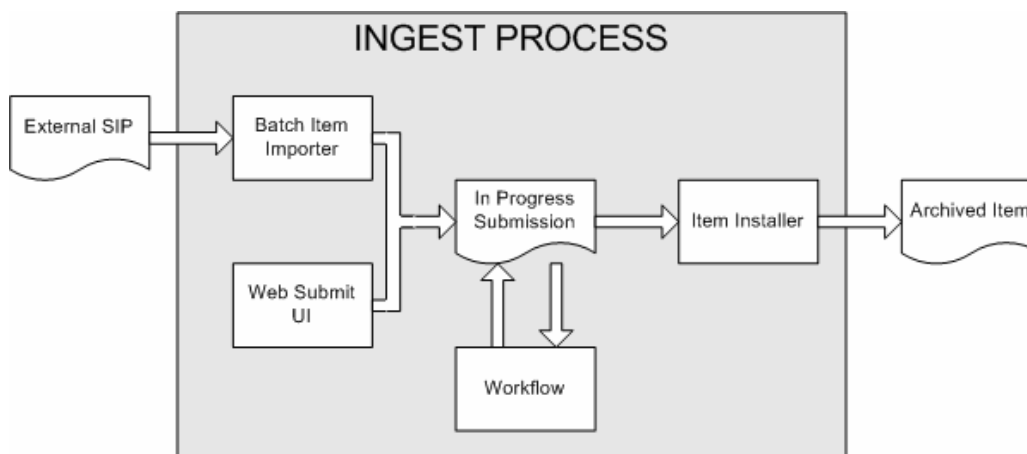


Figura 8. Esquema del proceso de ingesta de ítems en DSpace

Este interfaz permite el envío de documentos al repositorio en un flujo compuesto por varias fases, incluyendo la elección de la colección donde se incluirá, la edición de los metadatos del recurso, la carga del fichero o ficheros asociados, y la elección de una licencia de uso del recurso. Así, cada nuevo recurso debe ser siempre asignado a una colección del repositorio y el usuario debe tener permisos para enviar recursos a dicha colección. Este flujo de remisión de contenidos cuenta con varias figuras mediadoras que deben aprobar el envío, revisar los metadatos y aceptar definitivamente el recurso para su almacenamiento en el repositorio.

II. La obtención de objetos de contenido y/o metadatos en DSpace

DSpace no contempla como tal una funcionalidad de exportación de contenido para usuarios externos, sino que, por un lado, es posible obtener los objetos almacenados mediante la descarga del fichero o ficheros asociados a un ítem, y por otro lado, recolectar los metadatos sobre dichos objetos mediante el protocolo OAI-PMH.

- Descarga de ficheros: cuando se visualiza un ítem en el repositorio es posible visualizar o descargar (y por lo tanto exportar) el fichero o ficheros anexos en los formatos en los que hayan sido almacenados. Esta descarga no incluye el registro de metadatos del ítem, sino sólo los ficheros o *bitstreams* asociados al ítem.

- Recolección vía OAI-PMH: Si lo que se pretende es exportar los registros de metadatos, la manera más sencilla que contempla DSpace es la recolección de registros de metadatos mediante el protocolo OAI-PMH. No obstante, esta opción se limita únicamente al registro de metadatos en Dublin Core sin cualificar, como un documento XML que incluye un enlace al fichero o ficheros de contenido asociados en forma de URL. Los ficheros permanecen en el repositorio, o en cualquier caso, en su localización inicial (en el caso de que el repositorio sólo contenga el registro de metadatos y los contenidos estén almacenados en otro servidor).

III. Exportación de ítems en DSpace

Al margen de estas opciones de obtención de contenido, DSpace permite exportar ítems mediante algunas funcionalidades de importación e importación⁴⁵ que no están automatizadas como funciones de sus interfaces de usuario o administrador, y que por tanto, deben ejecutarse directamente en el servidor donde se aloje DSpace.

En la Capa de Aplicación (Application Layer) de Dspace existen dos clases Java para la exportación, `ItemExport` y `METSExport` (http://www.dspace.org/index.php?option=com_content&task=view&id=144), que conciernen únicamente a la exportación de ítems.

- `ItemExport`

`ItemExport` es una clase java contenida en el directorio `org.dspace.app.itemexport.ItemExport` (es el único ítem en este paquete). Es un paquete de importación que permite la importación de material en DSpace y puede ser usado para transferir ítems (o colecciones) de un repositorio DSpace a otro. Genera un AIP (Archival Information Package) simple del contenido de Dspace.

`ItemExport` puede ejecutarse desde la línea de comandos empleando el comando `dsrun`. Permite exportar con distintas granularidades, tanto un único ítem como una colección de ítems.

⁴⁵ Jon Bell. *Import and export with DSpace*. Septiembre 2005. Disponible en: <http://www.inf.aber.ac.uk/bridge/documents/export.doc>. [Consulta: 29/02/2008].

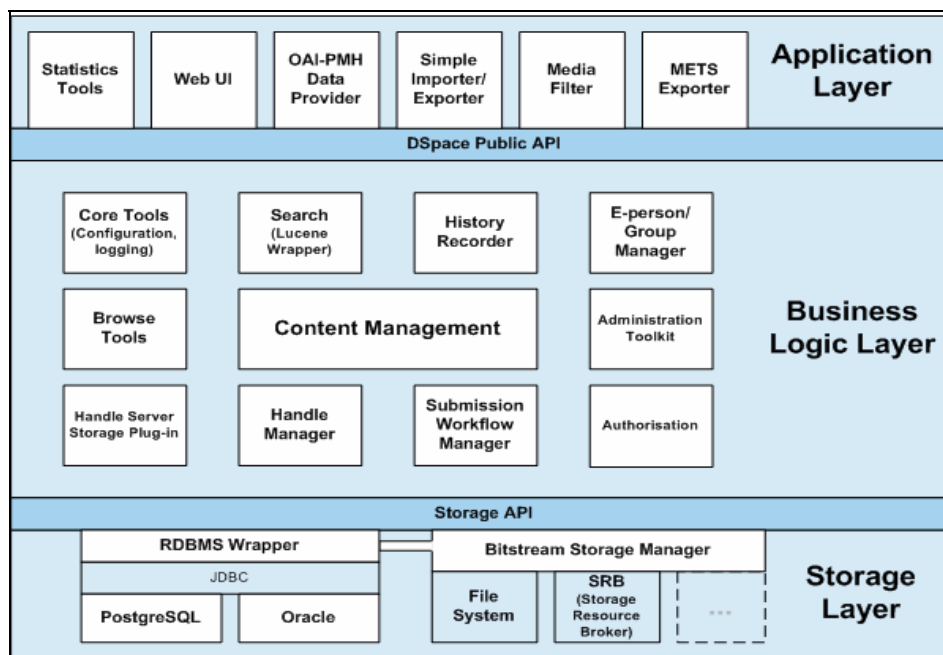


Figura 9. Arquitectura técnica de DSpace: capas y módulos

La exportación de un ítem da como resultado un subdirectorio o AIP en el directorio destino que se haya especificado que contiene lo siguiente:

- contenido: un fichero de texto que lista el contenido del AIP.
 - dublin_core.xml - un fichero XML con los metadatos descriptivos, en el formato Dublin Core cualificado por DSpace (que emplea `contributor.author` en vez de `creator`).
 - handle - un fichero de texto mostrando el identificador del ítem según el sistema Handle.
 - ficheros de contenido: en los ejemplos simples, sólo habrá dos ficheros, el documento original (por ejemplo en PDF) y el fichero de texto de la licencia de uso
- METSExport

METSExport es una clase Java, la única en el paquete `org.dspace.app.mets package`. La finalidad de esta clase es similar a la clase `ITEMexport`, pero los metadatos son exportados en formato METS. También se ejecuta mediante la línea de comandos empleando el argumento `dscrun`.

Identifica el ítem o la colección mediante su identificador persistente o `handle`⁴⁶ (no por su identificador en la base de datos interna de DSpace), y emplea el `handle` para nombrar el subdirectorio del ítem en el directorio destino. Por lo tanto, no es necesario emplear el número de secuencia como en

⁴⁶ Según el sistema Handle System: <http://www.handle.net/>, del CNRI (Corporation for National Research Initiatives), que permite almacenar los nombres de los objetos digitales o `handles` e identificarlos de forma persistente localizando y proporcionando accesos a los recursos digitales de forma permanente.

`ItemExport`. El subdirectorio del ítem contiene dos ficheros: los metadatos METS en formato XML y un fichero sin identificar, nombrado mediante el `checksum` del ítem, que supuestamente contiene el original. El fichero XML de METS es más complejo que el de `ItemExport`.

IV. Importación de ítems en DSpace

Existen al menos dos posibilidades: `ItemImport` y `ItemBatchUpdate`. La primera permite importar aquellos registros que hayan sido previamente exportados de DSpace (en el formato de AIP arriba explicado), permitiendo la importación de colecciones de ítems de forma automática. La segunda se dirige a la importación de registros, de forma individual o por lotes (*batch*), provenientes de otras plataformas y por tanto con distintas sintaxis de metadatos, por lo que contempla la transformación de estos registros de metadatos al esquema `oai_dc` que emplea DSpace.

- `ItemImport`
(http://www.dspace.org/index.php?option=com_content&task=view&id=144#itemimporter)

La funcionalidad de importación de ítems `ItemImport` está en el paquete `org.dspace.app.itemimport.ItemImport`, y se ejecuta mediante la utilidad `import` en el directorio `dspace/bin`.

Los argumentos que se pueden especificar son el identificador o ID del usuario de la base de datos o dirección de email y el ID de la ePerson, el ID de la colección en la base de datos o su handle.

La funcionalidad de importación permite añadir, eliminar y reemplazar ítems en una colección. Si se especifica más de un argumento de colección los ítems serán importados a múltiples colecciones aunque la primera de ellas quedará como la propietaria del ítem.

La funcionalidad de importación generalmente evita el flujo de remisión de documentos asignado a una colección, pero si se añade la opción de “workflow” el ítem importado puede ser redirigido al sistema de workflow (y por tanto, ser revisado y aprobado el ítem, revisados sus metadatos y enviado al repositorio).

- `ItemBatchUpdate`:
(<http://wiki.dspace.org/index.php/ItemBatchUpdate>)

Si se pretende importar o actualizar metadatos o documentos de fuentes externas es posible emplear XSLT. Es empleado en DSpace para establecer *crosswalks* o transformaciones de una representación de datos a otra [XsltCrosswalk](#).

Se ha estandarizado una representación interna de los metadatos denominada DIM: [DspaceIntermediateMetadata](#).

Se ha desarrollado un módulo para la ingesta de XSLT (*XSLTIngest*) que permite importar un fichero XML para el cual haya sido configurado un *crosswalk* en XSLT. Por ejemplo, un fichero XML que contenga múltiples registros bibliográficos puede ser cargado automáticamente mediante este módulo.

4. METODOLOGÍA APLICADA DE EVALUACIÓN DE LA INTEROPERABILIDAD

4.1. INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades principales de TecMinho, en su papel de productor y consumidor de recursos educativos, es poder intercambiar contenidos entre los distintos sistemas y herramientas que componen su arquitectura de formación y por tanto, que estas aplicaciones sean interoperables entre sí.

A partir de las categorizaciones recogidas en el primer capítulo, de *Interoperabilidad en sistemas de información*, podemos afirmar que la interoperabilidad entre los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho pertenece al dominio de las tecnologías de la información, y de forma más específica, al área del *e-learning*.

Asimismo, por el alcance y características de la interacción entre sistemas, la arquitectura de TecMinho corresponde con el modelo elemental propuesto por Munk⁴⁷: son diversos sistemas (plataforma de *e-learning*, repositorio de objetos de aprendizaje y herramientas de autoría de materiales educativos) del mismo área funcional (*e-learning*) que se encuentran (o pretenden hacerlo) en constante cooperación e intercambio de información.

Para lograr la interoperabilidad en este modelo elemental será necesario conseguir que al menos los tres sistemas principales de la arquitectura (herramienta de autoría, LMS y repositorio) sean capaces de intercambiar información entre ellos en distintas direcciones, las cuales se determinarán mediante la definición de un flujo de comunicación e intercambio de contenido preestablecido.

No obstante, aunque el logro de la interoperabilidad a nivel elemental resulta muy necesaria, es imprescindible que esta se lleve a cabo teniendo en cuenta siempre las prácticas, estándares y otros acuerdos propios de niveles superiores, que les permita interoperar tanto en el dominio del *e-learning* y sobrepasando las fronteras de la propia organización (modelo complejo), como en un ámbito o modelo global, que persiga la interoperabilidad a nivel internacional y a través de múltiples dominios de aplicación. De esta manera, será necesario tener en cuenta la adopción de tecnologías y estándares propios del *e-learning*, como los estándares de metadatos IEEE LOM o DC-Ed, especificaciones de empaquetamiento de contenido como IMS Content Packaging y otras relativas a la interoperabilidad entre repositorios y LMS, como IMS Digital Repositories Interoperability (IMS DRI).

La interoperabilidad abarca múltiples cuestiones que se pueden agrupar en distintos tipos, vertientes o dimensiones de la interoperabilidad, como la técnica, semántica, u organizativa. Una vez presentadas las principales cuestiones que engloban cada una de estas dimensiones, se seleccionarán algunos aspectos básicos para el análisis de las capacidades de interoperabilidad de los sistemas de TecMinho.

Algunas capacidades como las de la conexión, comunicación, intercambio e integración de datos entre los sistemas que componen la arquitectura, van a permitir determinar distintos niveles de madurez de interoperabilidad técnica. Una forma de medir el nivel madurez alcanzado por un conjunto de sistemas de información es el

⁴⁷ Sandor Munk. *Op. cit.* pp. 104-105.

que propone el modelo LISI (Levels of Information Systems Interoperability). Este modelo, que considera cinco niveles de madurez, se estudiará en el apartado 4.3 para analizar a qué nivel de interoperabilidad se encuentra en la actualidad la arquitectura de sistemas de TecMinho, cuál sería el nivel a alcanzar, y las funcionalidades necesarias para conseguirlo.

Teniendo en cuenta los requisitos de cada nivel de interoperabilidad planteado por el LISI, aplicados a un modelo elemental, así como algunos aspectos básicos asociados a la interoperabilidad técnica, sintáctica, semántica, se evaluará el flujo de contenido al nivel de madurez actual de TecMinho mediante el planteamiento de casos de uso, y se propondrá un flujo recomendado para alcanzar un nivel de madurez superior.

4.2. CUESTIONES DE INTEROPERABILIDAD TÉCNICA, SEMÁNTICA Y ORGANIZATIVA

La interoperabilidad abarca múltiples cuestiones que se pueden agrupar en distintos tipos, vertientes o dimensiones de la interoperabilidad, como se explica en el epígrafe 2.2. *Dimensiones de la interoperabilidad*. En general, los distintos enfoques estudiados coinciden en señalar como dimensiones fundamentales la interoperabilidad *técnica*, la *semántica*, y la *organizativa*, asociando los aspectos sintácticos bien a la interoperabilidad técnica, bien agrupándolos con la semántica como aspectos de interoperabilidad conceptual.

En cuanto a la interoperabilidad técnica, se dispone ya de un conjunto sólido de especificaciones y estándares identificables y aplicables de forma efectiva en distintos sistemas y entornos, con desarrollos específicos en el dominio del *e-learning*. En cuanto a la interoperabilidad semántica, continúa siendo la más compleja de lograr, aunque existen importantes desarrollos en el área de los metadatos para la descripción de objetos de aprendizaje, vocabularios e incluso ontologías, propiamente diseñados para los entornos de *e-learning*. Estas dimensiones vertebrarán el análisis de los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho, a las que se añadirán algunas cuestiones y reflexiones en torno a aspectos propios de la interoperabilidad organizativa.

4.2.1. Interoperabilidad técnica

En general, la interoperabilidad técnica cubre los aspectos técnicos de la conexión y comunicación entre equipos, dispositivos informáticos y aplicaciones. Esto incluye aspectos claves como interfaces abiertos, servicios de interconexión, integración de datos y mediadores, presentación e intercambio de datos, localización y recuperación de recursos, accesibilidad y servicios de seguridad. En cada una de estas áreas se pueden identificar distintos estándares o especificaciones de uso extendido, como los siguientes ejemplos.

- **Interconexión:** precisa de políticas y tecnologías para conectar sistemas mediante protocolos de comunicación, como pueden ser HTTP, FTP, SMTP, SOAP, CORBA y otros protocolos de amplia aplicación en Internet.

- Intercambio de datos: se basa en tecnologías y estándares para la descripción de la estructura y codificación de los datos para permitir el intercambio de la información entre sistemas que pueden tener distintas formas de representación interna de los datos. Algunos de los estándares más utilizados en la actualidad son el lenguaje de marcado XML (eXtensible Mark-Up Language), sistemas universales de codificación de caracteres como Unicode, mecanismos para la transformación y presentación de documentos como el lenguaje XSL (eXtensible Stylesheet Language), el uso de extensiones consistentes como S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions), entre otros.
- Presentación de la información: mediante el uso de formatos de ficheros estandarizados como TXT, PDF, JPEG, PNG, HTML, XML, etc., que puedan ser entendidos y utilizados convenientemente por sistemas heterogéneos para representar con exactitud información proveniente de múltiples fuentes.
- Metadatos para la descripción de procesos y datos: siguiendo mecanismos de descripción como el Modelo Entidad Relación empleado para estructurar la información en las bases de datos relacionales, o esquemas XML que también permiten dotar de una determinada estructura y contenidos a los distintos tipos de documentos.
- Localización y recuperación de información: hacen referencia a los mecanismos de búsqueda y localización de recursos (servicio de directorio como DNS, o protocolos para la consulta de redes como LDAP), así como a los estándares de metadatos y vocabularios controlados que permiten la descripción consistente de recursos, como es el caso del marco de descripción RDF (Resource Description Framework).

Otros aspectos técnicos destacados son los dirigidos a la identificación única de recursos (como los URI, Universal Resource Identifier), o de elementos y atributos empleados en esquemas XML y otros esquemas de metadatos (como los espacios de nombres XML). Y por último, en relación con la seguridad, es importante tener en cuenta otras tecnologías y estándares para el encriptado de datos, firmas digitales y otros protocolos de transmisión segura de información.

De todos estos aspectos, se van a tener en cuenta algunas cuestiones básicas en relación con la interoperabilidad de sistemas de TecMinho como son los *formatos* de intercambio y de representación de la información, los *esquemas de metadatos* para la descripción y posterior recuperación de los recursos, así como los *protocolos de comunicación* que hacen posible la interconexión entre las plataformas, y como establece el modelo LISI (véase el apartado 4.3. del presente capítulo), el alcance de distintos niveles de madurez de interoperabilidad.

4.2.2. Interoperabilidad semántica

La interoperabilidad semántica es definida por Veltman⁴⁸ como “*la capacidad de los sistemas de información de intercambiar información sobre la base de significados compartidos, pre-establecidos y negociados de términos y expresiones*”. Así, la interoperabilidad semántica permite a los sistemas combinar la información

⁴⁸ K. Veltman. “Syntactic and Semantic Interoperability: New Approaches to Knowledge and the Semantic Web”. *The New Review of Information Networking*, vol. 7, 2001. Disponible en: <http://www.mmi.unimaas.nl/people/Veltman/veltmanarticles/2001%20Syntactic%20and%20Semantic%20Interoperability.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

recibida con otros recursos de información y procesarlo de manera que se preserve su significado completo⁴⁹.

Lograr la interoperabilidad semántica es considerado uno de los mayores retos en la integración de sistemas de información. Básicamente, esto se debe al hecho de que el significado puede cambiar para cada contexto y a lo largo del tiempo, y de que distintos requisitos en dominios diferentes dan como resultado distintos modelos de información. Mientras que la interoperabilidad técnica está próxima de ser alcanzada mediante estándares abiertos, el logro de la interoperabilidad semántica (así como de la organizativa) es más problemático, puesto que afecta a múltiples niveles, funciones y procesos de los sistemas de información.

La interoperabilidad semántica debe ser tenida en cuenta en dos contextos de comunicación: hombre-máquina, y máquina-máquina. En el segundo contexto, presenta distintas dimensiones como las que distingue el proyecto Qualipso, en el que los sistemas de información pueden presentar: incompatibilidades *estructurales* y de *representación* en el modelado de conceptos, incompatibilidades *lingüísticas* como el uso del mismo término para designar un concepto distinto o el empleo de términos distintos para un mismo concepto, así como incompatibilidades *conceptuales* donde sistemas de información distintos emplean conceptos con un cierto grado de solapamiento en su significado.

Una vía para lograr la interoperabilidad semántica es contar con un modelo conceptual común (esquema de metadatos), en el que se describe la información que se intercambia, en términos de conceptos, sus propiedades y las relaciones entre estos conceptos. Asimismo, las propiedades de un concepto pueden tener distintos valores que requieren un entendimiento común, y para asegurar la correcta interpretación de los datos intercambiados entre los sistemas es necesario el uso de vocabularios controlados. Pero, para lograr el entendimiento de la información intercambiada de una forma más dinámica, el sólo uso de vocabularios controlados no es suficiente, siendo necesarios modelos de conocimiento más ricos semánticamente, como taxonomías y ontologías, que definen los conceptos de un determinado dominio así como sus relaciones.

En este sentido, y aunque los esquemas de metadatos ya han sido referidos en relación con la interoperabilidad técnica, estos tienen una importancia fundamental en el logro de la interoperabilidad semántica, junto con los vocabularios, taxonomías y ontologías. Por ello, al analizar la interoperabilidad entre los sistemas de formación de TecMinho serán tenidos en cuenta los metadatos y vocabularios empleados por las distintas plataformas en la descripción de los recursos a intercambiar, determinando el nivel actual de compatibilidad, y las necesidades o recomendaciones de mejora en el logro de la interoperabilidad semántica.

4.2.3. Interoperabilidad organizativa / pragmática.

El informe del proyecto LIFE⁵⁰ elaborad por expertos de la European Schoolnet (EUN) considera que la interoperabilidad pragmática, que englobaría aspectos organizativos y políticos, se refiere a que las organizaciones y grupos deben compartir un mínimo de objetivos comunes, como podría ser un objetivo pedagógico

⁴⁹ IDABC. *Op. cit.*, p. 16.

⁵⁰ Frans Van Assche (ed.) *Roadmap to Interoperability for Education in Europe*. European Schoolnet, Life Project, 2006. Disponible en: <http://www.intermedia.uio.no/display/life/Home>. [Consulta: 29/02/2008].

común, y asumir las responsabilidades y consecuencias compartidas, para ser capaces de colaborar y construir servicios interoperables e intercambiar información.

En relación con la interoperabilidad pragmática, la interoperabilidad organizativa se refiere a la definición de objetivos y procesos de negocio y a la elaboración de modelos comunes para lograr la colaboración de las organizaciones que deseen intercambiar información, pero que puedan tener una organización y estructura interna diferente. Además, la interoperabilidad organizativa tiene por objeto atender las necesidades de la comunidad de usuarios proporcionando servicios disponibles, localizables, accesibles y orientados al usuario⁵¹. Un modelo enfocado a analizar los aspectos de la interoperabilidad organizativa es el LCI (*Leves of Coalition Interoperability*)⁵².

En el caso de TecMinho, en el que los sistemas a interoperar pertenecen a una misma organización, los objetivos comunes vienen por sí solos. No obstante, será necesario tener muy claro cuales son esos objetivos para poder determinar aspectos organizativos que tengan en cuenta las finalidades originales de los sistemas implicados, y poder definir un flujo de comunicación y de intercambio de contenido entre plataformas acorde con las políticas de la organización.

4.2.4. Relación entre los distintos tipos de interoperabilidad

La interoperabilidad técnica puede ser considerada un prerrequisito para alcanzar la interoperabilidad semántica y organizativa. Los sistemas y componentes deben conectarse primero en lo físico, en el nivel de protocolos, antes de que se pueda establecer una interoperabilidad a nivel de datos y semántica.

Por su parte, la interoperabilidad semántica precisa de acuerdos a nivel técnico y organizativo. En primer lugar, cualquier medida tomada tiene que tener en cuenta aspectos de la interoperabilidad técnica, y ser construida en base a estándares, guías y soluciones dadas. En segundo lugar, como el significado de los datos depende de la finalidad o contexto en el que es empleado, las medidas en el contexto de la interoperabilidad semántica están estrechamente vinculadas, e incluso requieren e implican medidas en el contexto de la interoperabilidad organizativa.

Y de la misma manera, la interoperabilidad organizativa precisa de las dos anteriores. Por un lado, es necesario que se proporcionen unos mínimos niveles de seguridad en el nivel técnico para poder iniciar la interoperabilidad a nivel organizativo, definiendo políticas, estrategias y procedimientos. Y por otro, el entendimiento común, y el procesado e intercambio adecuado de los conjuntos de datos se basa en acuerdos sobre conceptos o su relación mutua. Estos acuerdos y el proceso de alcanzarlos sólo pueden ser afrontados desde un nivel organizativo.

⁵¹ IDABC. *Op. cit.*, p. 16.

⁵² Andreas Tolk. "Beyond Technical Interoperability - Introducing a Reference Model for Measures of Merit for Coalition Interoperability". En: *8th International Command and Control Research and Technology Symposium (ICCRTS)*, Washington D.C., 17-19 Junio, 2003. Washington DC: Command and Control Research Program (CCRP), 2003; citado por: *ISIS Guide to Interoperability*, disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/isis/guide/introduction/lci.htm>. [Consulta: 29/02/2008].

4.3. LISI (LEVELS OF INFORMATION SYSTEMS INTEROPERABILITY)

4.3.1. Fundamentos del Modelo LISI

El LISI (Levels of Informations Systems Interoperability)⁵³ es el modelo de interoperabilidad con mayor aceptación en la actualidad, cuyo desarrollo comenzó en 1993 por un encargo a la Corporación MITRE, y fue publicado finalmente en 1998 por el DoD C4ISR Architecture Working Group (AWG) del IEEE. Su objetivo es evaluar las capacidades e implementaciones en contexto de un sistema de información con respecto al nivel de interoperabilidad requerida.

Para lograr la interoperabilidad técnica se pueden establecer varios niveles progresivos: en el *nivel técnico* el objetivo es lograr la compatibilidad entre los sistemas que están "conectados"; en el *nivel de sistemas* es necesario obedecer a los mismos protocolos como requisito para lograr la interconexión de los sistemas; y por último, en el *nivel operativo* nos centramos en la interoperabilidad del modelo de datos y objetos que permita el intercambio de información.

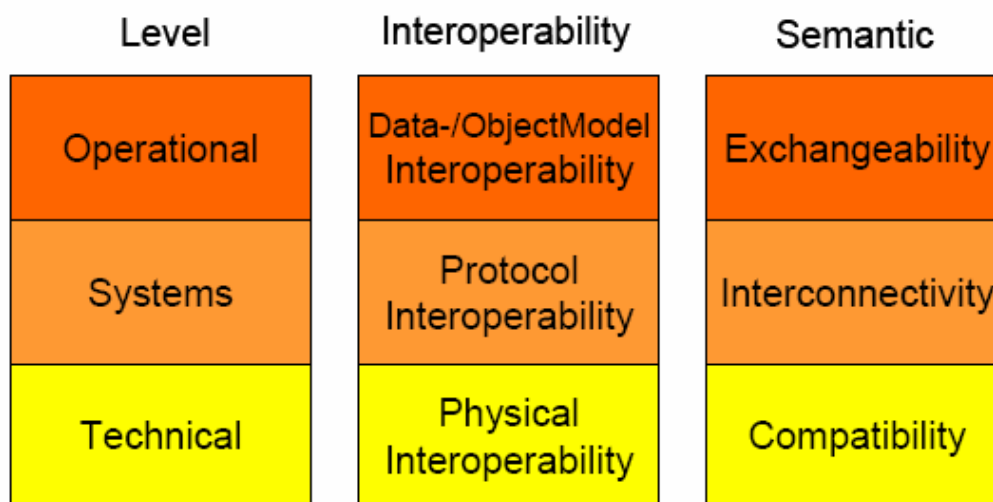


Figura 10. Bases del modelo de interoperabilidad semántica de LISI⁵⁴

A partir de esta base, LISI establece cinco niveles de madurez de la interoperabilidad entre sistemas de información, asociando una serie de atributos a esos niveles que abarcan un amplio rango de consideraciones, principalmente técnicas y organizativas, en torno a la interoperabilidad. Estos atributos se describen mediante el acrónimo PAID (*Procedures, Applications, Infraestructura y Data*). El Modelo de Referencia LISI sitúa los cinco niveles como filas de una matriz y los cuatro atributos como columnas. Las celdas de las intersecciones describen las capacidades necesarias para alcanzar un nivel específico de interoperabilidad para un determinado atributo.

⁵³ C4ISR Interoperability Working Group, Department of Defense. *Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*. Washington, D.C.: Department of Defense, 1998. Disponible en: http://www.defense.gov/nii/org/cio/i3/AWG_Digital_Library/pdfdocs/lisi.pdf. [Consulta: 29/02/2008]

⁵⁴ Ioannis Theodorou (et al.). *Op. Cit.*, p. 22.

Nature of Operational Information Interaction	Corresponding Interoperability Level		Implications			
			P	A	I	D
Cross-Domain Interactive Manipulation	Enterprise	4	Enterprise Level	Interactive	Multiple Topologies	Enterprise Model
Shared Applications & Databases	Domain	3	Domain Level	Groupware	World Wide Networks	Domain Model
Complex Media Exchange	Functional	2	Program Level	Desktop Automation	Local Networks	Program Model
Simple Electronic Exchange	Connected	1	Local/Site Level	Standard System Drivers	Simple Connection	Local
Manual Gateway	Isolated	0	Access Control	N/A	Independent	Private

Figura 11. LISI Reference Model

[<http://www.bmpcoe.org/library/books/lisi%20model/Image4b.png>]

Los cinco niveles de interoperabilidad de LISI son los siguientes:

- Nivel 0. Isolated (Aislada): sin conexión.
- Nivel 1. Connected (Conectada): conexión electrónica, datos y aplicaciones separados.
- Nivel 2. Functional (Funcional): funciones comunes mínimas, datos y aplicaciones separados.
- Nivel 3. Domain (de Dominio): datos compartidos, aplicaciones separadas.
- Nivel 4. Enterprise (Empresarial): manipulación interactiva, datos y aplicaciones compartidas.

Según estos niveles de madurez hay que tener en cuenta varios aspectos que permiten que los sistemas alcancen la interoperabilidad:

- Una **Infraestructura** para que las aplicaciones intercambien estructuras de datos e información,
- Las **políticas y procedimientos** que definen las reglas para la interoperabilidad e intercambio.

4.3.2. Paradigma PAID

A cada nivel, el modelo LISI atribuye un perfil que se compone de diversos atributos. Estos atributos los define en su **Paradigma PAID** (Procedures, Applications, Infrastructure y Data).

- **Procedimientos (*Procedures*):** se centran en las distintas formas de orientación que tienen algún impacto en la interoperabilidad de sistemas, incluyendo doctrina, misión, arquitecturas y estándares.
- **Aplicaciones (*Applications*):** representan los aspectos funcionales de un sistema. Estas funciones se manifiestan en los componentes software de los sistemas, desde procesos individuales a conjuntos de aplicaciones integradas.
- **Infraestructura (*Infrastructure*):** define el rango de componentes que hacen posible las interacciones entre sistemas, incluyendo hardware, comunicaciones, servicios de sistemas y seguridad. Por ejemplo, las infraestructuras tienen en cuenta los protocolos, los servicios software, y otras estructuras de datos de soporte al flujo de información entre las aplicaciones y los datos.
- **Datos (*Data*):** incluyen los formatos de datos y estándares que soportan la interoperabilidad a todos los niveles. Esto incluye todo el rango de estilos y formatos desde texto simple a modelos de datos de empresa.

4.3.3. Niveles de interoperabilidad

Cada nivel de interoperabilidad⁵⁵ se caracteriza por la forma de conexión entre los sistemas y el perfil establecido en relación a los atributos definidos en el Paradigma PAID.

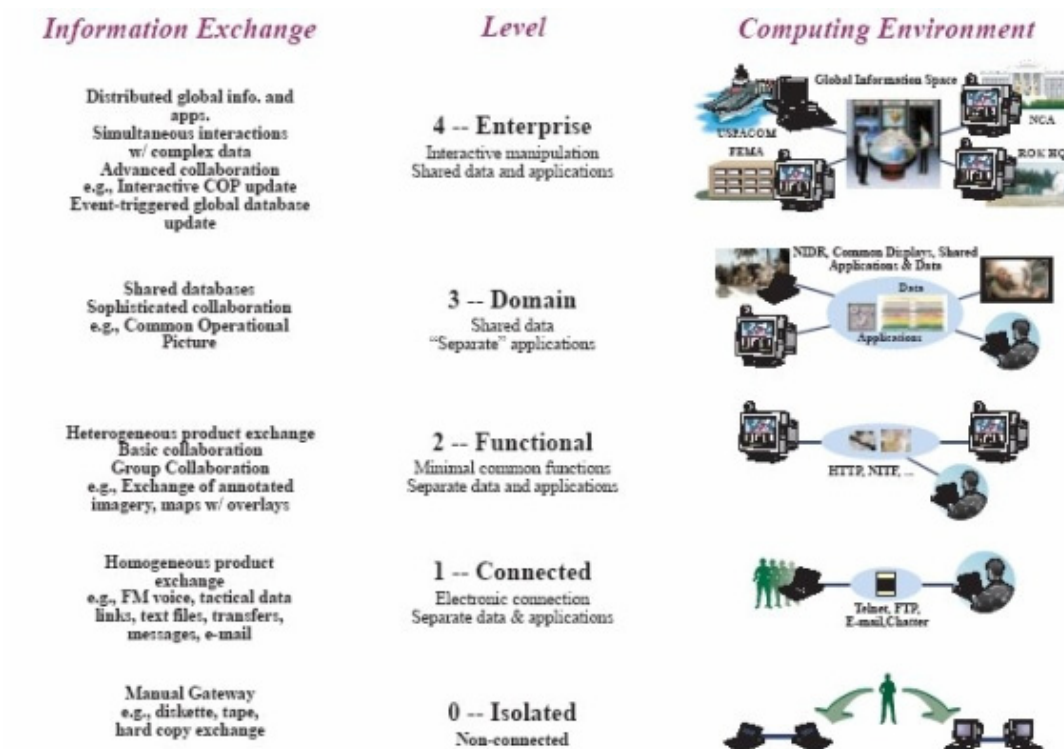


Figura 12. Niveles de interoperabilidad LISI
<http://www.sei.cmu.edu/isis/guide/introduction/lisi.htm>

⁵⁵ LISI Model: Levels of Information Systems Interoperability (LISI) Reference Model. Washington D.C.: U.S. Department of Defense, 1997. Disponible en: <http://www.bmpcoe.org/library/books/lisi%20model>. [Consulta: 29/02/2008].

Nivel 0. Aislada: sin conexión.

Los sistemas de Nivel 0 no tienen conexión electrónica directa. El intercambio de datos entre estos sistemas se produce mediante una entrada manual con el teclado o con un sistema de almacenamiento común (como un disquete o un CD-ROM).

- **Procedimientos** - los sistemas establecen procedimientos locales para gestionar el control de acceso. El usuario debe acceder al sistema directamente para compartir información con otros sistemas.
- **Aplicaciones** - funcionalidades independientes en sistemas aislados. Los datos resultantes son importantes pero no se tiene en cuenta la capacidad de gestionar esos datos de forma consistente.
- **Infraestructura** - principalmente independiente entre sistemas. La mayor parte del intercambio de información se lleva a cabo mediante acceso físico directo. El intercambio de datos entre los sistemas aislados se lleva a cabo mediante el uso de medios de almacenamiento como disquetes, etc.
- **Datos** - modelos de datos propietarios.

Nivel 1. Conectada: conexión electrónica, datos y aplicaciones separados.

Los sistemas de Nivel 1 están conectados de forma electrónica. Estos sistemas permiten el intercambio peer-to-peer de tipos de homogéneos, tales como texto, ficheros gráficos (p. ej. imágenes GIF, TIFF). Generalmente los sistemas de Nivel 1 permiten el intercambio de ficheros de forma simple.

Los atributos PAID a nivel 1, son:

- **Procedimientos** - más allá del simple control de acceso, la mayoría siguen refiriéndose principalmente a políticas a nivel local.
- **Aplicaciones** - independientes entre sistemas pero con mecanismos e interfaces comunes, como las especificadas por la JTA (Java Transaction API).
- **Infraestructura** - soportan conexiones simples tipo peer-to-peer, para permitir la transferencia de datos locales en consonancia con los procedimientos establecidos localmente.
- **Datos** - pueden existir modelos de datos locales, pero por lo general son específicos de un programa en particular. Los informes simples y los gráficos son un ejemplo.

Nivel 2. Funcional: funciones comunes mínimas, datos y aplicaciones separados.

Los sistemas de Nivel 2 son sistemas distribuidos que residen en redes locales que permiten transferir conjuntos de datos complejos y heterogéneos (imágenes anotadas, mapas, documentos multimedia o hiper-enlazados, etc.) de un sistema a otro. Un aspecto clave de los sistemas o aplicaciones de este nivel es su capacidad para proporcionar acceso vía web a los datos.

En estos sistemas están presentes formatos de modelos de datos (lógicos y físicos), pero generalmente existe un modelo de datos aceptado entre los distintos programas, y después cada programa define su modelo de datos propio. Generalmente, los usuarios son capaces de compartir información integrada entre sistemas o funciones.

Los atributos PAID a nivel 2, son:

- **Procedimientos** - centrándose en el nivel de programas individuales, los centros de excelencia estarían encargados de especificar muchas de las implementaciones que los programas deben soportar.
- **Aplicaciones** - las funciones incluyen automatización de escritorio y la capacidad de intercambiar algunos datos estructurados. Los programas de ofimática son un ejemplo. Las interfaces web son importantes en este nivel.
- **Infraestructura** - los sistemas interactúan con otros sistemas en un área local mediante LANs. Estas LANs pueden usar protocolos como (TCP/IP) para soportar redes de área amplia.
- **Datos** - pueden existir estructuras avanzadas de datos, aunque se centran principalmente en aplicaciones individuales (modelos de datos de programas). El uso de formatos de datos comunes entre distintos programas cada vez es mayor.

Nivel 3. Dominio: datos compartidos, aplicaciones separadas.

El nivel 3 se caracteriza por las múltiples interacciones entre aplicaciones. Los sistemas y aplicaciones de nivel 3 son sistemas integrados, capaces de interconectarse mediante redes de áreas amplia (WAN) que permiten a múltiples usuarios acceder a los datos. En este nivel las implementaciones generalmente tienen una visión localizada de un espacio de información distribuido y a través de un dominio operativo o funcional, de manera que la información es compartida por aplicaciones independientes.

Está presente un modelo de datos (lógico y físico) basado en el dominio, que es entendido, aceptado e implementado a en un área funcional o grupo de organizaciones que componen un dominio. Los sistemas son capaces de implementar reglas de negocio y procesos para facilitar las interacciones directas entre bases de datos, como aquellas requeridas para soportar la réplica de bases de datos en distintos servidores.

En este nivel, las aplicaciones individuales pueden compartir repositorios de datos centrales o distribuidos. Los sistemas soportan el trabajo en grupo y colaboración basada en productos de información agrupados (fusionados). Generalmente, se facilita la toma de decisiones sobre problemas localizados en un dominio específico.

Los atributos PAID a nivel 3, son:

- **Procedimientos** - se centran en la interacción de dominio, donde un dominio puede abarcar varias áreas geográficas, pero se centra en un área funcional (C2, inteligencia, logística).
- **Aplicaciones** - avanzadas más allá de los programas individuales, se soportan capacidades básicas de trabajo en grupo, como el seguimiento de las revisiones de documentos, o de gestión del flujo de trabajo.
- **Infraestructura** - las redes son globales. En este nivel la interacción tiene lugar en el espacio global de información, aunque no todo.
- **Datos** - existen modelos de datos definidos que son entendidos entre las aplicaciones, aunque sólo representan un dominio particular.

Nivel 4. Empresarial: manipulación interactiva, datos y aplicaciones compartidas.

El nivel 4 es el objetivo último de los sistemas de información que persiguen la interoperabilidad, en el que los sistemas 4 son capaces de operar empleando un espacio de información global distribuido a través de distintos dominios. Múltiples usuarios son capaces de interactuar con datos complejos de forma simultánea. Los datos y las aplicaciones son completamente independientes y pueden ser distribuidas en este espacio para soportar la integración o agrupación de información.

Este nivel permite formas avanzadas de colaboración (concepto de oficina virtual). Los datos tienen una interpretación común sin tener en cuenta su forma, y se aplican de igual forma en toda la empresa. La necesidad de aplicaciones redundantes, con funcionalidades equivalentes se ve disminuida, desde que las aplicaciones pueden ser compartidas al igual que los datos. La toma de decisiones tiene lugar en contexto, y es facilitada por la información global de la empresa que se encuentra en este espacio de información común.

Los atributos PAID a nivel 4 son:

- **Procedimientos** - procedimientos a nivel de empresa (Departamento de Defensa de los EEUU), basados en entendimientos de tareas como el UJTL.
- **Aplicaciones** - integradas en el espacio de información común distribuido. Múltiples usuarios pueden acceder a las mismas instancias de datos de toda la empresa u organización.
- **Infraestructura** - redes globales que soportan topologías multi-dimensionales. Estas redes pueden tener diferentes áreas basadas en seguridad o control de acceso, pero que están apropiadamente integradas para soportar las necesidades de los usuarios.
- **Datos** – modelos de datos de empresa que soportan la integración entre aplicaciones. Existe un entendimiento común de los datos a través de la empresa.

4.3.4. Reflexiones sobre el alcance del modelo LISI

La iniciativa ISIS considera muy interesante el enfoque de LISI, porque proporciona un modelo de interoperabilidad detallado así como una correspondencia entre el modelo y las tecnologías de implementación, y porque permite medir la interoperabilidad. No obstante, manifiestan dos preocupaciones principales respecto a esta propuesta.

Primero, el LISI refleja un conjunto de estándares y expectativas de interoperabilidad vigentes en el ámbito del Departamento de Defensa de los EEUU en el momento de su creación. De esta manera, el Modelo de Referencia LISI contiene ciertas suposiciones tecnológicas que reflejan un sesgo tecnológico, por lo que algunos de los aspectos recogidos en su modelo deberían ser actualizados para adaptarse a nuevas tecnologías.

En segundo lugar, y más importante, ISIS considera que dos sistemas con un nivel elevado de interoperabilidad no tienen por qué ser altamente interoperables, puesto que las diferencias en las cualidades del servicio, la finalidad de uso de los sistemas, la manera en la que se emplean los datos, y otros factores diversos pueden hacer que dos sistemas no sean capaces de interoperar, incluso cuando los fundamentos técnicos de ambos sean idénticos.

Pero además, hay que tener en cuenta que el modelo LISI se dirige a evaluar el grado de interoperabilidad alcanzado en una organización en sus distintas actividades o dominios, y su aplicación es más compleja para un ámbito más amplio que una única organización o grupo de organizaciones coordinadas.

No obstante, sería posible asociar algunos niveles a entornos de cooperación entre múltiples organizaciones y distintos dominios. Así, el nivel 3 o de dominio sería extensible a un posible (y deseado) entorno global de *e-learning*, en el que pudiesen interoperar todos los sistemas que soporten distintas tareas y procesos del aprendizaje en línea, empleados por cualquier organización o usuario individual y a nivel internacional.

Y más aún, se podría asociar el nivel 4 o empresarial a un entorno que abarque organizaciones y sistemas independientes de múltiples ámbitos o dominios (*e-learning*, *e-government*, *e-commerce*, etc.) que pretenden intercambiar y utilizar información de utilidad de forma continua o puntual. Sin embargo, en este caso se presentan diversas incompatibilidades del modelo, como el almacenamiento común de los datos y el uso de aplicaciones comunes. En este sentido, sería preferible mantener un entorno de sistemas distribuidos, pero estableciendo un modelo de datos común para el intercambio de información en el mismo dominio y entre dominios heterogéneos.

En esta línea, y en el ámbito del *e-learning*, el grupo del proyecto LODE (Learning Object Discovery & Exchange)⁵⁶ de IMS Global, considera que en la actualidad no existen perfiles acordados de localización e intercambio de objetos que respondan a las necesidades del dominio del *e-learning*, y tampoco prácticas establecidas para combinar las especificaciones existentes en una solución completa. Las distintas organizaciones están creando sus propias soluciones, y con ello se está perdiendo la oportunidad de establecer una interoperabilidad más amplia o en un modelo global. Tampoco hay forma de medir o probar la compatibilidad y conformidad de soluciones específicas. Por ello, el grupo de proyecto LODE tiene como objetivo facilitar el descubrimiento y recuperación de contenidos de aprendizaje almacenados en los repositorios de múltiples organizaciones de todo el mundo. Para ello examinará, seleccionará y adaptará las especificaciones que se aplican en las bibliotecas digitales, repositorios genéricos, y repositorios de objetos de aprendizaje.

4.3.5. Aplicación del modelo LISI a la Arquitectura de sistemas de formación de TecMinho

Si tomamos el modelo LISI para determinar el nivel de madurez de interoperabilidad de la arquitectura de sistemas de formación de TecMinho, podríamos afirmar que hasta el momento cumple algunos aspectos de los atributos PAID pero a distintos niveles, desde el nivel 0 o *Aislado* al nivel 2 o *Funcional*.

a) Aplicaciones

En primer lugar, las *aplicaciones* trabajan de forma *aislada*, nivel 0, y no se contemplan mecanismos de colaboración o uso de interfaces comunes. Para mejorar

⁵⁶ Sitio web del Project Group Learning Object Discovery & Exchange (LODE), de IMS Global Consortium: <http://www.imsglobal.org/lode.html>. [Consulta: 29/02/2008].

este aspecto, se considera muy interesante y útil implementar funcionalidades a nivel *Funcional*, como el empleo de un mismo interfaz para el acceso a múltiples herramientas (por ejemplo, para la búsqueda y recuperación de objetos del repositorio directamente desde el interfaz de la plataforma de *e-learning*), e incluso funcionalidades propias del nivel de *Dominio*, que faciliten el trabajo en grupo mediante la gestión de flujos de trabajo.

b) Infraestructura

En cuanto a las atributos de conexión o *infraestructura*, la arquitectura de TecMinho funciona también en un nivel 0 o *Aislado*, puesto que no hay conexión directa entre los distintos sistemas para el intercambio de información. Las plataformas que componen la arquitectura (herramienta de autor, repositorio y LMS) trabajan de forma aislada con datos y aplicaciones separadas y el intercambio de información se debe realizar mediante sistemas de almacenamiento intermedio, como el equipo informático del usuario, correo electrónico o incluso, servidores de almacenamiento común.

No obstante, dos de las plataformas de la arquitectura, el repositorio de objetos de aprendizaje (DSpace) y el LMS (Moodle), están disponibles para su acceso mediante un interfaz web, a través del protocolo HTTP, si bien este acceso hasta ahora sólo está dirigido a los usuarios, y no a otras aplicaciones. Asimismo, el repositorio en DSpace cumple con el protocolo OAI-PMH, que permitiría su comunicación con otras aplicaciones compatibles con OAI-PMH en el papel de recolectores de metadatos, aunque éste no es el caso de exeLearning+ o Moodle.

Así, en lo que a conexión se refiere, el nivel mínimo que se debería alcanzar es el funcional, donde sistemas distribuidos que residen en redes locales LAN pueden transferir conjuntos de datos complejos y heterogéneos de un sistema a otro. Un aspecto clave de los sistemas o aplicaciones de este nivel es su capacidad para proporcionar acceso vía web a los datos, como ya hacen DSpace o Moodle.

C) Datos

En cuanto a los modelos de *datos*, los sistemas implicados emplean sus propios modelos, lo que les situaría de nuevo en un nivel 0 o aislado, pero también utilizan algunos modelos de datos y formatos de ficheros estandarizados, que facilitarían el intercambio de recursos entre los sistemas. En este sentido, no sería difícil alcanzar un Nivel 2 *Funcional*, en el que los sistemas emplean sus propios formatos de modelos de datos pero también un modelo de datos común aceptado por las distintas plataformas.

Por ejemplo, la herramienta de autor exeLearning+ utiliza un formato propietario *elp* para almacenar sus recursos, pero permite exportar en otros formatos estandarizados como IMS CP y SCORM, o HTML. De la misma manera, la plataforma de *e-learning* Moodle cuenta con un formato propietario de estructuración de la información, pero utiliza XML para la codificación de los datos, lo que facilita su intercambio y transformación a otros formatos. Y por último, DSpace, también se basa en XML para la codificación y representación de los datos, potenciando con ello la interoperabilidad de datos y metadatos.

A largo plazo sería recomendable alcanzar el nivel de dominio en lo que a datos se refiere, en el que los datos serían compartidos y de almacenamiento conjunto. Por ejemplo, en este nivel la plataforma de *e-learning* no precisaría replicar los recursos que ya estén en el repositorio, sino que únicamente se crearía la estructura de los

cursos y algunas actividades en el LMS, junto con enlaces a recursos de almacenamiento externo.

Así mismo, sería muy recomendable poder almacenar de forma automatizada en el repositorio, las copias de seguridad de los cursos de la plataforma de *e-learning* o poder integrar la herramienta de autor en ésta última.

C) Procedimientos

Un aspecto clave en relación a los procedimientos es el control de acceso de los usuarios a las aplicaciones. En la actualidad, las herramientas de la arquitectura de TecMinho llevan a cabo el control de acceso de forma independiente, en un nivel *Aislado*, con usuarios propios para las plataforma Moodle y DSpace mientras que exeLearning+ se ejecuta de modo local en el equipo del usuario y no es necesario control de acceso a la herramienta. Para alcanzar niveles superiores en este aspecto, sería recomendable coordinar los mecanismos de autenticación entre las plataformas, creando niveles y perfiles de usuario relacionados entre sí, con permisos y niveles de acceso coherentes, e integrar en este entorno a la herramienta de autor.

4.4. ESCENARIOS Y CASOS DE USO

4.4.1. La técnica de los casos de uso

Tanto para analizar el modelo de interoperabilidad actual, como en el planteamiento del modelo deseado, se ha aplicado la técnica de los casos de uso.

Un **caso de uso** es una técnica para la captura de requisitos potenciales de un nuevo sistema o una actualización de software. Cada caso de uso proporciona uno o más escenarios que indican cómo debería interactuar el sistema con el usuario o con otro sistema para conseguir un objetivo específico. Normalmente, en los casos de usos se evita el empleo de jergas técnicas, prefiriendo en su lugar un lenguaje más cercano al usuario.

Un caso de uso es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema. Los diagramas de casos de uso sirven para especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/u otros sistemas.

Los casos de uso se suelen plasmar en unas **fichas modelo** donde se hacen constar aspectos como una descripción breve del caso, actores principal y secundarios, secuencia de acontecimientos o escenario, variaciones de la secuencia, ventajas y limitaciones del modelo, etc.

Un **actor** sería el rol o función que asume una persona, sistema o entidad que interactúa con el sistema que se está analizando o diseñando. Hay que tener en cuenta que un usuario puede acceder al sistema como distintos actores.

Además, los casos de uso se pueden representar gráficamente mediante **diagramas**, para lo cual se pueden emplear lenguajes y sistemas de notación de uso generalizado, como por ejemplo, el Lenguaje Unificado de Modelado, **UML** (por sus siglas en inglés *Unified Modelling Language*). No obstante, en este informe se han utilizado códigos de representación propios para representar los procesos de transferencia entre sistemas, así como algunos gráficos adaptados del lenguaje UML.

4.4.2. Modelo de ficha utilizada

Para el análisis de las posibles transferencias de datos entre plataformas de TecMinho tanto del flujo de contenido actual como del deseable, se ha utilizado un modelo de ficha muy sencillo, como el que sigue:

Tabla 2. Ficha modelo empleada en el informe para los casos de uso

Caso	Título breve para referirse al caso de uso
Descripción	Descripción de la finalidad del escenario presentado en el caso de uso y resumen de la secuencia.
Actor Primario	Actor principal del caso de uso.
Actores secundarios	Actores secundarios con los que interactúa el actor primario.
Granularidad	Nivel de granularidad en la interacción presentada en el caso de uso.

Condiciones previas	Requisitos que se deben cumplir previamente al inicio de la secuencia del caso de uso.
Post-condiciones	Resultado o estado que se debe alcanzar una vez finalizada la secuencia presentada en el caso de uso.
Secuencia	Relación de pasos o acciones que componen la secuencia del caso de uso.
Variaciones	Posibles variaciones o alternativas a la secuencia de pasos del caso de uso.

Cabe señalar que este modelo se ha adaptado expresamente al tipo de acción analizada en los casos de uso de este estudio. En estos se produce siempre una transferencia de un objeto de información (tanto de forma aislada como conectada), y por lo tanto, se ha considerado fundamental incluir el campo granularidad del objeto, aspecto que determina en gran medida las condiciones y los pasos de la secuencia.

4.4.3. Los actores y roles (IMS DRI)

En cuanto a los actores empleados en los casos de uso, se han basado en los roles propuestos en la especificación de IMS para la Interoperabilidad de Repositorios Digitales (IMS DRI)⁵⁷, adaptándolos a los actores reales que intervienen en los flujos de contenido de la arquitectura de sistemas de información de TecMinho.

- Actor 1. Creador de Contenidos educativos (CdC)
- Actor 2. Responsable de formación / Tutor.
- Actor 3. Agente software. LMS → Moodle.
- Actor 4. Agente software. Herramienta de autoría → ExeLearning+.
- Actor 5. Agente software. Repositorio → DSpace.

Estos actores podrán ser tanto usuarios de las plataformas, con el rol de creador el actor 1 y con el rol de tutor (*infoseeker* o buscador de información) actor 2, como otras plataformas con el rol de agente software (actores 3, 4 y 5).

Tanto el Actor 1 como el Actor 2, pueden ser desempeñados por un profesor en distintos momentos de su actividad docente: creación de contenidos para un curso o una disciplina, búsqueda y recopilación de recursos para el diseño de un curso, almacenamiento y preservación de cursos diseñados, etc.

En este análisis no se han tenido en cuenta los roles de Alumno, puesto que, hasta el momento, el flujo de contenido propuesto sólo comprende el proceso de creación, diseño, disponibilización de contenidos educativos, así como su posterior búsqueda y recuperación por parte de los docentes para ser incluidos en una experiencia de aprendizaje, curso o disciplina.

El Actor 5 de nuestra propuesta sustituye al Actor 9 en IMS DRI, un LCMS o sistema de gestión de contenidos de aprendizaje que incluya herramientas de edición y autoría de objetos educativo. En la Arquitectura de TecMinho, y por tanto, en sus

⁵⁷ IMS Global Consortium. *IMS Digital Repositories Interoperability v1.0 Final Specification*. Enero 2003. <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/>. [Consulta: 29/02/2008].

flujos de contenido, esta función la cumple de forma individual la herramienta de autoría ExeLearning+.

4.4.4. La cuestión de la granularidad

Las plataformas de apoyo a la formación de TecMinho permiten generar, importar, exportar y almacenar distintos tipos de recursos de granularidad diversa, desde objetos digitales educativos (ODEs) simples como una pregunta en un cuestionario, una imagen o un texto, hasta objetos más complejos como un cuestionario completo, una unidad didáctica, un tutorial, o un curso Moodle, que sería la granularidad mayor presente en este conjunto de sistemas.

Es necesario, por tanto, tener en cuenta la granularidad de los recursos que van a ser intercambiados entre las plataformas, por lo que se han distinguido al menos dos niveles de granularidad: ODE (incluyendo tanto objetos simples como complejos, pero que no constituyan un curso Moodle) y Curso, estructura del LMS (en este caso Moodle) para cursos, asignaturas, disciplinas, y otras cuestiones, que agrupa múltiples recursos y materiales docentes, así como actividades (foros, chats, wikis, exámenes, etc.)

Los proyectos de la herramienta de autor exeLearning+ también son considerados globalmente ODEs, si bien en el formato propio de la herramienta se pueden exportar a distintas granularidades (cada *iDevice* de forma individual).

En algunas ocasiones se distinguirán algunos objetos específicos a nivel de ODEs, como pueden ser las preguntas y cuestionarios, o los glosarios, de Moodle, pero sin diferenciar la granularidad en el caso de uso.

4.5. ESPECIFICACIÓN IMS PARA LA INTEROPERABILIDAD DE REPOSITORIOS DIGITALES (IMS DRI)

La especificación de IMS para la Interoperabilidad de Repositorios Digitales (IMS DRI)⁵⁸, define una arquitectura funcional basada en tres tipos de entidades, cada una de ellas con unas funciones determinadas, que definen el mapa en el que herramientas de *e-learning*, repositorios y otros servicios de información interactúan.

Las entidades que tiene en cuenta el modelo son:

- Roles (Alumno, Creador de contenidos, Buscador de información y Agente software).
- Componentes funcionales de de los utilizadores de recursos, repositorios, gestores de acceso y servicios de procura.
- Servicios como registros y directorios.

Los repositorios (servicios provisos) y los utilizadores de recursos (servicios de acceso) tienen una serie de funciones asociadas. Las relaciones entre estas funciones (representadas mediante una línea roja continua en la figura 13) establecen las interacciones básicas entre los componentes funcionales que soportan la interoperabilidad.

Estas interacciones entre funciones son:

⁵⁸ IMS Global Consortium. *Op. Cit.*

- Search-Expose
- Gather-Expose
- Submit-Store
- Request-Deliver
- (Alert/Expose)

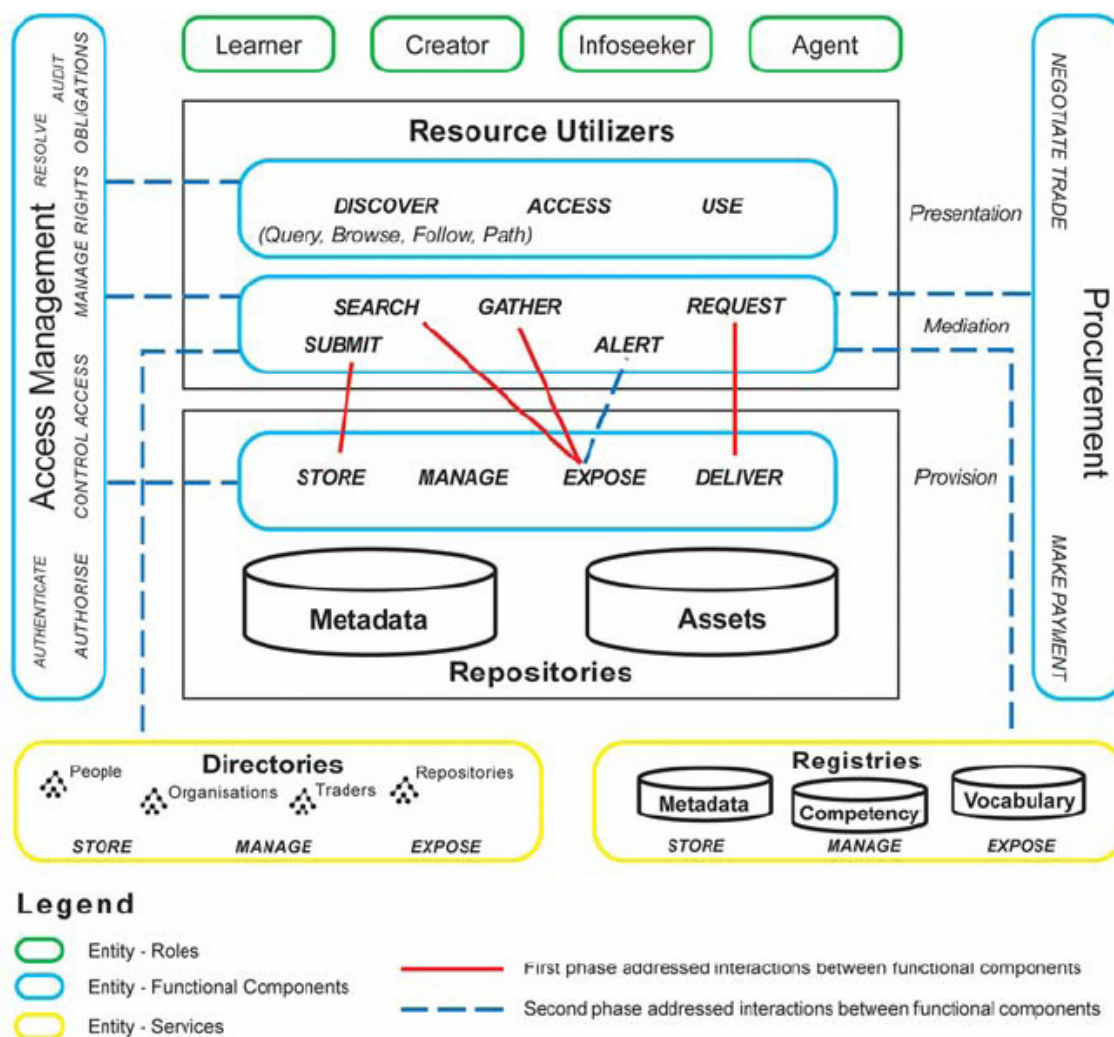


Figura 13. Arquitectura Funcional de IMS DRI

De estas cuatro interacciones, en la propuesta de modelo de interoperabilidad para TecMinho se van a tener en cuenta dos: **Request/Deliver** y **Submit/Store**. El resto de las funcionalidades de interoperabilidad, **Search/Expose**, **(Alert)/Gather**, se refieren únicamente al intercambio de metadatos, y el presente análisis tiene como objetivo analizar las capacidades de las herramientas de formación de TecMinho en el intercambio de objetos de contenido completos, incluidos sus metadatos.

5. ANÁLISIS DE LA INTEROPERABILIDAD DE LA ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE TECMINHO

5.1. MODELO DE INTEROPERABILIDAD ACTUAL: NIVEL AISLADO

Los sistemas (herramienta de autor, repositorio y LMS que componen la arquitectura de apoyo a la formación de TecMinho siguen en la actualidad un modelo de interoperabilidad de nivel aislado, puesto que no hay conexión directa entre los distintos sistemas para el intercambio de información. Las plataformas trabajan de forma aislada con datos y aplicaciones separadas y el intercambio de información se realiza aún mediante sistemas de almacenamiento intermedio, como el equipo informático del usuario, correo electrónico o incluso, servidores de almacenamiento común.

5.1.1. Requisitos de interoperabilidad a nivel aislado

Aún en el nivel aislado, es necesario cumplir con unos requisitos mínimos de interoperabilidad, en relación con distintas cuestiones técnicas, sintácticas, semánticas, etc. Las cuestiones que se han considerado básicas son las siguientes:

- **Acuerdos Técnicos:**
 - Representación de datos (Formatos): lograr el consenso en el uso de determinados formatos de ficheros y formatos de intercambio de recursos entre plataformas, preferiblemente estandarizados.
 - Funcionalidades de intercambio: aunque en este nivel el intercambio no se basa en la conexión o comunicación directa entre plataformas, éstas deben contar con algunos mecanismos básicos de ingesta o *importación* de recursos de otras plataformas, así como permitir la *exportación* u obtención de recursos de la propia herramienta.

- **Acuerdos Sintácticos:**
 - Descripción de recursos (Esquemas de metadatos): es preciso que todas las plataformas reconozcan y puedan interpretar la información asociada a los recursos educativos, y por tanto, es preciso un consenso a nivel de los esquemas de metadatos utilizados por las plataformas, y en la forma de codificar esos esquemas⁵⁹. Una solución es emplear un modelo de intercambio, manteniendo un modelo de uso interno, cuyos registros sean transformados al modelo de intercambio cuando se transfieran los objetos de contenido.

⁵⁹ Nótese que las herramientas DSpace y exeLearning utilizan en ambos casos el estándar Dublin Core, pero el esquema de codificación de cada uno de ellos no coincide, así como el uso de algunos elementos de metadatos y los vocabularios de distintos elementos.

- **Acuerdos Semánticos:**
 - Descripción de recursos (Vocabularios en elementos de metadatos): No sólo es necesario lograr el consenso respecto al esquema de metadatos a utilizar, sino también en el contenido de los elementos, estableciendo vocabularios controlados de uso común o sistemas de transformación (mapeo) entre los elementos de esquemas de cada herramienta, pudiendo ser necesario para ello el uso de ontologías.

5.1.2. Flujo de contenido actual: nivel aislado

En la actualidad, el flujo de transferencia de contenido entre las distintas plataformas de apoyo a la formación de TecMInho consiste en las siguientes acciones:

- Los autores (Creadores de Contenido) generan objetos educativos con la herramienta de autoría exeLearning+, y guardan sus propias copias o versiones de los ficheros de los recursos en sistemas de almacenamiento propios (disco duro, memoria extraíble, servidor web).

Parte de estos objetos educativos creados con exeLearning+ se almacenan en el repositorio DSpace, por los propios autores o por los administradores del repositorio. Para su almacenamiento es necesario ingestar/importar los recursos directamente en el repositorio mediante su interfaz web de usuario.

- Los profesores, como Responsables de Formación o Tutores, generan cursos en la plataforma de *e-learning* Moodle, donde insertan materiales de diversa índole: algunos generados con la herramienta de autoría, otros generados *in situ* (foros, preguntas y cuestionarios, glosarios), materiales recopilados de la web o de elaboración propia (textos en PDF, HTML, etc), así como enlaces a recursos externos.

Los recursos externos, procedentes directamente de la herramienta de autoría o localizados en el repositorio, son importados como recursos o como actividades, y se cargan en el sistema de archivos de Moodle.

Otras transferencias posibles entre plataformas, podrían ser las siguientes:

- Los profesores generan ODEs y cursos en la plataforma de *e-learning* Moodle, y posteriormente los extraen (exportando o como copias de seguridad) y los almacenan en el repositorio DSpace para su preservación o posterior reutilización.
- Los profesores localizan y obtienen ODEs del repositorio y los reeditan, combinan con otros ODEs o descomponen, mediante la herramienta de autor exeLearning+. Posteriormente los pueden volver a almacenar en el repositorio, como una nueva versión del recurso o como un recurso nuevo, o utilizar en un curso en la plataforma de *e-learning*.

En la siguiente figura se representa este flujo de contenido, con distintas transferencias de contenido entre plataformas y a distintas direcciones:

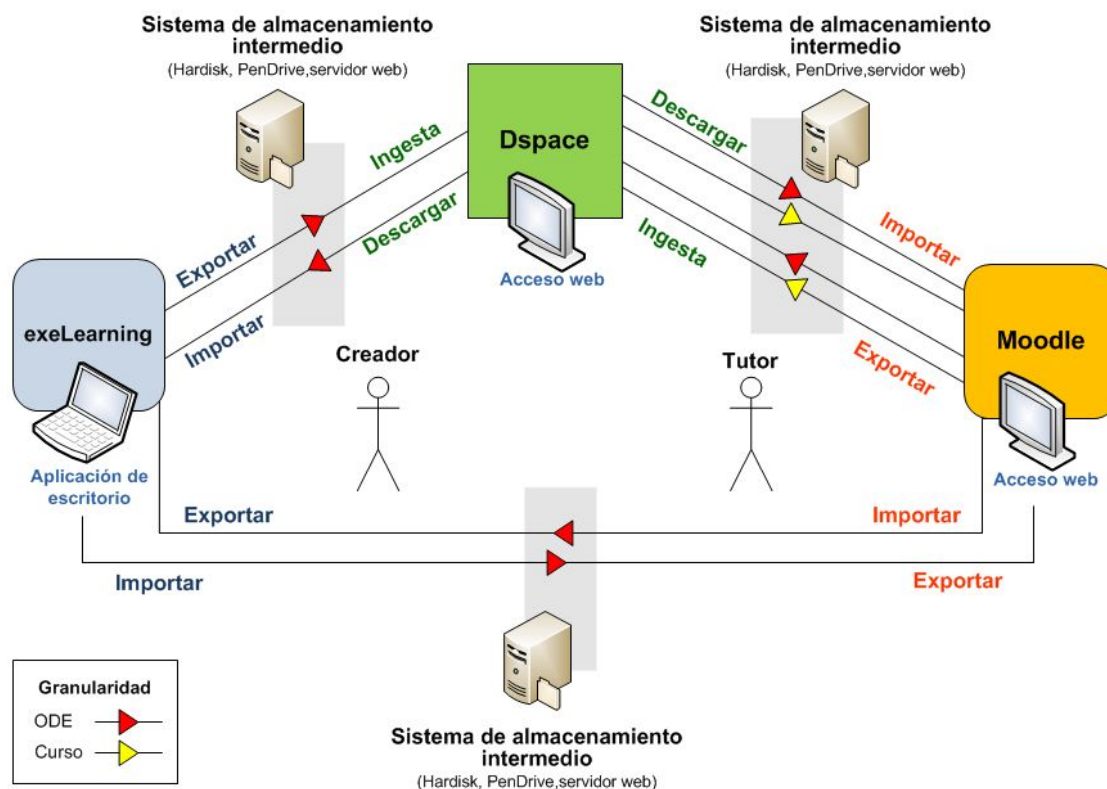


Figura 14. Flujo de contenidos a nivel de interoperabilidad aislado

En este flujo de contenidos se contemplan distintas opciones de transferencia de contenido entre pares de plataformas. A partir de estas opciones se han planteado seis casos de uso que analizan la interoperabilidad de las plataformas para la transferencia, en relación a los requisitos técnicos, sintácticos y semánticos señalados en el punto 5.1.1.

A los seis casos de uso extraídos a partir del flujo de transferencia de contenidos se han añadido dos más que relacionan la plataforma Moodle con exeLearning+, y se analizará la posibilidad y utilidad de estos casos, y si es pertinente su inclusión en el flujo de contenidos.

En total, los casos planteados son los ocho siguientes:

Caso	Exportar/Extraer	Importar/Ingstar	Granularidad
1	exeLearning+	Dspace	ODE
2	Dspace	exeLearning+	ODE
3A	Dspace	Moodle	ODE
3B	Dspace	Moodle	Curso
4A	Moodle	Dspace	Curso
4B	Moodle	Dspace	ODE
5	exeLearning+	Moodle	ODE
6	Moodle	exeLearning+	ODE

5.1.3. Fichas de casos de uso a nivel aislado

En este epígrafe se presentan las distintas fichas de los casos de uso correspondientes al nivel de interoperabilidad aislado, siguiendo el modelo de ficha propuesto en la metodología de evaluación, apartado 4.4.2.

Caso 1. Exportar un ODE creado con la herramienta de autor para importarlo/almacenarlo en el repositorio.

Título caso	Exportar ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace
Descripción	El Creador de contenidos ha creado un ODE con la herramienta de autor y necesita almacenarlo en el repositorio para su preservación, difusión y posibles reutilizaciones futuras.
Actor Primario	Actor 1. Creador de contenidos (CdC)
Actores secundarios	Actor 4. exeLearning+: herramienta de autor para la creación de ODEs Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos.
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El CdC debe contar con una instalación de la plataforma exeLearning+ en su equipo. El CdC debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace. El CdC debe haber creado un ODE con la herramienta de autor, un proyecto compuesto por uno o múltiples <i>iDevices</i> .
Post-condiciones	El ODE, en uno o múltiples formatos, tiene que ser almacenado en el repositorio, y descrito con metadatos consistentes
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CdC ha creado un ODE con la herramienta de autor. 2. El CdC exporta el ODE con las herramientas de autor y lo almacena en un soporte intermedio. 3. El CdC se conecta y autentica en el repositorio con su ePerson. 4. El CdC comienza un nuevo envío para añadir un ítem en el repositorio. 5. El CdC edita los metadatos del registro del nuevo ítem. 6. El CdC selecciona los ficheros exportados de la herramienta de autor y almacenados en su disco duro, y los carga como bitstreams del ítem.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 2B. El CdC exporta el ODE en un formato estandarizado con metadatos asociados, un paquete de contenido IMS CP o SCORM. 4B. El CdC (debe tener perfil de administrador) importa un ítem en el repositorio con la funcionalidad <i>ItemImport</i>, asociándole los ficheros y metadatos del paquete de contenido exportado con la herramienta de autor.

Caso 2. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para editarlo con la herramienta de autor.

Título caso	Exportar un ODE almacenado en DSpace para editarlo en exeLearning+
Descripción	El Creador de contenidos ha creado un ODE con la herramienta de autor y lo ha almacenado en el repositorio. Ahora necesita volver a editar ese recurso, por ejemplo, agregándole otros recursos disponibles en el repositorio y que no habían sido creados con la misma herramienta de autor.
Actor Primario	Actor 1. Creador de contenidos (CdC)
Actores secundarios	Actor 4. exeLearning+: herramienta de autor para la creación de ODEs Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos.
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El CdC debe contar con una instalación de la plataforma exeLearning+ en su equipo. El CdC debe haber creado un ODE con la herramienta de autor, que se denomina <i>iDevice</i> .
Post-condiciones	El CdC debe poder editar el ODE obtenido del repositorio con la herramienta de autor.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CdC ejecuta una búsqueda en el repositorio y localiza un ODE de su interés. 2. El CdC abre el registro completo del ítem que contiene el ODE. 3. El CdC selecciona los ficheros asociados al ítem y los descarga en un soporte de almacenamiento intermedio. 4. El CdC ejecuta la herramienta de autor en su equipo. 5. El CdC abre los recursos descargados del repositorio con la herramienta de autor. 6. El CdC edita, reagrupa o inserta nuevos recursos en el ODE...
Variaciones	

Caso 3A. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.

Título caso	Exportar un ODE almacenado en DSpace para incluirlo en un curso en Moodle
Descripción	El Tutor consulta el repositorio de contenidos educativos y localiza un ODE que puede ser de su interés para un curso que está impartiendo en el LMS. El Tutor necesita descargar ese ODE en un formato adecuado para poder ser importado y reconocido por el LMS.
Actor Primario	Actor 2. Responsable de Formación /Tutor
Actores secundarios	Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos Actor 3. Moodle: LMS
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS con perfil de profesor, creador de contenidos o administrador.
Post-condiciones	El Tutor debe poder insertar el ODE obtenido del repositorio en un curso del LMS
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor ejecuta una búsqueda en el repositorio y localiza un ODE de su interés. 2. El Tutor abre el registro completo del ítem que contiene el ODE 3. El Tutor selecciona los ficheros asociados al ítem y los descarga en su disco duro 4. El Tutor se conecta al LMS y abre el curso donde quiere incluir el ODE 5. El Tutor importa el ODE descargado en su disco duro, y lo almacena en el sistema de archivos del LMS. 6. El Tutor asocia el ODE a un curso del LMS
Variaciones	<p>1A. El ODE que localiza el Tutor está en un formato estandarizado tal como IMS CP.</p> <p>6A. El Tutor despliega el ODE para su utilización en un curso insertando en éste un nuevo recurso, paquete de contenido IMS.</p> <p>--</p> <p>1B. El ODE que localiza el Tutor está en un formato estandarizado tal como SCORM.</p> <p>6B. El Tutor despliega el ODE para su utilización en un curso insertando en éste una nueva actividad, paquete SCORM.</p> <p>---</p> <p>1C. El ODE que localiza el Tutor es un <i>asset</i> (página web, imagen , pdf)</p> <p>6C. El Tutor asocia el ODE a un curso insertando un nuevo recurso.</p>

Caso 3B. Exportar un curso almacenado en el repositorio para restaurarlo en el LMS.

Título caso	Exportar un Curso almacenado en DSpace para restaurarlo en Moodle
Descripción	El Tutor consulta el repositorio de contenidos educativos y localiza un curso con contenidos y estructura de su interés (por ejemplo, una edición anterior de un curso que pretende impartir). El Tutor necesita descargar ese curso para poder importarlo y restaurarlo en el LMS.
Actor Primario	Actor 2. Responsable de Formación /Tutor
Actores secundarios	Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos Actor 3. Moodle: LMS
Granularidad	Curso: disciplina creada en una plataforma de <i>e-learning</i> .
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS con perfil de profesor, creador de contenidos o administrador.
Post-condiciones	El Tutor debe poder insertar el Curso obtenido del repositorio y restaurarlo en el LMS.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor ejecuta una búsqueda en el repositorio y localiza un curso de su interés, en formato Moodle XML. 2. El Tutor abre el registro completo del ítem que contiene el Curso. 3. El Tutor selecciona el fichero de copia de seguridad del curso y lo descarga en su disco duro. 4. El Tutor se conecta al LMS y abre el curso (vacío) donde quiere importar el curso obtenido del repositorio. 5. El Tutor se dirige al módulo de administración, menú “Restaurar”. 6. El Tutor sube el archivo descargado del repositorio, que se carga en la carpeta <i>backupdata</i>. 7. El Tutor selecciona la opción “Restaurar” del fichero cargado de la copia de seguridad del curso, y selecciona una opción entre las siguientes: restaurar en nuevo curso, en curso existente agregando información o en curso existente borrando información. 8. Los contenidos del curso descargado del repositorio son desplegados en el nuevo curso, según la opción elegida.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1B. El ODE que localiza el Tutor está en un formato propio de otra plataforma de <i>e-learning</i> 6B. El Tutor no puede cargar el curso en su plataforma Moodle. Serán necesarios mecanismos de transformación.

Caso 4A. Exportar un curso del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

Título caso	Exportar un curso de Moodle para almacenarlo en el repositorio DSpace
Descripción	El Tutor ha creado un curso con el LMS, y una vez finalizado, precisa preservarlo para reutilizarlo posteriormente en otras disciplinas y ediciones del curso, e incluso, en distintos LMS. Para ello, lo exportará y lo almacenará en el repositorio de contenidos educativos de la institución.
Actor Primario	Actor 2. Responsable de Formación /Tutor
Actores secundarios	Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos Actor 3. Moodle: LMS
Granularidad	Curso: disciplina creada con la plataforma de <i>e-learning</i> .
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener permisos de edición de cursos y realización de copias de seguridad. El Tutor debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace.
Post-condiciones	El Curso debe almacenarse en el repositorio, con finalidades de preservación y reutilización en distintos contextos y plataformas de <i>e-learning</i> .
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor se conecta y autentica en el LMS con perfil de profesor, creador de contenidos o administrador. 2. El Tutor abre el curso que quiere exportar al repositorio. 3. El Tutor activa la funcionalidad de edición de cursos. 4. El Tutor realiza una copia de seguridad de su curso, seleccionando los contenidos que se van a incluir en la copia de seguridad (por ejemplo, si se van a incluir o no los datos de usuario). 5. El Tutor descarga en su disco duro el fichero de copia de seguridad creado, en este caso en formato Moodle XML. 7. El Tutor se conecta y autentica en el repositorio con su ePerson. 8. El Tutor comienza un nuevo envío para añadir un ítem en el repositorio. 9. El Tutor edita los metadatos del registro del nuevo ítem. 10. El Tutor selecciona los ficheros exportados de la herramienta de autor y almacenados en su disco duro, y los carga como <i>bitstreams</i> del ítem. 11. El Curso es almacenado en el repositorio y se le asigna un identificador único.
Variaciones	

Caso 4B. Exportar un ODE del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

Título caso	Exportar un ODE utilizado en un curso Moodle para almacenarlo en el repositorio DSpace
Descripción	El Tutor ha creado un curso con el LMS, compuesto por varios objetos educativos, así como actividades, paquetes de contenido IMS o SCORM, exámenes, etc. El Tutor pretende exportar algunos de estos recursos y almacenarlos en el repositorio para reutilizarlos posteriormente.
Actor Primario	Actor 2. Responsable de Formación /Tutor
Actores secundarios	Actor 5. Dspace: repositorio de contenidos educativos Actor 3. Moodle: LMS
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener permisos de edición de cursos y realización de copias de seguridad. El Tutor debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace.
Post-condiciones	El curso debe almacenarse en el repositorio, con finalidades de preservación y reutilización en distintos contextos y plataformas de <i>e-learning</i> .
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor se conecta y autentica en el LMS con perfil de Tutor, creador de contenidos o administrador. 2. El Tutor abre el curso que contiene los recursos que quiere exportar al repositorio. 3. El Tutor activa la funcionalidad de edición de cursos. 4. El Tutor abre el módulo de “Archivos” o “Ficheiros” de la plataforma, es decir, el repositorio interno. 5. El Tutor selecciona y descarga en su disco duro un recurso (paquete IMS o SCORM, o un <i>asset</i>) almacenado en el repositorio interno de la plataforma. 6. El Tutor se conecta y autentica en el repositorio con su ePerson 7. El Tutor comienza un nuevo envío para añadir un ítem en el repositorio 8. El Tutor edita los metadatos del registro del nuevo ítem 9. El Tutor selecciona los ficheros exportados de la herramienta de autor y almacenados en su disco duro, y los carga como bitstreams del ítem
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 4A. El Tutor abre el módulo de “Preguntas” en el LMS 5A. El Tutor selecciona un cuestionario creado en el LMS, y lo exporta en su disco duro en un formato estandarizado, como IMS QTI 2.0.

Caso 5. Exportar un ODE de la herramienta de autor para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.
--

Título caso	Exportar ODEs de exeLearning+ para su inclusión en un curso en el LMS Moodle.
Descripción	El Profesor (Creador de contenidos) ha creado un objeto educativo con la herramienta de autor y lo quiere incluir como un recurso o actividad en un curso que imparte en el LMS.
Actor Primario	Actor 1. Creador de contenidos
Actores secundarios	Actor 2. Responsable de formación Actor 4. exeLearning+: herramienta de autor para la creación de ODEs Actor 3. Moodle: LMS
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El profesor debe contar con una instalación de la plataforma exeLearning+ en su equipo. El profesor debe haber creado un ODE con la herramienta de autor, que se denomina <i>iDevice</i> . El profesor debe ser usuario del LMS con perfil de profesor, creador de contenidos o administrador
Post-condiciones	El profesor debe poder insertar el ODE creado con la herramienta de autor en un curso específico del LMS
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor ha creado un ODE con la herramienta de autor. 2. El profesor exporta el ODE con las herramientas de autor y lo almacena en su disco duro. 3. El profesor se conecta y autentica en el LMS. 4. El profesor abre el curso donde quiere incluir el ODE. 5. El profesor inicia la función “agregar un nuevo recurso”. 6. El profesor importa el ODE descargado en su disco duro, y lo almacena en el sistema de archivos del LMS. 7. El profesor asocia el ODE al curso del LMS.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 2A. El profesor exporta el ODE en un formato estandarizado con metadatos asociados, un paquete de contenido IMS CP. 5A. El profesor inicia la función “agregar un nuevo recurso” >> “añadir paquete de contenido IMS”. 7A. El profesor despliega el paquete de contenido IMS. ---- 2B. El profesor exporta el ODE en un formato estandarizado con metadatos asociados, un paquete de contenido SCORM. 5B. El profesor inicia la función “Agregar un nuevo actividad” >> “Añadir actividad SCORM”. 7B. El profesor despliega el paquete de contenido SCORM.

Caso 6. Exportar un ODE del LMS para editarlo con la herramienta de autor

Título caso	Exportar un ODE utilizado en un curso Moodle para editarlo con la herramienta de autor exeLearning+
Descripción	El Tutor ha creado un curso con el LMS, compuesto por varios objetos educativos, así como actividades, paquetes de contenido IMS o SCORM, exámenes, etc. El Tutor pretende exportar algunos de estos recursos para editarlos y actualizarlos con la herramienta de autor
Actor Primario	Actor 2. Responsable de formación, Tutor
Actores secundarios	Actor 3. Moodle: LMS Actor 4. exeLearning+: herramienta de autor para la creación de ODEs
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener permisos de edición de cursos. El Tutor debe contar con una instalación de la plataforma exeLearning+ en su equipo
Post-condiciones	El ODE debe poder ser editado en la herramienta de autor, para luego volver a incluirse en un curso Moodle o almacenarse en el repositorio de objetos educativos.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor se conecta y autentica en el LMS con perfil de Tutor, creador de contenidos o administrador. 2. El Tutor abre el curso que contiene los recursos que quiere exportar al repositorio. 3. El Tutor activa la funcionalidad de edición de cursos. 4. El Tutor abre el módulo de “Archivos” o “Ficheiros” de la plataforma, es decir, el repositorio interno. 5. El Tutor selecciona y descarga en su disco duro un recurso (paquete IMS o SCORM, o un <i>asset</i>) almacenado en el repositorio interno de la plataforma. 7. El Tutor ejecuta la herramienta de autor en su equipo. 8. El Tutor abre los recursos extraídos del LMS con la herramienta de autor. 6. El Tutor edita, reagrupa o inserta nuevos recursos en el ODE...
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 4A. El Tutor abre el módulo de “Preguntas” en el LMS 5A. El Tutor selecciona un cuestionario creado en el LMS, y lo exporta en su disco duro en un formato estandarizado, como IMS QTI 2.0.

5.1.4. Cumplimiento de requisitos de interoperabilidad técnica

Caso 1. Exportar un ODE creado con la herramienta de autor para importarlo/almacenarlo en el repositorio.

Formatos de ficheros

- Los objetos educativos creados con exeLearning+ (*iDevices*) pueden ser exportados en diversos formatos: SCORM 1.2., IMS CP, página web, página web comprimida, fichero texto y fichero .elp.
- DSpace es independiente de formatos y por tanto permite almacenar todos los formatos de exportación de exeLearning+.

En este caso, la compatibilidad de formatos de ficheros es total.

Funcionalidades de importación, exportación:

DSpace permite incluir nuevos registros de dos maneras:

- a) Siguiendo el flujo de remisión de nuevo ítem: todos los ficheros exportados de exeLearning+ podrán ser cargados como *bitstreams* de un ítem, y por tanto asociados a un registro de metadatos.

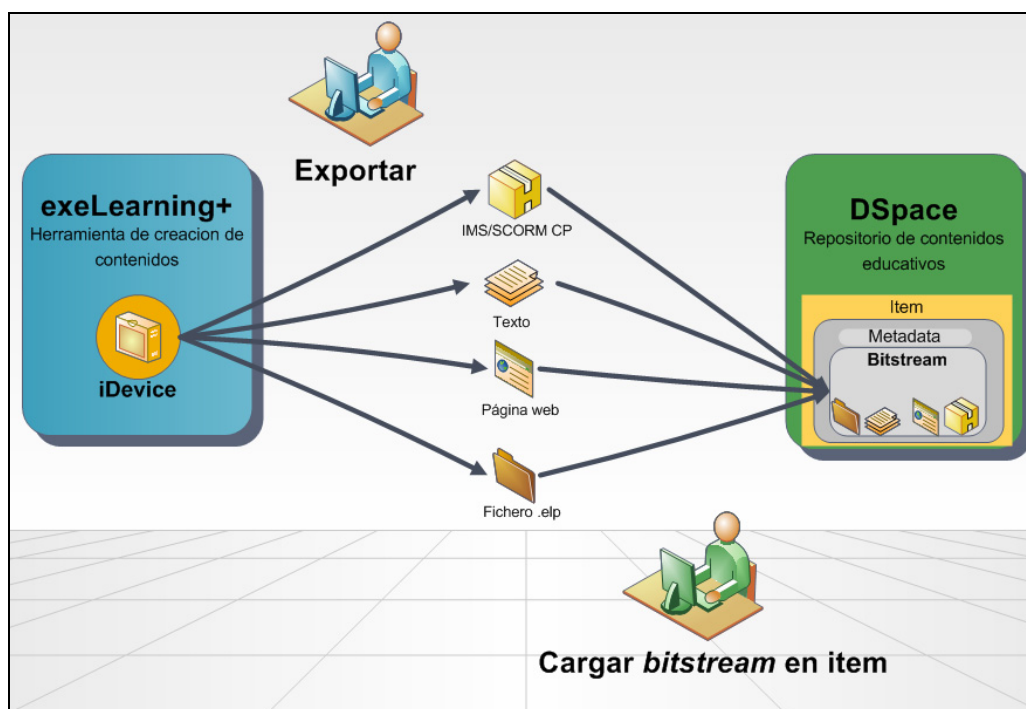


Figura 15. Exportar ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace

- b) Importando un nuevo ítem mediante la función *ItemImport*

Esta función está pensada para importar ítems que hayan sido exportados previamente desde DSpace. Para poder importar los objetos educativos creados con exeLearning+ mediante esta función será preciso preparar los recursos de

manera que su estructura y componentes sean los mismos que los que se exportan de DSpace, lo que no resulta sencillo de realizar manualmente:

- Se debe crear un fichero `dublin_core.xml` donde se incluyan los metadatos del ODE según el esquema determinado por DSpace (`oai_dc`). [Los paquetes IMS / SCORM cuentan con un fichero denominado `dublincore.xml` que contiene los metadatos asociados al ODE con la herramienta `exelearning+`, así que sería preciso transformar este fichero al formato `oai_dc` (la codificación de uno y otro no es la misma).]
- Se precisan crear 2 ficheros `txt`:
 - o `contents` (donde se listan los contenidos de la carpeta indicando los nombres de los ficheros y su tipo mediante el atributo "bundle")
 - o `handle` (incluye el handle del ítem, se tendría que crear uno correlativo en la colección donde se quiera almacenar el ítem).
- En el documento `dublincore.xml` se debe indicar el `handle` que se asigna al ítem en el elemento de metadatos `dc.identifier`, y el nombre del documento o documentos asociados (por ejemplo el paquete de contenido) en el campo `dc.description.provenance`.

```
<dcvalue element="description" qualifier="provenance"> Made available in DSpace on 2006-05-25T16:07:24Z (GMT). No. of bitstreams: 1 RSI8a.pdf: 4404029 bytes, checksum: fcc554505c167d9a238012ff6cab2665 (MD5) Previous issue date: 1998-03</dcvalue>
```

Caso 2. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para editarlo con la herramienta de autor.

Formatos de ficheros:

Los objetos educativos almacenados en el repositorio DSpace que se quieran editar con `exeLearning+` responden de diversa manera:

- Formato propio de `exeLearning+` (elp): Sí se pueden abrir y editar. Función "Archivo > Abrir > Insertar paquete".
- Paquetes SCORM o IMS CP creados con `exeLearning+` u otra herramienta de autor: NO podrán ser posteriormente abiertos o editados por la herramienta de autor.
- Assets o ficheros simples tales como textos, pdfs, imágenes, vídeos, pero que no constituyan por sí mismos un objeto de aprendizaje, podrán ser insertados en nuevos proyectos de contenidos o *iDevices*, y no constituirán un *iDevice* por sí mismos. Se pierde la meta-información asociada.

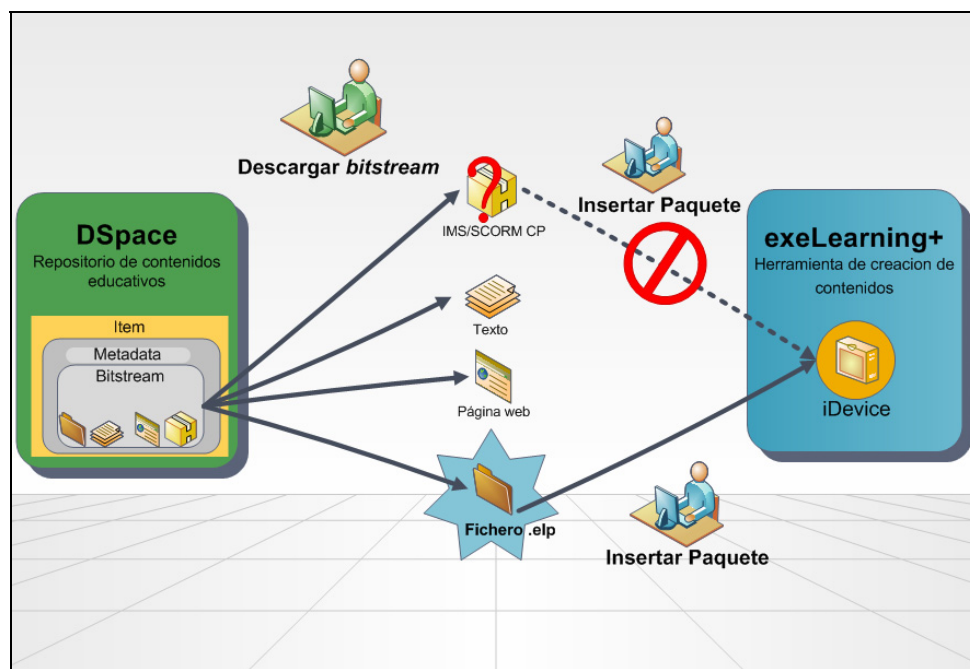


Figura 16. Exportar un ODE almacenado en DSpace para editarlo en exeLearning+

En este caso, la compatibilidad de formatos de ficheros es parcial, y sólo se logra si se emplea el formato propio de la herramienta de autor (elp), por lo que precisa que previamente los objetos hayan sido extraídos de la herramienta en este formato. Sería necesario determinar un formato de intercambio estándar entre las plataformas, como lo pueden ser IMS CP o SCORM.

Así, las diferencias entre formatos de importación y de exportación en exeLearning+ es considerado una carencia de la plataforma para poder lograr la interoperabilidad técnica.

Casos 3A y 3B. Exportar ODEs y cursos almacenados en el repositorio para importarlos en el LMS.

Formatos de ficheros:

- DSpace permite almacenar todo tipo de ficheros o formatos de un ODE, inclusive paquetes IMS CP o SCORM.
- Moodle responderá de distinta manera ante distintos formatos de ODE:
 - Los paquetes IMS CP y SCORM pueden ser importados en Moodle, mediante las opciones “Agregar recurso >> Desplegar paquete IMS” o “Agregar actividad >> Agregar SCORM”.
 - En el caso de objetos educativos almacenados en DSpace en formato elp, para lograr que se puedan utilizar en Moodle, podrían ser insertados primero en un *iDevice* con exeLearning+ y posteriormente exportados en los formatos IMS/SCORM.

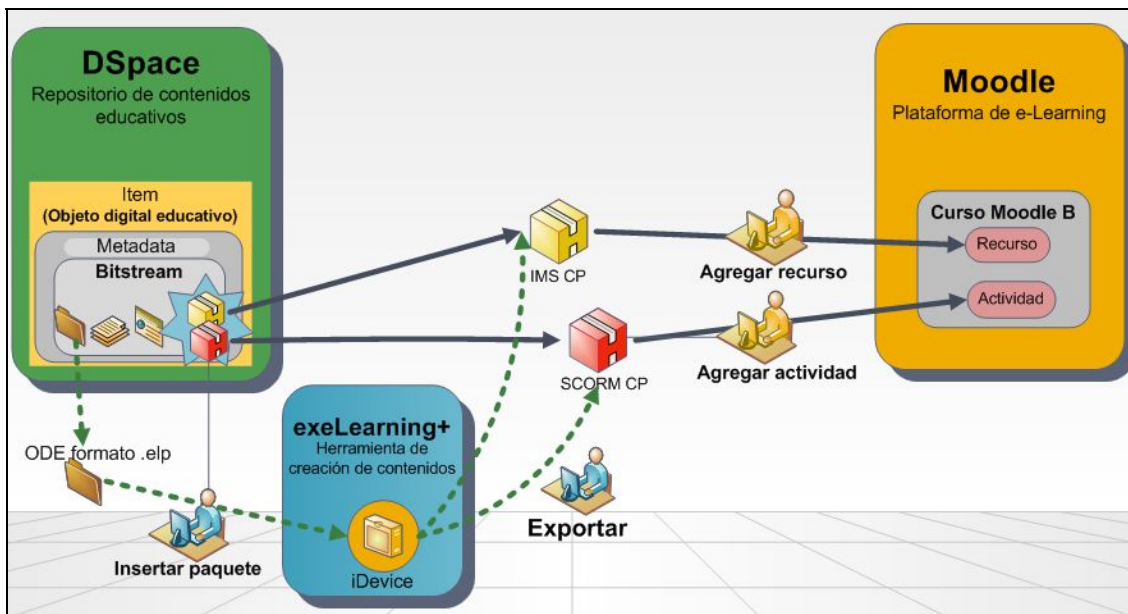


Figura 17. Exportar un ODE almacenado en DSpace para incluirlo en un curso en Moodle

- En cuanto a las copias de seguridad de los cursos Moodle, se cargarán en el sistema de archivos del curso donde se vayan a restaurar o de toda la plataforma Moodle, y se restaurarán según las siguientes opciones: restaurar en nuevo curso, en curso existente agregando información o en curso existente borrando información.

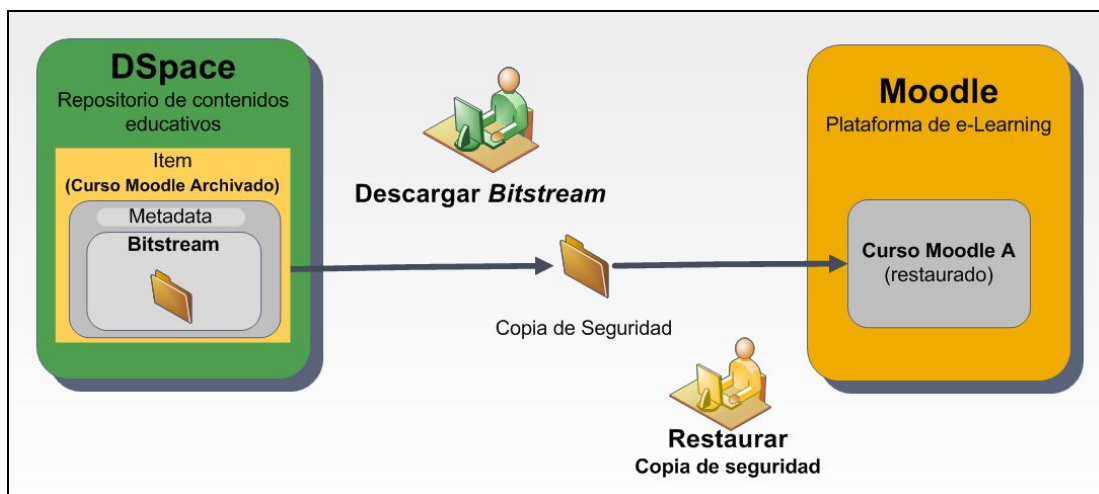


Figura 18. Exportar un curso almacenado en DSpace para restaurarlo en Moodle

En este caso, la compatibilidad de formatos de ficheros es parcial, y sólo se alcanza empleando formatos estandarizados de intercambio de ficheros, como son IMS CP o SCORM, o las propias copias de seguridad de Moodle.

Caso 4A. Exportar un **curso** del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

Formatos de ficheros:

- Moodle permite exportar cursos completos en un formato propio de Copia de Seguridad (fichero comprimido tipo zip) que incluye un documento XML (moodle.xml) en el que se describen algunas características, estructura y usuarios del curso y se hace referencia a los módulos, componentes y contenidos del curso; y otras carpetas con ficheros del curso (objetos de contenido), ficheros de usuarios y de grupos.
- DSpace reconoce y es capaz de cargar cualquier tipo de formatos como *bitstreams* asociados a un ítem. De esta manera, DSpace permite almacenar una copia de seguridad de un curso Moodle.

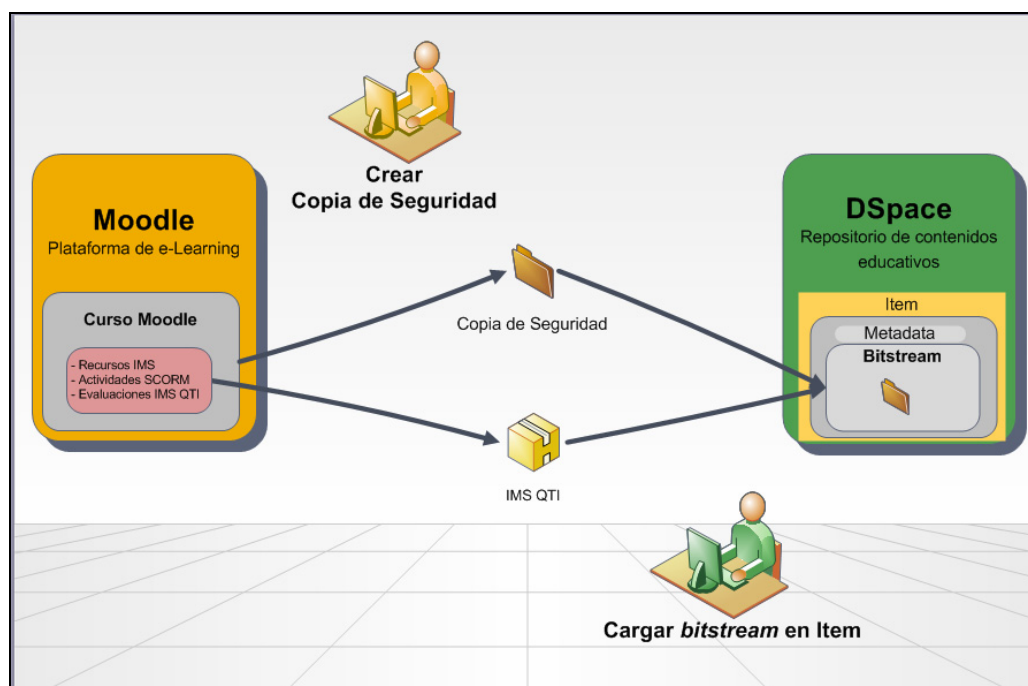


Figura 19. Exportar un curso de Moodle para almacenarlo en el repositorio DSpace

En este caso la compatibilidad de formatos es total, gracias a que DSpace es independiente de formatos.

Caso 4B. Exportar un **ODE** del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

Formatos de ficheros:

- Moodle permite recuperar los ODEs que se hayan almacenado en el repositorio interno de Moodle como **paquetes de contenido IMS CP o SCORM**.

En Moodle es posible recuperar los paquetes de contenido importados para ser utilizados en un curso, puesto que no son modificados por la plataforma, sólo desplegados, interpretados y mostrados al usuario, y se mantiene el fichero zip del paquete comprimido. De esta manera, Moodle actúa como un

repositorio, pero con un carácter interno e individual para un curso dentro de la plataforma⁶⁰, y por tanto, no cumple la mayor parte de las funciones designadas a un repositorio de contenidos educativos como las que se persiguen con el repositorio DSpace.

Además, desde su versión 1.6. Moodle cuenta con la opción Repositorio IMS, en el que se podrían almacenar paquetes de contenido IMS y al que podrían acceder todos los cursos de la plataforma. Si los paquetes IMS CP son almacenados en este repositorio siempre se mantendrá una de copia de seguridad no alterada, aunque si se cuenta con un repositorio propio de objetos educativos como en el caso de TecMinho, es preferible utilizar éste último.

- Moodle permite exportar **preguntas y cuestionarios** en varios formatos, entre ellos un formato estandarizado como es **IMS QTI 2.0**.

En cuanto a las preguntas y cuestionarios, si bien es recomendable exportarlos y almacenarlos en un formato estandarizado que pueda ser reutilizado en otras plataformas, resulta cuando menos curioso que el propio Moodle no tenga las mismas opciones de importación que de exportación, y en este caso, no permita importar cuestionarios IMS QTI 2.0. Así, es necesario exportar y almacenar los cuestionarios también en un formato que posteriormente pueda ser importado en una plataforma Moodle (formato `moodle.xml`).

- DSpace es independiente de formatos y por tanto permite almacenar todos los formatos de exportación de Moodle como *bitstreams* asociados a un ítem del repositorio.

En este caso, la compatibilidad de formatos de ficheros podría ser considerada total, porque DSpace acepta cualquier tipo de formatos de ficheros. Sin embargo, la selección de formatos estará condicionada por las posibles reutilización de los ODEs por la plataforma Moodle.

Así, las diferencias entre formatos de importación y de exportación en Moodle es considerado una carencia de la plataforma para poder lograr la interoperabilidad técnica.

Caso 5. Exportar un ODE de la herramienta de autor para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.
--

Formatos de ficheros:

En este caso es necesario diferenciar entre formatos de exportación y tipos de ODEs, porque el comportamiento de las plataformas implicadas no va a ser igual:

a) Paquetes de contenido IMS y SCORM:

- exeLearning+ permite exportar sus recursos como paquetes de contenido IMS CP o SCORM entre otros formatos.

⁶⁰ Aunque es posible “importar” recursos de un curso a otro dentro de la misma plataforma Moodle.

- Moodle permite importar los recursos SCORM e IMS en sus cursos mediante las opciones “Agregar recurso” o “Agregar actividad”.

b) Ficheros elp:

- exeLearning+ permite exportar sus *iDevices* en un formato propio, elp.
- Moodle no es capaz de desplegar el contenido de un fichero elp.

c) Página web // texto

- exeLearning+ permite exportar sus contenidos en formatos como página web y ficheros tipo texto.
- Moodle también permite añadir recursos como páginas web y textos a sus cursos (Función *Agregar recurso*), pero estos pierden la estructura y opciones de navegación que se han diseñado mediante exeLearning+.

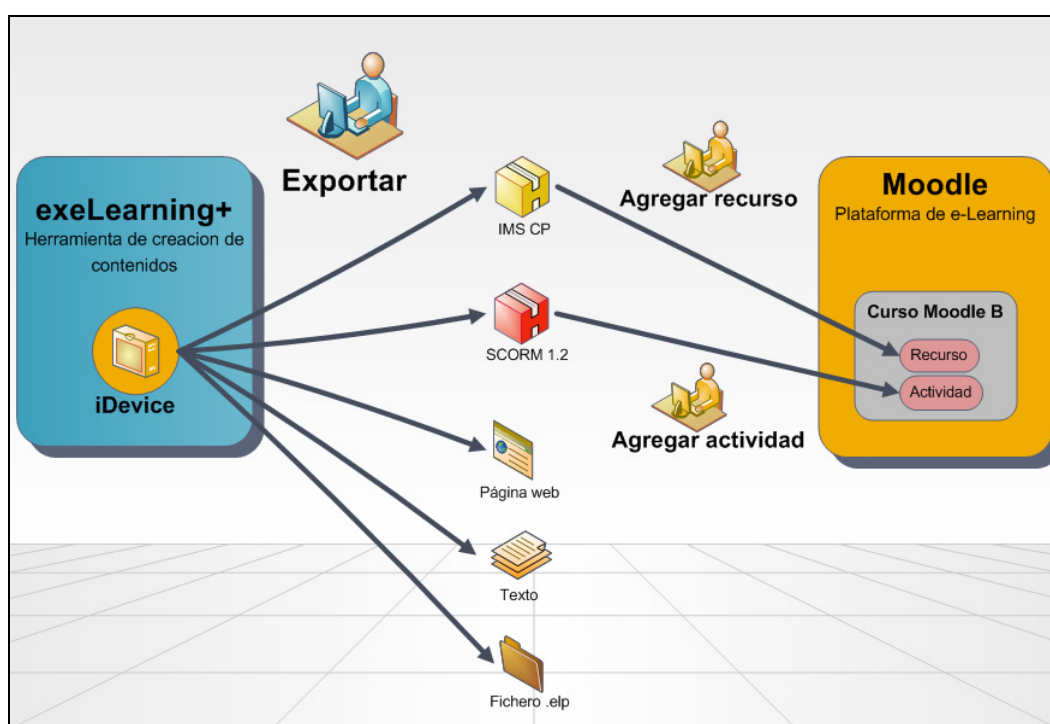


Figura 20. Exportar ODEs de exeLearning+ para su inclusión en un curso en el LMS Moodle.

En este caso, la compatibilidad de formatos de ficheros parcial, de manera que se obliga a exportar en los formatos estandarizados IMS CP o SCORM para poder transferir los objetos educativos a otras plataformas como un LMS sino se quiere perder la estructura y opciones de navegación diseñadas.

Asimismo, hay un tipo especial de ODE, las preguntas y cuestionarios, que merece la pena distinguir en este caso:

- exeLearning+ permite crear exámenes SCORM y preguntas Verdadero/Falso, Opción múltiple, etc. Ahora bien, no se puede exportar en un formato estandarizado de distribución de preguntas y exámenes como IMS QTI, sólo como paquetes de contenido IMS o SCORM.
- En Moodle, estos ficheros se podrán cargar como un paquete IMS o SCORM, pero no en el módulo de preguntas, ni como un cuestionario. Si se utilizan

estos exámenes como un recurso IMS o una actividad SCORM no se puede registrar gran parte de la información que se genera durante la realización del examen (puntuaciones y penalizaciones, intentos del alumno, barajar preguntas, tiempo de realización, etc.)

- Moodle permite importar preguntas en los siguientes formatos: BlackBoard, HotPotatoes, moodle.xml, etc. pero no IMS QTI. De manera que, aunque exelearning+ pudiese exportar en un formato estándar como IMS QTI, Moodle no sería capaz de importarlo.

En este caso, la compatibilidad de formatos de preguntas y cuestionarios es nula, por lo que se necesita que ambas plataformas empleen formatos estandarizados para el intercambio de preguntas y exámenes, como es el caso de IMS QTI.

Caso 6. Exportar un ODE del LMS para editarlo con la herramienta de autor

Formatos de ficheros:

- Moodle permite exportar paquetes de contenido según los formatos SCORM o IMS CP u otros estándares de *e-learning*, aunque no un curso entero sino sólo distintos recursos de manera individual.
- Se pueden exportar preguntas y cuestionarios de Moodle según el estándar IMS QTI 2.0.

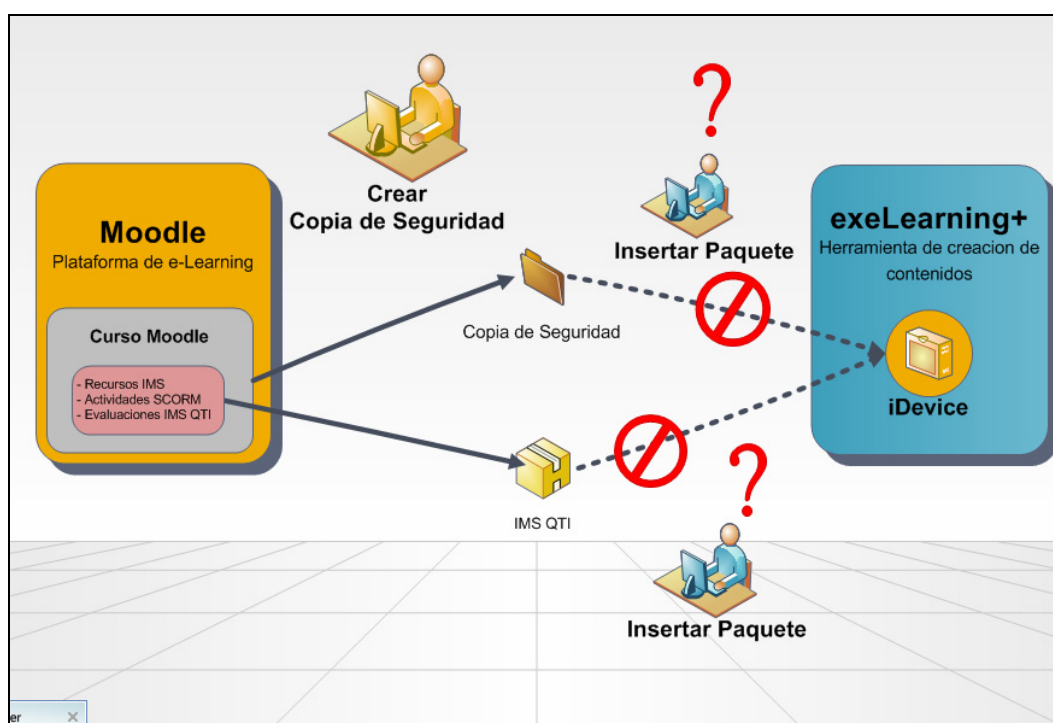


Figura 21. Exportar un ODE utilizado en un curso Moodle para editarlo con la herramienta de autor exeLearning+

- Moodle permite exportar sus cursos en un formato propio, a modo de copia de seguridad.

- exeLearning+ no permite importar otro tipo de ficheros excepto su formato propio .elp, así que no podría importar ni los paquetes SCORM o IMS CP ni los cuestionarios en IMS QTI.

En este caso la compatibilidad de formatos de ficheros es nula. Solamente en el caso de aquellos ODEs que se hubieran creado previamente en exeLearning+, podría tomarse el objeto original, pero sólo si ha sido guardado en el formato propio de exeLearning+, y a ser posible, preservado en el repositorio de objetos educativos.

5.1.5. Cumplimiento de requisitos de interoperabilidad sintáctica y semántica

Caso 1. Exportar un ODE creado con la herramienta de autor para importarlo/almacenarlo en el repositorio.

Esquemas de metadatos:

- ExeLearning+ permite describir sus recursos con metadatos Dublin Core, es decir, el mismo estándar de metadatos que emplea por defecto DSpace.
- Cuando se exporta un *iDevice* en formato IMS CP o SCORM se incluye en el conjunto de ficheros un documento XML denominado `dublincore.xml`, donde se recogen los metadatos Dublin Core asociados al recurso.
- Sin embargo, el esquema de metadatos empleado en una y otra plataforma es distinto.
 - Exelearning+ emplea un esquema de Dublin Core propio (<http://www.exeLearning+.org/metadata/dc/schema.xsd>) y utilizan únicamente los *namespaces* de Dublin Core.
 - DSpace, emplea un esquema de metadatos Dublin Core sin cualificar propio (`oai_dc`) (http://www.openarchives.org/OAI/2.0/oai_dc.xsd).

Funcionalidades de edición de metadatos:

- Dspace ofrece dos formas de agregar nuevos ítems al repositorio, en las que los metadatos se reciben de forma distinta:
 - Siguiendo el flujo de remisión de nuevo Ítem

El mecanismo común de creación de ítems en el repositorio no permite importar esos metadatos de forma automática, sino que habrá que editarlos de nuevo siguiendo el flujo de trabajo de DSpace y completando los campos indicados en el `InputFormat` del repositorio o de la colección donde se vaya a almacenar.
 - Importando un nuevo ítem mediante la función `ItemImport`

Sería necesario transformar el documento `dublincore.xml` al formato aceptado por el repositorio DSpace, que sigue un esquema distinto para la codificación de los metadatos Dublin Core. Precisaría una herramienta de transformación y un `crosswalk`.

En este caso, aunque sí hay compatibilidad en cuanto al modelo de metadatos, no hay compatibilidad sintáctica por el uso de distintos esquemas de codificación. Además, la arquitectura actual no permite la transferencia de metadatos de exeLearning+ a DSpace de forma directa, sino que sería necesario llevar a cabo un mapeo o transformación, por ejemplo, mediante el uso de XSLT.

Caso 2. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para editarlo con la herramienta de autor.

Esquemas de metadatos:

- En DSpace:
 - Los metadatos que se introducen siguen por defecto el esquema de metadatos Dublin Core sin cualificar (`oai_dc`).
 - DSpace permite la exportación de registros de metadatos mediante la función *ItemExport*. Se lleva a cabo en la capa de aplicación y solo lo pueden llevar a cabo los administradores desde la consola del servidor donde esté instalado DSpace.
 - Estos registros se exportan en un formato propio en un documento denominado `dublincore.XML`.
 - DSpace no modifica los metadatos que ya tenían los paquetes IMS, SCORM o elp, sino que estos se descargan tal y como se cargaron en el repositorio.
- En exeLearning+:
 - exeLearning+ no permite importar metadatos que estén fuera de un paquete elp. Si se inserta un paquete elp, se recuperarán los metadatos editados en su origen, puesto que con DSpace no se habrán modificado.

En este caso la compatibilidad de metadatos es parcial y dependiente de formatos de ficheros, puesto que sólo se recuperarán los metadatos incluidos en formatos elp, precisamente el único formato que se puede importar o abrir en exeLearning+.

Casos 1 y 2: comparación metadatos Dublin Core en exeLearning+ VS DSpace

Para mostrar las diferencias de aplicación del mismo modelo de metadatos, Dublin Core, por las plataformas DSpace y exeLearning+ se ha realizado un estudio comparativo de los registros de metadatos de un mismo ODE: por un lado, el registro de metadatos del ítem en el repositorio⁶¹; y por otro, el fichero `dublincore.xml` que contiene el paquete de contenido IMS del ítem en el repositorio.

El objeto educativo se titula “Avaliação e Controlo de Qualidade”, y está disponible en el repositorio de objetos educativos de TecMinho⁶².

⁶¹ Registro obtenido a partir de la función *ItemExport* de Dspace.

⁶² Temporalmente fuera de servicio.

El código XML de ambos registros de metadatos sería el siguiente:

- **Metadatos en fichero Dublincore.xml en paquete IMS creado con exeLearning+**

```
<metadata
  xmlns="http://www.exeLearning+.org/metadata/dc/"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.exeLearning+.org/metadata/dc/
http://www.exeLearning+.org/metadata/dc/schema.xsd"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"

  <dc:title>Avaliação e Controlo de Qualidade</dc:title>
  <dc:creator>José Bidarra</dc:creator>
  <dc:subject>Conteúdos e-learning</dc:subject>
  <dc:description>Avaliação e controlo de qualidade de cursos e materiais de
aprendizagem online</dc:description>
  <dc:publisher></dc:publisher>
  <dc:contributor></dc:contributor>
  <dc:date>2007-10-18</dc:date>
  <dc:type></dc:type>
  <dc:format></dc:format>
  <dc:identifier></dc:identifier>
  <dc:source></dc:source>
  <dc:language>pt</dc:language>
  <dc:relation></dc:relation>
  <dc:coverage></dc:coverage>
  <dc:rights>Licença 2.5 Portugal Commons</dc:rights>

</metadata>
```

- **Fichero Dublin core.xml creado con DSpace**

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" standalone="no"?>
<dublin_core schema="dc">
  <dcvalue element="contributor" qualifier="author">Bidarra, José</dcvalue>
  <dcvalue element="date" qualifier="accessioned">2007-10-
  20T10:43:49Z</dcvalue>
  <dcvalue element="date" qualifier="available">2007-10-
  20T10:43:49Z</dcvalue>
  <dcvalue element="date" qualifier="issued">2007-10-18</dcvalue>
  <dcvalue element="identifier" qualifier="uri">
  http://hdl.handle.net/10188/80</dcvalue>
  <dcvalue element="description" qualifier="abstract"> Avaliação e controlo
  de qualidade de cursos e materiais de aprendizagem online </dcvalue>
  <dcvalue element="format" qualifier="extent">249063 bytes</dcvalue>
  <dcvalue element="format" qualifier="extent">41809 bytes</dcvalue>
  <dcvalue element="format" qualifier="mimetype">application/octet-stream
  </dcvalue>
  <dcvalue element="format" qualifier="mimetype">application/octet-stream
  </dcvalue>
  <dcvalue element="language" qualifier="iso"> pt_PT</dcvalue>
  <dcvalue element="publisher" qualifier="none">TecMinho </dcvalue>
  <dcvalue element="rights" qualifier="none">open access</dcvalue>
  <dcvalue element="title" qualifier="none">Avaliando o Gerenciamento da
  Tecnologia de Informação no Sector Bancário Brasileiro</dcvalue>
  <dcvalue element="type" qualifier="none">INTERACTIVE RESOURCE</dcvalue>
</dublin_core>
```

En la siguiente tabla se analiza la correspondencia entre los distintos elementos de metadatos de los dos registros de metadatos presentados:

Tabla 3. Tabla de correspondencia entre elementos DC en exeLearning+ y DSpace

exeLearning	Contenido exe	DSPace	Contenido DSpace
dc:title	Avaliação e Controlo de Qualidade	dc.title	Avaliação e Controlo de Qualidade
dc:creator	José Bidarra		
dc:subject	Conteúdos e-learning	dc.subject	e-Conteudos
dc:description	Avaliação e controlo de qualidade de cursos e materiais de aprendizagem online	dc.description.abstract	Avaliação e controlo de qualidade de cursos e materiais de aprendizagem online
dc:publisher		dc.publisher	TecMinho
dc:contributor		dc.contributor.author	Bidarra, José
dc:date	2007-10-18	dc.date.issued	2007-10-18
		dc.date.accesioned	2007-10-20T10:43:49Z
		dc.date.available	2007-10-20T10:43:49Z
dc:type		dc.type	Interactive Resource
dc:format	SCORM 1.2	dc.format.mimetype	application/octet-stream
		dc.format.extent	41809 bytes
		dc.format.extent	249063 bytes
dc:identifier		dc.identifier.uri	http://hdl.handle.net/10188/80
dc:source			
dc:language	pt	dc.language.iso	pt_PT
dc:relation			
dc:coverage			
dc:rights	Licença 2.5 Portugal Commons	dc.rights	open access
		dc.peerreviewed	
		colecciones	3 - Design de e-Cursos e e-Conteúdos

A partir de esta tabla, y analizando las correspondencias entre elementos y el contenido de los mismos, se han detectado diversos aspectos en los que se demuestra que la aplicación del estándar de metadatos Dublin Core es distinta en cada plataforma.

Algunas diferencias se deben al distinto nivel de detalle o granularidad en la consignación de la misma información: exeLearning+ emplea elementos sin atributo mientras que DSpace realiza una descripción de mayor granularidad, a nivel de elemento+atributo:

exeLearning	Contenido exe	DSPace	Contenido Dspace
dc:language	pt	dc.language.iso	pt_PT
dc:date	2007-10-18	dc.date.issued	2007-10-18
dc:description	Avaliação e controlo de qualidade de cursos e materiais de aprendizagem online	dc.description.abstract	Avaliação e controlo de qualidade de cursos e materiais de aprendizagem online

<code>dc:identifier</code>	<code>dc.identifier.uri</code>	http://hdl.handle.net/10188/80
----------------------------	--------------------------------	---

En otros casos, se advierte el uso de distintos elementos del esquema para consignar la misma información, como en el caso del autor del ODE, en el que se observa además criterios distintos para la consignación de nombres de autor:

exeLearning	Contenido exe	DSPACE	Contenido Dspace
<code>dc:creator</code>	José Bidarra	<code>dc.contributor.author</code>	Bidarra, José

Por otro lado, existen elementos que exeLearning+ no consignaba y que Dspace genera de forma automática, como los de fecha, tipo de formato y extensión del fichero, así como el identificador del ítem mediante una URI:

DSPACE	Contenido Dspace
<code>dc.date.accesioned</code>	2007-10-20T10:43:49Z
<code>dc.date.available</code>	2007-10-20T10:43:49Z
<code>dc.format.mimetype</code>	application/octet-stream
<code>dc.format.extent</code>	41809 bytes
<code>dc.format.extent</code>	249063 bytes
<code>dc.identifier.uri</code>	http://hdl.handle.net/10188/80

En el caso contrario, hay elementos que en el registro `dublincore.xml` creado por exeLearning+ sí constan, aunque no tengan contenido (`dc:relation`, `dc:coverage` y `dc:source`), pero que en DSpace no se han incluido en el registro. No obstante, esto es una diferencia menor, que depende de la selección de elementos de metadatos en el *InputForm* que haya hecho el administrador del repositorio, o de la decisión del editor de metadatos del ítem, y no tanto de las características de la plataforma DSpace.

De forma similar, existen elementos que no constaban en el registro `dublincore.xml`, pero que en el repositorio de objetos educativos sí se utilizan, y que han sido cumplimentados en el momento de remisión del ODE al repositorio.

DSPACE	Contenido Dspace
<code>dc.type</code>	Interactive Resource
<code>dc.publisher</code>	TecMinho

Por último, se da el caso de elementos cuyo contenido es distinto en cada registro, como es el caso de `dc.format` y `dc.rights`.

exeLearning	Contenido exe	DSPACE	Contenido Dspace
<code>dc:format</code>	SCORM 1.2	<code>dc.format.mimetype</code>	application/octet-stream
<code>dc:rights</code>	Licença 2.5 Portugal Commons	<code>dc:rights</code>	open access

ExeLearning+ utiliza un **vocabulario** para el elemento `dc.format` con 4 valores: *XHTML*, *SCORM 1.2*, *IMS Content Package 1.1.3*, *Web Page*, que se corresponden con las opciones de exportación de la herramienta.

En DSpace el contenido del elemento `dc.format` se cumplimenta con **tipos MIME**, y en el caso del objeto SCORM, como no es un formato conocido, se indica `application/octet-stream`.

En este aspecto, es necesario llegar a acuerdos sobre los vocabularios de elementos a utilizar para estos y otros elementos como `dc.subject` o `dc.type`, para lograr de esta manera la interoperabilidad semántica entre plataformas.

Caso 3A. Exportar un ODE almacenado en el repositorio para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas DSpace y Moodle es nula:

- Moodle permite importar recursos en los formatos SCORM e IMS CP, que incluyen en el paquete de contenido un documento XML con metadatos Dublin Core.
- Moodle no despliega esos metadatos en la plataforma, no los emplea para nada ni los edita. Este documento de metadatos permanece con la versión del objeto educativo original almacenada en el repositorio de objetos de Moodle.
- En el Repositorio IMS que se pueden activar en Moodle tampoco se explotan los metadatos asociados a los paquetes IMS CP.

Caso 4A. Exportar un curso del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas Moodle y DSpace es nula:

- Moodle exporta metainformación sobre el Curso en el elemento INFO del fichero `moodle.xml` de la copia de seguridad, pero mediante un esquema propio no estandarizado.
- En DSpace esta metainformación no se aprovecha ni se transforma al esquema de metadatos empleado en el repositorio, por lo que será necesario editar el registro de metadatos del nuevo ítem creado para almacenar la copia de seguridad.
- No obstante, esta metainformación permanece en el fichero `moodle.xml` de la copia de seguridad depositada en el repositorio.

Caso 3B. Exportar un curso almacenado en el repositorio para restaurarlo en el LMS.

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas DSpace y Moodle es nula:

- De forma inversa al caso 4A, al exportar una copia de seguridad de un curso depositado en el repositorio, y restaurarla en Moodle, se recupera la meta-información asociada al curso en el formato propio de Moodle.
- No obstante, no se transfieren los metadatos del ítem creado en el repositorio para almacenar la copia de seguridad del curso Moodle.

Caso 4B. Exportar un ODE del LMS para almacenarlo en el repositorio de contenidos educativos

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas Moodle y DSpace es nula, puesto que ambas utilizan distintos esquemas de metadatos, y las funciones de transferencia no permiten el intercambio de metadatos entre las plataformas:

- Moodle mantiene los metadatos incluidos en los paquetes IMS o SCORM que se almacenan en su repositorio interno.
- Moodle crea metadatos IEEE LOM para los cuestionarios IMS QTI que exporta.
- Moodle crea meta-información sobre los Glosarios, en un formato propio no estandarizado (elemento INFO en `moodle.xml`).
- DSpace no permite importar registros de metadatos creados por otras herramientas de manera individual, habría que hacer uso de herramientas de administrador (*ItemImport*, *Caso 01*).

Caso 5. Exportar un ODE de la herramienta de autor para importarlo en el LMS e incluirlo en un curso.

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas ExeLearning+ y Moodle es nula:

- ExeLearning+ permite describir sus recursos con metadatos Dublin Core sin cualificar siguiendo un esquema propio de exeLearning+ (<http://www.exeLearning+.org/metadata/dc/schema.xsd>).
- En ExeLearning+, cuando se exporta un *iDevice* en formato IMS CP o SCORM los metadatos asociados al recurso se incluyen en el paquete en un documento denominado `dublincore.xml`.
- Moodle permite importar recursos en los formatos SCORM e IMS CP, pero no despliega los metadatos de estos paquetes en la plataforma, no los emplea para nada ni los edita. Este documento de metadatos permanece con la versión del objeto educativo original almacenada en el repositorio de objetos de Moodle.
- En el Repositorio IMS que se pueden activar en Moodle tampoco se explotan los metadatos asociados a los paquetes IMS CP.

Caso 6. Exportar un ODE del LMS para editarlo con la herramienta de autor

En este caso, la compatibilidad de esquemas y funciones de intercambio de metadatos entre las plataformas Moodle y ExeLearning+ es nula:

- Moodle permitiría exportar metadatos asociados a registros SCORM e IMS CP (pero no de cursos completos, sino solo de recursos o partes del curso de manera individual como cuestionarios IMS QTI).
- exeLearning+, al no permitir la importación de otro tipo de recursos que elp, tampoco permite importar los metadatos asociados a estos.

5.1.6. Utilidad de la transferencia de objetos y metadatos

A los largo de los distintos casos de uso propuestos se plantean una serie de opciones de transferencia de contenido, tanto de objetos como de metadatos sobre los objetos, que en muchas ocasiones no se cumplen en el flujo de información actual.

En este sentido, se ha considerado oportuno analizar la utilidad y/o necesidad real de lograr esta transferencia entre plataformas, para posteriormente incluirlas en la propuesta de modelo de interoperabilidad a alcanzar.

A) Transferencia de objetos

En primer lugar, y en relación con la **transferencia de objetos**, se ha considerado la utilidad del **caso 4A**: almacenamiento de copias de seguridad de los cursos Moodle en el repositorio de objetos de educativos. La utilidad de esta transferencia de contenido sería:

- Preservación a largo plazo de los contenidos de los cursos.
- Reutilización posterior en otras plataformas Moodle.
- Reutilización en futuras ediciones del curso.

Un precedente en este aspecto es el del **repositorio DSpace del MIT⁶³**, que ha almacenado cursos de *e-learning* de la institución creados con la plataforma OCW. Posteriormente, este repositorio ofrece la posibilidad de descargar todo el contenido de un registro en DSpace en un paquete de contenido educativo conforme a IMS CP. Pero ese paquete no es creado por Dspace, sino que fue almacenado así y mantiene los metadatos asignados por el sistema con el que fue creado el paquete, OpenCourseWare, y de nuevo, los metadatos del registro en DSpace no se exportan.

El almacenamiento de cursos OCW en DSpace funciona bien porque son cursos en HTML con recursos asociados y no se incluye información de interacción ni de gestión de usuarios. Sin embargo, los cursos Moodle incluyen información relacionada con sus usuarios y de gestión de los cursos, lo que puede no ser interesante para posteriores ediciones o reutilización del curso. Para evitarlo, se puede hacer uso de la funcionalidad de Moodle que permite seleccionar los componentes del curso que serán exportados, de manera que se exporte únicamente aquella información que sea independiente del contexto de realización del curso.

Por otro lado, se plantea el inconveniente de que las copias de seguridad de Moodle tienen un formato propio, y por tanto, sólo se pueden reutilizar en una plataforma Moodle. Sería necesaria alguna funcionalidad en Moodle que permita exportar cursos completos (o componentes seleccionados) en formatos estandarizados como un paquete de contenido SCORM.

⁶³ Repositorio DSpace de las Bibliotecas del MIT: <http://dspace.mit.edu/>, colección de cursos OCW en: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/33971> [Consulta: 29/02/2008].

B) Transferencia de metadatos

En relación con la transferencia de metadatos entre plataformas, que hasta el momento es inexistente en todos los casos estudiados, se plantean las siguientes reflexiones:

Metadatos de DSpace a exeLearning+

La transferencia de metadatos de los registros de metadatos en el repositorio DSpace a la herramienta de autor aportaría información sobre el objeto educativo y su historia o ciclo de vida, pero para su reedición no sería relevante.

Como se ha visto en el análisis de los registros de metadatos de un mismo ODE en ambas plataformas, no siempre son necesarios los mismos elementos, y ni siquiera su contenido tiene por qué coincidir. A distintas plataformas, distintas necesidades. No obstante, sí se considera muy recomendable que se establezcan correspondencias o transformaciones entre los elementos y contenido de los registros de cada plataforma, favoreciendo con ello el logro de la interoperabilidad semántica.

De cualquier manera, y teniendo en cuenta que el formato de metadatos Dublin Core no registra mucha información sobre el ciclo de vida del ODE, sería muy útil emplear esquemas más ricos como IEEE LOM o el propio perfil para educación de Dublin Core (el DC-Education Application Profile)⁶⁴, que sí permiten consignar esta información

Metadatos de DSpace y exeLearning+ a Moodle

Hay que tener en cuenta que los metadatos Dublin Core que se asocian a los ODEs en DSpace tienen como utilidad principal la búsqueda y localización de los objetos en el repositorio, para poder ser después reutilizados. No obstante, no aportan mucha información que pueda ayudar a decidir si su utilización es adecuada para un determinado proceso de aprendizaje. Si se aplicase el DC-Education Application Profile sí se incluiría metadatos educativos que describan aspectos educativos del recurso y puedan ayudar al profesor a planificar sus cursos.

Moodle cuenta con un repositorio interno de archivos y con la opción de activar un Repositorio IMS, y en ambos casos su localización se limita a la navegación. De esta manera, el profesor o profesores de un curso Moodle se ven obligados a conocer todos sus recursos por el nombre del fichero y “reconocer” el que quieren emplear en cada momento del proceso de aprendizaje. Esto podría ser abarcable en un curso de dimensiones reducidas, pero cuando se tratase de un curso de grandes dimensiones con un número elevado de recursos asociados, la localización de los recursos puede ser complicada si no se facilita mediante metadatos.

Para mejorar este aspecto, sería muy interesante extraer los metadatos que ya contienen los recursos (como los paquetes IMS o SCORM), generados en el momento de creación del objeto por la herramienta de autor, o editados al ser depositados en el repositorio, y permitir con ello un sistema de búsquedas por elementos de metadatos así como para seleccionar recursos por distintas características: por su tipo de interacción, por el tiempo necesario para su realización, por su tema o cualquier otra característica que sea descrita mediante metadatos.

⁶⁴ DCMI Education Community. *Op. Cit.*

Metadatos de Moodle a DSpace

Si se pretenden almacenar en el repositorio las copias de seguridad de cursos de Moodle sería muy útil poder obtener algún tipo de metadatos descriptivos y de gestión que ya consten en Moodle, tales como Título del curso, Administrador, Fecha de exportación, nº de recursos, Datos de utilización y registro de actividad del curso (historia del curso) etc.

5.1.7. Conclusiones sobre la interoperabilidad de formatos

La interoperabilidad de formatos en la arquitectura de sistemas de TecMinho y en el flujo de contenido actual está parcialmente conseguida, desde el momento en que dos de las herramientas utilizadas cumplen con los estándares de *e-learning* para el empaquetamiento de contenido SCORM e IMS CP.

Así, a nivel de formatos es posible transferir contenidos en los siguientes casos de uso planteados:

- Caso 1: herramienta de autor → repositorio [todos].
- Caso 3A: repositorio → LMS [SCORM/IMS CP, *assets*, cuestionarios Moodle].
- Caso 3B: repositorio → LMS [Copias de Seguridad Moodle].
- Caso 4A: LMS → repositorio [SCORM/IMS CP, *assets*, cuestionarios IMS QTI].
- Caso 4B: LMS → repositorio [Copias de Seguridad Moodle].
- Caso 5: herramienta de autor → LMS [SCORM/IMS CP].

La transferencia en este escenario está conseguida con limitaciones:

- Caso 2: repositorio → herramienta de autor [sólo formato propietario .elp, no cumple estándar SCORM / IMS CP].

Por último, la transferencia no resulta posible en este escenario:

- Caso 6: LMS → herramienta de autor (sólo acepta la importación del formato propio elp. el cual no es aceptado por el LMS, ni es uno de sus formatos de exportación).

5.1.8. Conclusiones sobre la interoperabilidad de metadatos

La interoperabilidad de metadatos en la arquitectura de sistemas de TecMinho y en el flujo de contenido actual es más deficiente que la interoperabilidad de formatos. En ninguno de los casos analizados es posible reutilizar los metadatos creados con una plataforma para ser aprovechados en otra.

Por ejemplo, los metadatos de los paquetes SCORM/IMS CP no se despliegan en el repositorio ni en el LMS. Los únicos metadatos que se recuperan son los de los paquetes elp exportados con exeLearning+ y almacenados en el repositorio, puesto que elp es el único formato de fichero que podrá volver a insertarse en la herramienta de autor.

En cuanto a los registros de metadatos de los ítems en el repositorio, no son exportados ni descargados cuando se obtiene un recurso (ODE o curso) del repositorio. Aún haciendo uso de la funcionalidad “*ItemExport*” de DSpace, los metadatos que se obtienen de esta manera no son aprovechables en el resto de plataformas.

Se considera recomendable establecer los mecanismos necesarios para transferir metadatos desde una plataforma a otra al tiempo que se transfieren los contenidos. Al menos, que puedan ser incluidos en el repositorio, donde los metadatos son de vital importancia para posibilitar la localización y recuperación de ODEs, y ayudar a su selección y toma de decisiones sobre su utilización y reutilización en diversos contextos de aprendizaje

5.1.9 Limitaciones del flujo de contenido del nivel de interoperabilidad aislado

Resulta evidente que el nivel de interoperabilidad aislado es un nivel muy básico mejorable mediante distintos mecanismos de interoperabilidad, simplemente por el hecho de ser el nivel más bajo considerado en el modelo LISI.

En concreto, en el caso de estudio de TecMinho se han observado diversas limitaciones que claman por una mejora y desarrollo de funcionalidades que permitan lograr un nivel de interoperabilidad, al menos, funcional. En líneas generales, estas limitaciones se refieren a:

- La *necesidad de sistemas de almacenamiento intermedio* para poder realizar el intercambio de recursos entre las distintas plataformas, con el consiguiente consumo de espacio de almacenamiento, y duplicado de recursos que puede llevar a una pérdida de control sobre los mismos.
- La *múltiple edición de metadatos* de descripción de un recurso, puesto que los metadatos editados en una u otra plataforma, no son reutilizados en las otras, siendo necesario su edición desde cero cada vez que se incluyen en un sistema.
- Y de forma general, resulta un *flujo discontinuo de los ODEs en el proceso de diseño del aprendizaje*, que dificulta el control y preservación de los mismos, y limita las capacidades de recuperación de los objetos con vistas a su (re)utilización.

Por estas y otras razones, se proponen lograr un nivel de interoperabilidad funcional (nivel 2 en el modelo LISI), y establecer un flujo de contenido continuo y sin obstáculos, que supere estas limitaciones actuales, y ofrezca a los creadores de contenidos y responsables de formación una arquitectura completa de soporte a sus actividades de diseño de la formación.

5.2. MODELO DE INTEROPERABILIDAD PROPUESTO: NIVEL FUNCIONAL

5.2.1. Necesidad de un nuevo modelo de interoperabilidad

Hasta ahora se ha analizado la interoperabilidad de las plataformas que componen la arquitectura de formación de TecMinho a nivel de **interoperabilidad aislada**, en la que no se produce la comunicación directa entre las plataformas y la transferencia de información se realiza mediante sistemas de almacenamiento intermedios. Para este nivel, se han evaluado distintos requisitos técnicos, sintácticos o semánticos, como son los relativos a la compatibilidad de formatos de ficheros, los esquemas y vocabularios de metadatos empleados por los distintos sistemas; y se han determinado las capacidades de transferencia de estos ficheros y registros (o sólo elementos) de metadatos de una plataforma a otra, mediante funcionalidades de importación o ingesta y exportación o descarga.

En esta fase se pretende determinar las necesidades de **interoperabilidad funcional** de las plataformas, para poder realizar estas transferencias de información sin pasos intermedios. El objetivo que se plantea es lograr un flujo de contenido en el que, en los supuestos en los que se considere preciso, cada plataforma sea capaz de conectarse y comunicarse con otra plataforma de la arquitectura para enviar o solicitar contenido, y que la plataforma que recibe la petición sea capaz de responderla, almacenando el contenido recibido o distribuyendo el contenido solicitado.

Por lo tanto, es preciso analizar las características y las posibilidades de desarrollo que ofrecen las distintas plataformas de la arquitectura de formación de TecMinho, para poder alcanzar no sólo la interoperabilidad en términos de formatos y metadatos (lo que es posible mediante el uso de estándares de *e-learning*), sino además facilitar un flujo de trabajo y un flujo documental continuo y sin obstáculos mediante la interconexión y comunicación entre sistemas.

Para ello, en los siguientes epígrafes se determinarán los requisitos técnicos mínimos para lograr la interconexión entre plataformas, con especial atención a los distintos tipos de interacciones para la transferencia de información, proponiendo una serie de casos de uso en base a dichas interacciones. Se considerará la pertinencia de estos casos de uso con el fin de proponer un flujo de información, para el cuál se determinarán las funcionalidades existentes y por desarrollar, y otras cuestiones a tener en cuenta en su consecución.

5.2.2. Requisitos de interoperabilidad a nivel funcional

5.2.2.1. Aspectos técnicos, sintácticos y semánticos

Para alcanzar la interoperabilidad a nivel funcional, se plantean de nuevo una serie de requisitos básicos de interoperabilidad en sus distintas vertientes técnica, sintáctica, semántica y organizativa. Algunos de estos aspectos, como los relativos a compatibilidad de formatos de ficheros (**técnico**) y de esquemas y vocabularios de metadatos (**sintácticos y semánticos**), ya han sido analizados en el nivel aislado, y las recomendaciones al respecto se mantienen en este nivel de interoperabilidad.

No obstante, en este nivel funcional son claves las cuestiones **técnicas** que soporten la interconexión y comunicación entre sistemas para llevar a cabo el intercambio de información, tanto de datos como de objetos digitales. En este

sentido, es imprescindible que las plataformas cuenten con diversas funcionalidades de conexión, comunicación, envío y recepción de consultas, envío de objetos y metadatos, recepción y almacenamiento de datos y objetos recibidos, entre otras.

Estas funcionalidades van permitir establecer distintos tipos de interacción entre las plataformas, como las que propone la especificación de IMS para interoperabilidad entre repositorios digitales (IMS DRI).

Algunos requisitos técnicos mínimos para establecer estas interacciones se refieren a:

- uso de protocolos de comunicación compatibles, que permitan la conexión remota desde una plataforma a la otra
- empleo de lenguajes de comunicación y consulta comunes
- funcionalidades de transferencia de objetos y de metadatos
- capacidades de almacenamiento de los objetos y metadatos recibidos

Para lograr esta interoperabilidad funcional van a ser críticos los acuerdos que se tomen a nivel **organizativo**, que definan cómo se va producir esta comunicación y transferencia entre las plataformas, establezcan métodos de autenticación y seguridad comunes, y en definitiva, que se defina un flujo de contenido coherente y aceptado por todas las partes implicadas.

5.2.2.2. Comunicación entre plataformas: tipos de interacciones y requisitos

Como se afirma en el epígrafe anterior, para lograr la interoperabilidad a nivel funcional es necesario que las herramientas cuenten con algunas funcionalidades que les van a permitir comunicarse con las otras herramientas y poder así intercambiar información. Estas funcionalidades van permitir establecer distintos tipos de interacción entre las plataformas, y para clasificarlas y caracterizarlas se ha tomado la especificación de IMS para interoperabilidad entre repositorios digitales (IMS DRI).

La especificación IMS DRI define una arquitectura funcional basada en tres tipos de entidades, cada una de ellas con unas funciones determinadas, que definen el mapa en el que herramientas *de e-learning*, repositorios y otros servicios de información interactúan. En el marco de esta arquitectura, IMS DRI define varios tipos de interacciones posibles, de los cuales se van a tener en cuenta principalmente dos: **Request/Deliver** (*Solicitar/Distribuir*) y **Submit/Store** (*Enviar/Almacenar*). El resto de las funcionalidades de interoperabilidad contempladas por IMS DRI, *Search/Expose* y *(Alert)/Gather*, se refieren únicamente al intercambio de metadatos, y el presente análisis tiene como objetivo analizar las capacidades de las herramientas de formación de TecMinho en el intercambio de objetos de contenido completos, incluidos sus metadatos.

En las interacciones *Submit/Store* y *Request/Deliver* los repositorios (entendidos como *servicios provisosores*) y los utilizadores de recursos (*servicios de acceso*) desempeñan cada uno una función específica para el intercambio de información, y por tanto tienen responsabilidades diferentes en el logro de la interoperabilidad:

Así, en la interacción **Submit-Store** (*Enviar-Almacenar*), el papel de cada herramienta sería el siguiente:

- Servicio de acceso o utilizador de recursos: debe ser capaz de dirigirse y comunicarse con el servicio provisor, y enviarle (**submit**) el contenido y los

metadatos asociados en un formato adecuado de manera que puedan ser almacenados y utilizados por la plataforma destino.

- **Servicio proveedor:** debe ser capaz de aceptar las solicitudes que le envía el servicio de acceso, y almacenar (**store**) el contenido enviado dónde y como sea preciso, comunicándole el éxito de esta operación al servicio de acceso.

Y en cuanto a la interacción **Request-Deliver** (*Solicitar-Distribuir*):

- **Servicio de acceso o utilizador de recursos:** deber ser capaz de conectarse al servicio proveedor, y solicitar (**request**) información.
- **Servicio proveedor:** debe aceptar las peticiones del servicio de acceso, y responderle enviando (**deliver**) la información o recursos de los recursos solicitados.

Cabe destacar que en ambos casos la transferencia de datos se lleva a cabo a **petición del servicio de acceso**. Por ello, corresponde a las herramientas que tomen el rol de servicio de acceso contar con la capacidad de ejecutar peticiones, al tiempo que las herramientas que tomen el rol de servicio proveedor deben ser capaces de recibir las peticiones de los servicios de acceso y ejecutar las acciones correspondientes.

Para poder cumplir con estas funciones, y tomar el rol de plataforma destino o plataforma fuente en cada una de ellas, es necesario que los servicios de acceso y los servicios proveedores cumplan algunos requisitos técnicos mínimos.

A) Servicio de acceso: son los encargados de realizar las peticiones al servicio proveedor, tanto como plataforma fuente como plataforma destino. De esta manera, deben ser capaces de:

- Realizar peticiones *Request* y *Submit* mediante protocolos de comunicación y transferencia de ficheros como FTP, SMTP, HTTP o SOAP⁶⁵.
- Recibir un *Deliver*: la plataforma destino, que realizó el *Request*, debe tener capacidad de recibir y almacenar lo que la otra plataforma le envía (*Deliver*).

B) Servicio proveedores: Son los encargados de recibir las peticiones de los servicios de acceso, y proporcionarles la información solicitada o almacenar la información recibida, por lo tanto, deben ser capaces de:

- Recibir peticiones *Submit* y *Request*:
 - estar disponibles mediante protocolos de comunicación como HTTP, FTP, SMTP o SOAP, y por tanto, ejecutarse en un servidor en Internet. Si no se cumple este requisito, la plataforma origen no será capaz de conectarse con ella para iniciar la transferencia de información.
 - permitir la conexión y autenticación de usuarios de forma remota.
- Almacenar (*Store*) lo que la plataforma acceso le envía (*Submit*): tener capacidad de almacenamiento propio, para poder determinar dónde se van a almacenar los datos transferidos.

⁶⁵ W3C. *SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)*. 27 Abril 2007. Recomendación del W3C. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/> . [Consulta: 29/02/2008].

- Distribuir (*Deliver*) lo que el servicio de acceso le solicita (*Request*).

Será preciso determinar si las herramientas que conforman la arquitectura de apoyo a la formación de TecMinho cuentan con estas funcionalidades, dónde se ubican en el modelo de información de IMS DRI, y por tanto, que roles pueden desempeñar en las distintas interacciones del flujo de contenido a proponer.

5.2.2.3. Roles de las herramientas de TecMinho en las interacciones propuestas

Tomando como base la especificación IMS DRI, y el análisis de cumplimiento de requisitos funcionales por parte de las herramientas de apoyo a la formación de TecMinho, se considera que dichas herramientas van a tomar los siguientes roles en las distintas interacciones:

A) Servicios de acceso:

Se consideran servicios de acceso en la arquitectura de TecMinho las siguientes herramientas:

- ExeLearning+: es una herramienta de autor, que en el marco de IMS DRI se considera un servicio de acceso, papel que puede cumplir realizando peticiones a los servicios proveedores como el repositorio.
- Moodle: como LMS puede actuar como servicio de acceso o utilizador de recursos, realizando peticiones a los servicios proveedores como el repositorio.

Por el contrario, no se considera servicio de acceso el caso de Dspace, que si bien en el marco de IMS DRI podría actuar como un servicio de acceso que consulta a otros repositorios, la arquitectura de TecMinho no contempla otros sistemas de este tipo, y sólo será tenida en cuenta su faceta de servicio proveedor.

A) Servicios proveedores:

En la arquitectura de interoperabilidad de TecMinho, se consideran un servicio proveedor:

- Dspace: como repositorio es un servicio proveedor por excelencia. Es una herramienta que se ejecuta en un servidor y cuenta con sistema de almacenamiento propio, por lo que podrá Recibir peticiones y ejecutar las funciones Store y Deliver, aceptando contenido para su almacenamiento, y suministrando contenido almacenado.

También podría ejercer esta función la herramienta Moodle, puesto que se ejecuta en un servidor y cuenta con sistema de almacenamiento, por lo que podrá Recibir peticiones y ejecutar las funciones Store y Deliver, y por tanto actuar como un servicio provisor. No obstante, será preferible que el servicio provisor sea el repositorio DSpace.

Y por último, no se considera que puedan ejercer la función de servicio proveedor la herramienta ExeLearning+, por ser un programa que se ejecuta localmente en el equipo del usuario, sin conexión a una red local o a Internet, y por lo tanto, que no es accesible para recibir peticiones de otras herramientas. Asimismo, no cuenta con sistema de almacenamiento propio.

5.2.2.4. Casos de uso resultantes

Teniendo en cuenta los roles que pueden cumplir cada una de las herramientas integradas en el flujo de contenido educativo en TecMinho se han establecido un conjunto de posibles interacciones entre dichas plataformas. Estas interacciones se estudiarán mediante la técnica de casos de uso, de forma similar al análisis realizado en el nivel de Interoperabilidad aislado.

Caso	Submit	Store	Granularidad	Nota
7	exeLearning+	Dspace	ODE	
8A	Moodle	Dspace	ODE	
8B	Moodle	Dspace	Curso	
9	Dspace	Moodle	ODE/Curso	Preferible caso 12
10	exeLearning+	Moodle	ODE	Preferible 7+12

Caso	Request	Deliver	Granularidad	Nota
11	exeLearning+	Dspace	ODE	
12	Moodle	Dspace	ODE/Curso	
13	Dspace	Moodle	Curso	Preferible caso 8

Para los casos 9 y 13 se ha tenido en cuenta la capacidad de Dspace de actuar como servicio de acceso, y las funcionalidades de Moodle que le permitirían ejercer de servicio proveedor (repositorio interno, disponible en servidor web y acceso remoto). No obstante, del análisis de pertinencia de los distintos casos se desprende que es preferible realizar la transferencia mediante otras interacciones, por lo que estos casos serán descartados y no formarán parte del flujo de contenido propuesto.

Como resultado, se definen ocho interacciones o casos posibles, y al igual que en el nivel de interoperabilidad aislado, algunas de ellas son el desglose de una interacción genérica en base a la granularidad de los objetos a transferir.

En estos casos, también a semejanza del nivel aislado, se han adaptado los roles propuestos en la especificación IMS DRI, considerando una serie de actores, que podrán ser tanto usuarios de las plataformas como agentes software (otras plataformas), tal y como se explica en el apartado 4.4.3.

5.2.3. Fichas de los casos de uso

En este epígrafe se presentan las distintas fichas de los casos de uso correspondientes al nivel de interoperabilidad funcional, siguiendo el modelo de ficha propuesto en la metodología de evaluación, apartado 4.4.2.

Caso 7. Remisión de ODEs de la herramienta de autor para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.

Caso	Remisión de ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace.
Descripción	El Creador de contenidos ha creado un ODE con la herramienta de autor y ahora necesita almacenarlo en el repositorio para su preservación, difusión y posibles reutilizaciones futuras. Para ello se conecta directamente al repositorio desde la herramienta de autor con la que ha creado el ODE y solicita el envío del ODE al repositorio, para que lo almacene en su sistema.
Actor Prim.	Actor 1. Creador de contenidos (CdC)
Actores secundarios	Actor 4. Herramienta de autor Actor 5. Repositorio de contenidos educativos
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El CdC debe contar con una instalación de la plataforma exeLearning+ en su equipo. El CdC debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace. El CdC debe haber creado un ODE con la herramienta de autor, un proyecto compuesto por uno o múltiples <i>iDevices</i> .
Post-condiciones	El ODE, en uno o múltiples formatos, tiene que ser almacenado en el repositorio, y descrito con metadatos consistentes
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CdC ejecuta la herramienta de creación de contenidos exeLearning+ en su computadora. 2. El CdC crea o abre un proyecto ya creado con exeLearning+. 3. El CdC se conecta remotamente al repositorio DSpace desde exeLearning+. 4. El CdC se autentica como usuario o ePerson del repositorio DSpace. 5. El CdC selecciona la comunidad y colección donde se quiere enviar el contenido. 6. exeLearning+ exporta los ficheros en los formatos que se requieran /acepte el repositorio. 7. exeLearning+ transfiere los metadatos Dublin Core asignados al ODE. 8. DSpace añade al ítem elementos de metadatos de creación automática 9. DSpace permite la edición de aquellos metadatos propios del repositorio que no se tengan en cuenta en exeLearning+. 10. El ODE se almacena en DSpace y se le asigna un identificador único.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 6A. exeLearning+ permite exportar los ODEs sólo en un formato predeterminado (como IMS /SCORM). 6B. exeLearning+ permite seleccionar al usuario el formato de exportación. 6C. exeLearning+ permite exportar los ODEs en varios formatos y todos ellos

se asocian al mismo ítem en el repositorio.

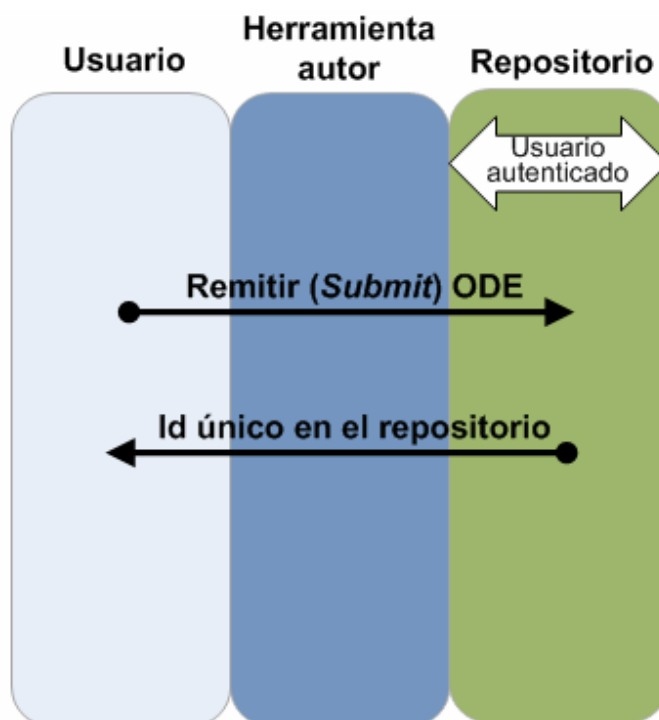


Figura 22. Remisión de ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace.

Caso 8A. Remisión de ODEs desde el LMS para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.

Caso	Remisión de ODEs de Moodle para su almacenamiento en DSpace.
Descripción	El Tutor ha creado un curso en el LMS, compuesto por varios objetos educativos, así como actividades, paquetes de contenido IMS o SCORM, exámenes, etc. El Tutor pretende remitir al repositorio los objetos educativos generados en el LMS para su almacenamiento y preservación, así como su posterior reutilización.
Actor Prim.	Actor 1. Responsable de Formación (Tutor)
Actores secundarios	Actor 3. LMS. Actor 5. Repositorio de contenidos educativos
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener perfil de profesor. El Tutor debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace. El Tutor debe haber creado un curso en el LMS, y generado uno o varios recursos o actividades como un cuestionario o un glosario.
Post-condiciones	El ODE debe ser almacenado en el repositorio en la colección que corresponda y descrito con metadatos consistentes.
Secuencia	1. El Tutor se conecta y autentica en el LMS. 2. El Tutor abre un curso diseñado en el LMS.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. El Tutor abre el repositorio interno del LMS (“Archivos” o Ficheiros”) 4. El Tutor selecciona un ODE del repositorio interno⁶⁶. 5. El Tutor se conecta remotamente al repositorio DSpace desde Moodle. 6. El Tutor se autentica como usuario o ePerson del repositorio de contenidos educativos (en DSpace). 7. El Tutor selecciona la comunidad y colección donde se quiere enviar el contenido. 8. El LMS exporta los ficheros en los formatos que se requieran / acepte el repositorio. 9. El LMS transfiere los metadatos asignados al ODE en el LMS. 10. DSpace añade al ítem elementos de metadatos de creación automática. 11. DSpace permite la edición de aquellos metadatos propios del repositorio que no se tengan en cuenta en el LMS. 12. DSpace almacena el ODE y le asigna un identificador único.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 4A. El ODE seleccionado es un cuestionario, y se puede exportar en varios formatos, entre ellos uno propio de Moodle (Moodle.xml) y otro estándar (IMS QTI 2.0). El primero no contiene metadatos mientras que el segundo sí. 4B. El ODE seleccionado es un paquete de contenido IMS o SCORM. Ambos contienen metadatos, pero no han sido creados ni modificados por el LMS, sino que fueron editados previamente a ser incluidos en el LMS. 4C. El ODE es un glosario, exportando en un documento XML y con escasos metadatos descriptivos.

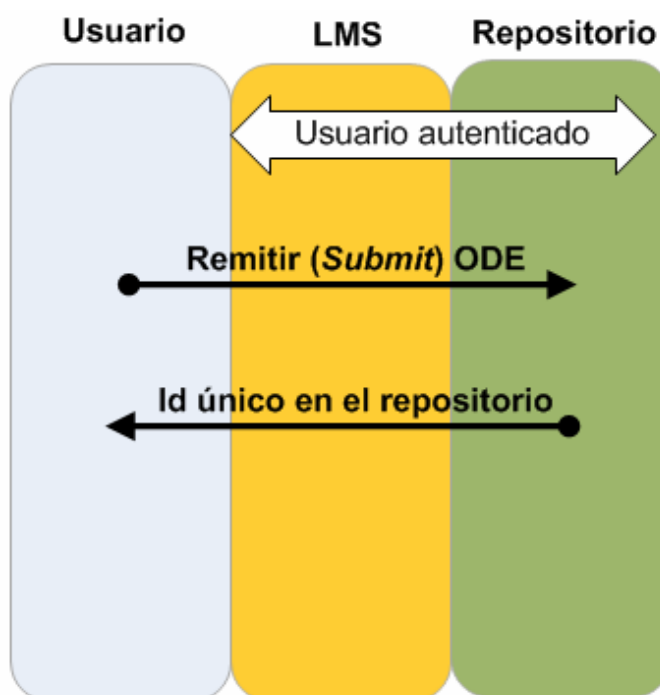


Figura 23. Remisión de ODEs de Moodle para su almacenamiento en DSpace.

⁶⁶ Una propuesta sería implementar una funcionalidad para que el LMS, desde su sistema de archivos, ofreciese una opción para “remitir al repositorio” los contenidos exportados.

Caso 8B. Remisión de Curso desde el LMS para su almacenamiento en el repositorio de contenidos educativos.

Caso	Remisión de Cursos de Moodle para su almacenamiento en DSpace.
Descripción	El Tutor ha creado un curso con el LMS, y una vez finalizado, precisa preservarlo para reutilizarlo posteriormente en otras disciplinas y cursos escolares, e incluso, en distintas plataformas Moodle. Para ello, remite los cursos diseñados en el LMS al repositorio, para su almacenamiento y preservación, así como su posterior reutilización.
Actor Prim.	Actor 2. Responsable de formación (Tutor)
Actores secundarios	Actor 3. LMS. Actor 5. Repositorio de contenidos educativos
Granularidad	Curso, diseñado en LMS
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener perfil de profesor. El Tutor debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace. El Tutor debe haber creado un curso en el LMS.
Post-condiciones	El ODE debe ser almacenado en el repositorio en la colección que corresponda y descrito con metadatos
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor se conecta y autentica en el LMS. 2. Tutor abre un curso diseñado en el LMS. 3. El Tutor realiza una copia de seguridad de su curso, seleccionando los contenidos que se van a incluir en la copia de seguridad (por ejemplo, si se van a incluir o no los datos de usuario). 4. El Tutor se conecta remotamente al repositorio DSpace desde Moodle. 5. El Tutor se autentica como usuario o ePerson del repositorio de contenidos educativos (en DSpace). 6. El Tutor selecciona la comunidad y colección donde se quiere enviar el contenido. 7. El LMS exporta la copia de seguridad al repositorio, 8. El LMS transfiere los metadatos asignados al curso. 9. DSpace añade al ítem elementos de metadatos de creación automática. 10. DSpace permite la edición de aquellos metadatos propios del repositorio que no se tengan en cuenta en el LMS. 11. DSpace almacena el curso y le asigna un identificador único.
Variaciones	3A. El Tutor exporta los contenidos y componentes del curso como un paquete IMS o SCORM (Por desarrollar).

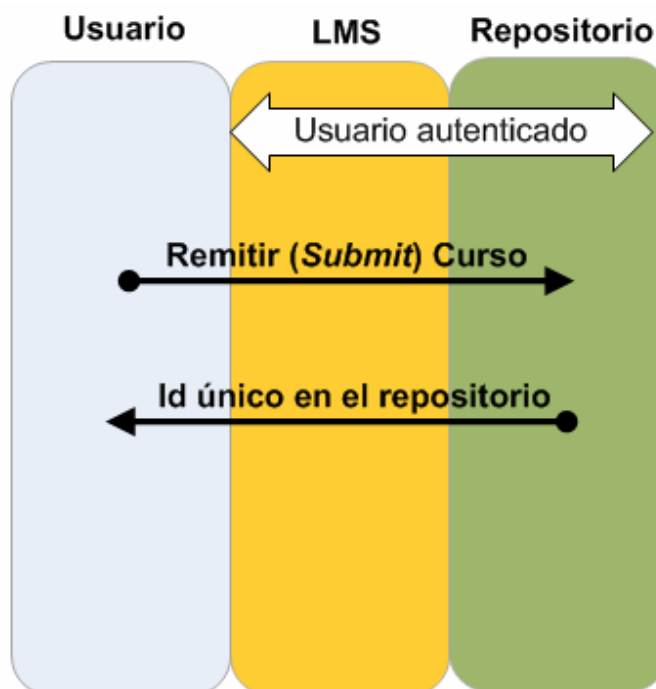


Figura 24. Remisión de Cursos de Moodle para su almacenamiento en el repositorio

Caso 9. Remisión de ODEs desde el repositorio para su inclusión en un curso del LMS.

Caso	Remisión de ODEs desde DSpace para su inclusión en un curso en Moodle
Descripción	<p>El Tutor está navegando por el repositorio de contenidos educativos y localiza un recurso que puede ser interés para su curso, que se lleva a cabo en el LMS.</p> <p>El Tutor selecciona un recurso y pide al repositorio que lo envíe al LMS y lo almacene en éste, concretamente en su sistema de archivos. Después tendrá que asociarlo al curso donde quiere utilizar ese recurso, y determinar dónde se va a insertar. En el caso de que sea un paquete de contenido IMS o SCORM, también tendrá que desplegarlo.</p>
Actor Prim.	Actor 2. Responsable de formación (Tutor)
Actores secundarios	<p>Actor 3. LMS.</p> <p>Actor 5. Repositorio de contenidos educativos</p>
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	<p>El Tutor debe ser usuario del LMS y tener perfil de profesor.</p> <p>El Tutor debe haber creado un curso en el LMS.</p>
Post-condiciones	El ODE seleccionado en el repositorio deberá almacenarse en el sistema de archivos de un curso en el LMS, para que este pueda utilizarlo como recurso o actividad.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Tutor ejecuta una búsqueda en el repositorio y localiza un ODE de su interés. 2. El Tutor abre el registro completo del ítem que contiene el ODE. 3. El Tutor selecciona los ficheros asociados al ítem e indica que se remitan

	<p>al LMS.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Se abre una ventana de dialogo en la que el Tutor se autentica como usuario del LMS. 5. En la ventana de diálogo, el Tutor selecciona el curso del LMS al que quiere remitir el ODE. 6. El repositorio remite el ODE al LMS. 7. EL LMS recibe el ODE, y lo almacena en su sistema de archivos. 8. El Tutor asocia el ODE a un curso del LMS.
Variaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1A. El ODE que localiza el Tutor está en un formato estandarizado tal como IMS CP. 9A. El Tutor despliega el ODE para su utilización en un curso insertando en éste un nuevo recurso, paquete de contenido IMS. -- 1B. El ODE que localiza el Tutor está en un formato estandarizado tal como SCORM. 9B. El Tutor despliega el ODE para su utilización en un curso insertando en éste una nueva actividad, paquete SCORM. --- 1C. El ODE que localiza el Tutor es un <i>asset</i> (página web, imagen, pdf)

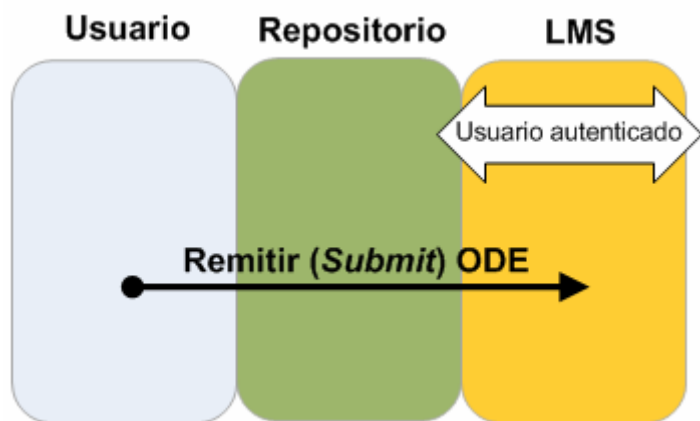
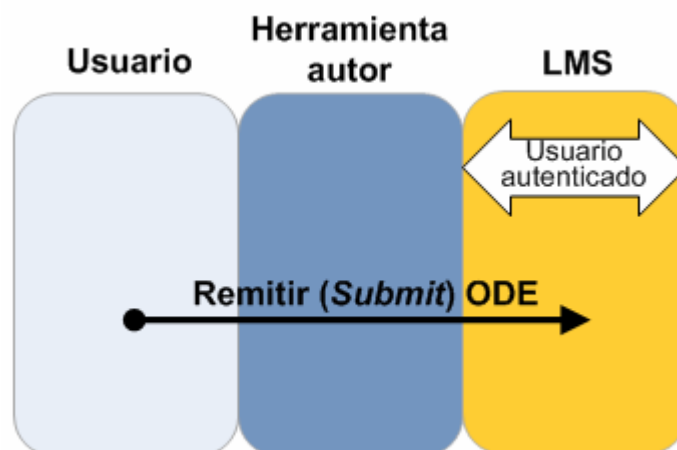


Figura 25. Remisión de ODEs desde DSpace para su inclusión en un curso en Moodle

Caso 10. Remisión de ODEs desde la herramienta de autor al LMS.
--

Caso	Remisión de ODEs creados con exeLearning+ para incluirlos en un curso en Moodle
Descripción	El Profesor (Creador de contenidos) ha creado un objeto educativo con la herramienta de autor y lo quiere incluir como un recurso o actividad en un curso que imparte en el LMS. Para ello, el Tutor remite a dicha plataforma los recursos educativos creados desde la herramienta de autor para ser almacenados y utilizados en uno o varios cursos.
Actor Prim.	Actor 1. Creador de contenidos // Actor 2. Responsable de formación ⁶⁷
Actores secundarios	Actor 4. Herramienta de autor Actor 3. LMS.
granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	El profesor debe ser usuario de la plataforma exeLearning+ El profesor debe ser usuario de Moodle con perfil de profesor (o administrador). El profesor debe haber creado un ODE con la herramienta de autor.
Post-condiciones	El ODE creado con la herramienta de autor deberá almacenarse en el sistema de archivos de un curso en el LMS, para que este pueda utilizarlo como recurso o actividad.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El profesor ejecuta la herramienta de creación de contenidos exeLearning+ en su computadora. 2. El profesor crea o abre un proyecto ya creado con exeLearning+. 3. El profesor se conecta remotamente al LMS Moodle. 4. El profesor se autentica como usuario en Moodle. 5. El profesor selecciona el curso de Moodle al que quiere añadir el ODE. 6. exeLearning+ exporta los ficheros en formato IMS CP o SCORM. 7. Moodle almacena esos ficheros en el repositorio de archivos de dicho curso. 8. El profesor selecciona donde y cómo quiere desplegar el paquete IMS o actividad SCORM?
Variaciones	<p>6A. El ODE se exporta como un paquete de contenido IMS</p> <p>8A. El profesor agregar un recurso >> paquete de contenido IMS, selecciona el paquete IMS enviado desde la herramienta de autor y lo despliega en el LMS.</p> <p>6B El ODE se exporta como un paquete SCORM.</p> <p>8A. El profesor agregar una actividad, actividad SCORM, selecciona el paquete SCORM enviado desde la herramienta de autor y lo despliega en el LMS.</p>

⁶⁷ En este caso el profesor juega dos roles, el del actor 1, como creador de contenidos educativos, y el del actor 2, como responsable de formación y diseñador de un curso en línea en la plataforma Moodle, de manera que se ha optado por denominar "Profesor" a este actor.



Caso 11. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en el repositorio para su importación y posterior edición por la herramienta de autor

Caso	Búsqueda y petición de ODEs almacenados en DSpace para su edición en exeLearning+
Descripción	<p>El profesor (Creador de contenidos) ha creado varios recursos educativos con la herramienta de autor y los ha remitido al repositorio para su almacenamiento. Ahora precisa diseñar un nuevo curso de mayor envergadura, en el que decide combinar varios de sus recursos educativos, los cuales va a editar con la herramienta de autor.</p> <p>Para componer este curso el profesor emplea la herramienta de autor y genera un nuevo proyecto. En pleno proceso de edición, el profesor necesita incluir distintos recursos que ya había almacenado en el repositorio, y por tanto, necesita acudir a éste, localizarlos y añadirlos en el proyecto de curso en edición.</p>
Actor Prim.	Actor 1. Creador de contenidos (CdC)
Actores secundarios	<p>Actor 4. Herramienta de autor</p> <p>Actor 5. Repositorio de contenidos educativos</p>
Granularidad	ODE, objeto digital educativo.
Condiciones previas	<p>El CdC debe ser usuario de la plataforma exeLearning+.</p> <p>El CdC debe ser usuario (ePerson) del repositorio DSpace.</p>
Post-condiciones	El ODE debe poder ser utilizado y modificado por la herramienta de autor.
Secuencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CdC ejecuta la herramienta de autor en su equipo. 2. El CdC crea un nuevo proyecto o abre un proyecto ya creado. 3. El CdC inicia la función "Insertar ODE" y selecciona la opción "Buscar en el repositorio". 4. La herramienta de autor se conecta con el repositorio y permite al usuario realizar una búsqueda en sus colecciones. 5. El CdC busca y localiza un ODE de interés para su recurso. 6. EL CdC solicita que se inserte ese ODE en su nuevo recurso. 7. El repositorio transfiere el ODE solicitado a la herramienta de autor.

	8. La herramienta de autor inserta el ODE en el recurso que está editando el CdC.
Variaciones	

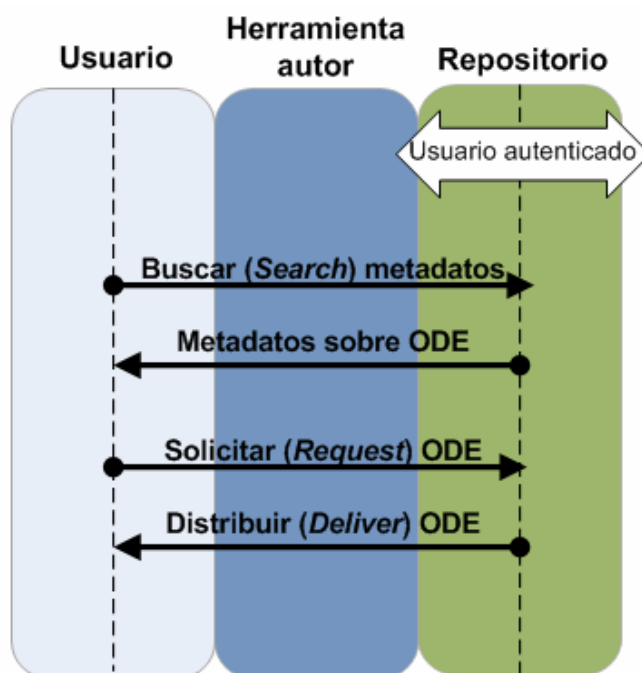


Figura 26. Petición de ODEs almacenados en DSpace para su edición en exeLearning+

Caso 12. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en el repositorio para su importación e inclusión en un curso en el LMS.

Caso	Búsqueda y petición de ODEs almacenados en DSpace para su inclusión en un curso en Moodle
Descripción	El Tutor está editando un curso en el LMS y precisa añadirle nuevos recursos para distintas lecciones, actividades, exámenes, etc. Para ello consulta el repositorio de contenidos educativos, localiza los objetos educativos que puedan ser de utilidad para su curso, y posteriormente los importará al LMS para añadirlos en su curso.
Actor Prim.	Actor 2. Responsable de formación (Tutor)
Actores secundarios	Actor 3. LMS. Actor 5. Repositorio de contenidos educativos
Granularidad	ODE, Objeto Digital Educativo
Condiciones previas	El Tutor debe ser usuario del LMS y tener perfil de profesor. El Tutor debe haber creado un curso en el LMS.
Post-condiciones	El ODE seleccionado en el repositorio deberá almacenarse en el sistema de archivos de un curso en el LMS, para que este pueda utilizarlo como recurso o actividad.
Secuencia	1. El Tutor se conecta al LMS Moodle en su sesión de usuario, con perfil de profesor o administrador. 2. El Tutor abre el curso al que quiere añadir nuevos recursos.

	<p>3. El Tutor activa la función de edición de cursos de Moodle.</p> <p>4. El Tutor abre el repositorio interno “Archivos” de Moodle.</p> <p>5. El Tutor se conecta remotamente al repositorio DSpace desde Moodle.</p> <p>6. El Tutor busca o navega en los contenidos del repositorio DSpace hasta localizar el recurso/s de su interés.</p> <p>7. El Tutor selecciona un recurso y solicita que sea exportado a Moodle.</p> <p>8. DSpace transfiere el fichero asociado al ítem al repositorio interno de Moodle, donde es almacenado.</p> <p>9. El Tutor selecciona el fichero importado en Moodle y lo utiliza en el curso en edición.</p>
Variaciones	<p>4A. El Tutor quiere insertar un recurso, y por lo tanto selección la opción “Añadir recurso” >> “<u>Paquete de contenido IMS</u>”, y Moodle le ofrece la opción “Buscar en el repositorio”⁶⁸.</p> <p>6A. Dspace sólo muestra ítems con ficheros en formato IMS CP.</p> <p>9A. El Tutor despliega el paquete IMS en el curso que está editando.</p> <hr/> <p>4B. El Tutor quiere insertar una actividad, y por lo tanto selección la opción “Añadir recurso” >> “<u>Actividad SCORM</u>”, y Moodle le ofrece la opción “Buscar en el repositorio”.</p> <p>6B. Dspace sólo muestra ítems con ficheros en formato SCORM.</p> <p>9B. El Tutor despliega el paquete SCORM en el curso que está editando.</p> <hr/> <p>4C. El Tutor quiere insertar <u>preguntas o exámenes</u>, por lo que abre el módulo “Preguntas” y selecciona la opción “Importar”. Moodle le ofrece la opción “Importar desde el repositorio”.</p> <p>6C. Dspace le muestra únicamente ítems con ficheros en formato compatibles con Moodle.</p> <p>9C. El LMS es capaz de importar e utilizar estos ficheros compatibles.</p>

⁶⁸ Supuestamente esta es la función del repositorio IMS que ofrece Moodle desde su versión 1.6. No obstante, este repositorio tiene unas capacidades de búsqueda e identificación de recursos muy limitadas, por lo que el repositorio al que se hace referencia en este caso debe ser el de contenidos educativos en DSpace.

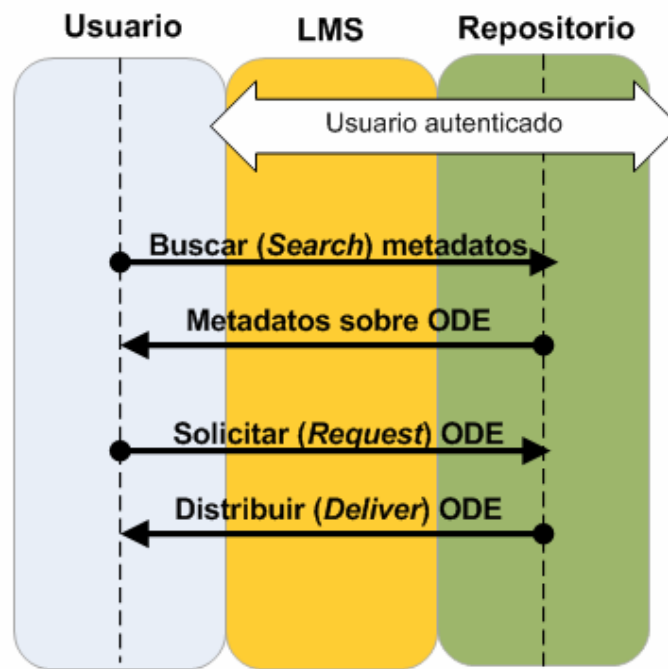


Figura 27. Búsqueda y Petición de ODEs almacenados en repositorio para su inclusión en curso LMS

5.2.4. Pertinencia de los casos de uso y propuesta de flujo de contenido

Con el fin de definir un flujo de contenido modelo para la transferencia de contenidos entre las plataformas de TecMinho, es necesario determinar qué comunicaciones o interacciones deberían conformar dicho flujo.

Del análisis de los casos de uso propuestos para este nivel de interoperabilidad, se extrae que no todas las interacciones son igual de relevantes ni necesarias. Al mismo tiempo, algunas de ellas no siguen el orden lógico de diseño del aprendizaje, siendo preferible realizar la transferencia mediante otras interacciones alternativas, por lo que serán desestimadas y excluidas de la propuesta de flujo de información.

Caso 7. Remisión de ODEs de exeLearning+ para su almacenamiento en DSpace

Hasta el momento, la transferencia de los contenidos desde la herramienta de autor al repositorio se lleva a cabo mediante el *Caso de uso 01. Exportar ODEs de exeLearning+ a DSpace*, del nivel de interoperabilidad aislada. La interacción propuesta en el caso 7 viene a salvar las dificultades y problemas que supone un flujo discontinuo de información entre estas dos herramientas. Esta funcionalidad ya es considerada una necesidad por TecMinho, y se ha iniciado la modificación de exeLearning+ para implementarla.

Se considera muy importante poder contar con esta funcionalidad de exportación de recursos desde la herramienta de creación al repositorio. Supone una forma rápida, fácil y segura de almacenar los recursos educativos creados, que se hayan utilizado o se vayan a utilizar en un curso de *e-learning*. Supone un ahorro de tiempo, esfuerzo, espacio de almacenamiento, multiplicidad de versiones, etc.

Pero además, se considera de especial interés que los metadatos ya editados de estos recursos puedan ser transferidos igualmente al repositorio, y se evite con ello la duplicación de trabajo y la incoherencia entre los metadatos del paquete de forma individual y de la versión almacenada en el repositorio.

Caso 8A. Remisión de ODEs de Moodle para su almacenamiento en DSpace.

La transferencia de objetos educativos desde la plataforma de *e-learning* al repositorio se basa en una solución aislada, como se describe en el *Caso 03. Exportar un ODE almacenado en DSpace para incluirlo en un curso en Moodle*. Se considera muy recomendable poder desarrollar una funcionalidad de interacción directa para poder remitir al repositorio algunos recursos educativos creados en el LMS, como pueden ser los cuestionarios y preguntas, los glosarios u otros, con fines de preservación y futura reutilización.

Ahora bien, las necesidades de transferencia no serán las mismas para los distintos tipos de recursos mencionados. En cuanto a las *preguntas y cuestionarios*, si bien es recomendable exportarlos y almacenarlos en un formato estandarizado que pueda ser reutilizado en otras plataformas, Moodle no tiene las mismas opciones de importación que de exportación, y en este caso, no permite importar cuestionarios IMS QTI. Por lo tanto, es necesario exportar y almacenar los cuestionarios también en un formato que pueda ser importado de nuevo en una plataforma Moodle (formato `moodle.xml`).

Los *Glosarios* sólo se exportan en formato propio `moodle.xml`, por lo que no habrá dificultades para poder reutilizarlo en una plataforma Moodle, pero sí en otro tipo de

LMS. Incluyen alguna meta-información, pero no estandarizada, y prácticamente toda esta información se refiere a opciones de presentación y uso en la plataforma, escaseando la información descriptiva.

Por último, no se considera necesario para remitir ODEs que hayan sido creados previamente con otras herramientas. Se entiende que el flujo natural de estos recursos consistiría en su almacenamiento en el repositorio, y que el LMS sólo los importase en sus cursos para un uso específico, no siendo necesario que regresen al repositorio una vez utilizados en el LMS. Generalmente los paquetes de contenido no se modifican en el LMS, así que no aportan nueva información y no supondrían un nuevo ODE. No obstante, el LMS sí genera información sobre el uso del objeto, y en este caso, cabría la opción de almacenar en el repositorio, junto con el objeto no modificado, algunos registros de uso/actividad con ese recurso.

Caso 8B. Remisión de Cursos de Moodle para su almacenamiento en DSpace.

La transferencia de cursos desde Moodle al repositorio se realiza en la actualidad conforme a la secuencia descrita en el *Caso 4A. Exportar un curso de Moodle para almacenarlo en el repositorio DSpace*, transferencia que puede mejorarse notablemente mediante la interacción directa entre estas plataformas, y la remisión al repositorio de cursos Moodle con fines de preservación y reutilización.

Sin embargo, en este caso hay que analizar con mucho cuidado los recursos que se van a exportar y los que no, puesto que gran parte de la información registrada por Moodle para sus cursos es información que sólo tiene utilidad en el seno de la experiencia de aprendizaje concreta, como datos de los usuarios, grupos, intervenciones en foros y chats, resultados de exámenes, envío de prácticas, y otras comunicaciones alumno-profesor o alumno-alumno. Esto se puede almacenar en la copia de seguridad para restaurarlo, o para analizar datos y estadísticas de los resultados de esa experiencia de aprendizaje, pero no tiene interés para ser reutilizado.

Por tanto, es necesario extraer: por un lado, los contenidos y actividades propuestas y su estructura y/o organización, que sí podrían aplicarse en un nuevo contexto educativo; y por otro, la información asociada específicamente a la impartición de ese curso (profesores, alumnos, calendario) y la generada en la realización de la experiencia de aprendizaje.

Caso 9. Remisión de ODEs desde DSpace para su inclusión en un curso en Moodle

En este caso se plantea un problema en relación con la lógica del diseño de la formación. Aunque este caso podría ser pertinente, puesto que sigue el flujo de trabajo de selección de objetos educativos en un repositorio y su utilización posterior en el LMS, se considera más adecuado que la interacción se lleve a cabo a petición del LMS, y no a petición del repositorio.

Así, es preferible considerar que es en el momento de utilización del LMS, donde se están creando y componiendo los cursos, cuando surge la necesidad de incluir nuevos recursos y se acude al repositorio en busca de dichos materiales, que será seleccionados e importados en la plataforma de *e-learning*, tal y como se define en el **Caso 12**.

Caso 10. Remisión de ODEs creados con exeLearning+ para incluirlos en un curso en Moodle

La transferencia de información contemplada en este caso corresponde con la analizada en el nivel aislado por el *Caso 05. Exportar ODEs de exeLearning+ para su inclusión en un curso en el LMS Moodle*. Este desarrollo podría ser pertinente en el momento en el que un profesor está generando un curso, precisa de la creación de nuevos ODEs, lo cual lleva a cabo desde la herramienta de autor, y posteriormente los quiere remitir al LMS donde se va a impartir el curso.

El problema es que esta interacción presupone que el profesor como creador de contenidos va a tener siempre un curso al que remitir los objetos cuando los genere en la herramienta de autor, y que además debe conocer la estructura del curso para indicar dónde se van a incluir, cuando es posible que el proceso de creación de contenidos no se corresponda en el tiempo con el del diseño del curso.

Es por ello que no se considera necesaria una conexión directa entre la herramienta de autor y el LMS, y sea preferible almacenar y preservar en el repositorio (DSpace) los ODEs creados con exeLearning+ para posteriormente incluirlos o no en los cursos de la plataforma Moodle. Este flujo de contenido se reflejaría en los casos 7 y 12 planteados.

Caso 11. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en DSpace para su edición en exeLearning+

La búsqueda y selección de ODEs del repositorio para su reedición en la herramienta de autor se lleva a cabo en la actualidad tal y como se detalla en el *Caso 02, Exportar un ODE almacenado en DSpace para editarlo en exeLearning+*, del nivel de interoperabilidad aislado. Ahora bien, se plantea la necesidad de poder acudir al repositorio desde la propia herramienta de autor y sin salir de ella, por lo que sería necesario implementar funcionalidades de conexión entre ambas. Esta interacción estaría contemplada por la IMS DRI en su caso de uso 3, en el que el creador de contenidos, responsable de formación o alumno, busca un objeto de aprendizaje en el repositorio y solicita el recurso encontrado.

La dificultad de este caso radica en los problemas de compatibilidad de formatos y de metadatos, como se describe en el apartado 5.1.4. Para solventarlo se plantean distintas opciones, como que la búsqueda desde exeLearning+ en el repositorio sólo se hiciese de los ficheros en formato compatible (elp). Para ello sería necesario que DSpace permitiese buscar por el formato de los ficheros asociados a un ítem, que sólo se buscase en una colección determinada (y se asociase a esa colección los registros con ficheros elp asociados), o mediante cualquier otro método alternativo.

En definitiva, este caso considerado de gran pertinencia no supondría ninguna dificultad si exeLearning+ fuese capaz de importar en formatos estandarizados como IMS o SCORM.

Caso 12. Búsqueda y petición de ODEs almacenados en DSpace para su inclusión en un curso en Moodle

Este último caso propuesto, en el que se aborda la transferencia de contenido entre el LMS y el repositorio, a petición del primero, se resuelve hasta el momento mediante el *Caso 03. Exportar un ODE almacenado en DSpace para incluirlo en un*

curso en Moodle. Se considera muy pertinente esta interacción, puesto que permitiría que un tutor o responsable de formación, en el momento de edición de un curso, acudiese al repositorio para buscar recursos y actividades que incluir en su planificación.

5.2.5. Conclusiones sobre las interacciones: propuesta de flujo de contenido

En los apartados anteriores se han analizado distintas interacciones posibles entre los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho en el nivel de interoperabilidad funcional. De todas ellas, sólo algunas se consideran adecuadas para formar parte del flujo de contenido para la creación, almacenamiento y disponibilización de materiales educativos en el seno de la organización TecMinho.

De esta manera, se considera de especial interés y utilidad lograr las interacciones planteadas en los [casos 07, 8A, 8B y 12](#), fases articuladoras del flujo de contenido. Junto a ellas, sería útil la interacción planteada en el [Caso 11](#), que permitiría la búsqueda de ODEs en el repositorio para su edición, reedición, agregación o desagregación en la herramienta de autor. No obstante, las capacidades específicas de la herramienta empleada por TecMinho, exeLearning+ dificulta en gran medida el logro de dicha interacción.

En cuanto a las interacciones propuestas en el [Caso 09](#) y [Caso 10](#), si bien podrían ser interesantes en diversos contextos, su finalidad se consigue con mayor facilidad y eficiencia mediante otras de las interacciones propuestas:

1. La remisión de contenidos desde el repositorio al LMS ([Caso 09](#)) se resuelve mejor cuando la búsqueda y petición de los contenidos la realiza el propio LMS ([Caso 12](#)). Generalmente, la necesidad de nuevos objetos y materiales surge en el momento de creación, desarrollo y modificación del curso o disciplina en dicha plataforma. Asimismo, se considera compleja la localización y acceso al repositorio interno del LMS, opaco para otros usuarios y agentes externos a la plataforma.
2. La remisión de contenidos desde la herramienta de autor al LMS ([Caso 10](#)) se resuelve mejor con dos pasos sucesivos: remitiendo primero los contenidos al repositorio ([Caso 07](#)) para su preservación y disponibilización; y posteriormente incluyéndolos en el LMS cuando sean necesarios para la edición de un curso o experiencia de aprendizaje, bien mediante la importación directa de los recursos almacenados en el equipo del docente ([Caso 05](#)), o bien mediante la búsqueda, localización e importación posterior desde el propio LMS ([Caso 12](#)).

Por último, la interacción analizada en el [Caso 13](#), en el que la herramienta de autor consulta al LMS para recuperar ODEs y editarlos, no se considera pertinente, siendo poco probable que un creador de contenidos conozca los recursos que contiene el LMS. Pero además, es complicada por diversas cuestiones técnicas: por la dificultad de acceso y búsquedas en el repositorio interno del LMS, y aún más en el repositorio de un curso específico; así como por la incompatibilidad de formatos que supone que la herramienta de autor no sea capaz de importar otros recursos que los proyectos elp.

Como conclusión, se propone el siguiente flujo de contenido, que recoge los cinco casos o interacciones de utilidad para soportar la interoperabilidad de nivel funcional en los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho:

1. Creación de contenidos en la herramienta de autor y remisión al repositorio para su almacenamiento y disponibilización (Caso 07).
2. Creación de cursos en el LMS, y búsqueda de ODEs en el repositorio para importar e integrar en esos cursos (Caso 12).
3. Creación de recursos y actividades en el LMS, y remisión al repositorio para su preservación y posterior reutilización (Caso 8A).
4. Búsqueda de ODEs en el repositorio para su posterior reedición, agregación o desagregación en la herramienta de autor (Caso 11).
5. Remisión de cursos completos creados en el LMS al repositorio, para su preservación y posterior reutilización (Caso 8B).

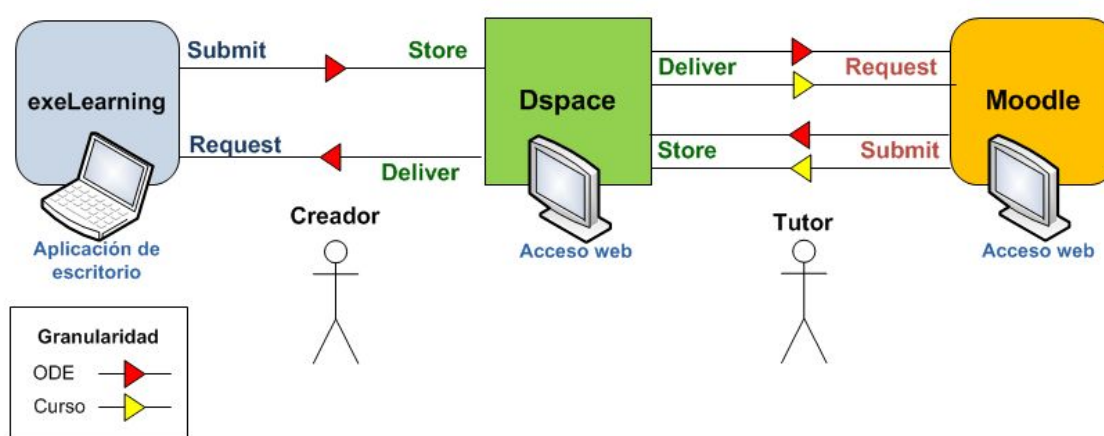


Figura 28. Flujo de contenido en el nivel de interoperabilidad funcional

Este flujo se centra en el repositorio como sistema de almacenamiento y provisión de contenidos, al que el resto de las herramientas remiten sus objetos de contenido o acuden en busca de nuevos objetos bien para utilizarlos o reutilizarlos en una experiencia de aprendizaje (LMS), bien para ser editados, agregados o desagregados (herramienta de autor), y de nuevo, ser reutilizados en una experiencia o contexto de aprendizaje distinto.

Por otro lado, este flujo de nivel funcional resuelve algunas de las limitaciones asociadas al nivel de interoperabilidad aislado, puesto que no son necesarios sistemas de almacenamiento intermedio, sino que la información se transfiere directamente a la plataforma destino, y se pretende que sean reutilizados los metadatos editados en uno u otro sistema.

5.2.6. Requisitos técnicos necesarios: existentes y por desarrollar

Establecido el flujo de contenido que se va a seguir para la transferencia de contenidos entre las distintas plataformas o herramientas, es necesario definir los requisitos mínimos necesarios para conseguirlo, tanto si la herramienta ya cuenta con ellos como si se deben desarrollar con este fin.

Los requisitos se han agrupados por herramientas y por el tipo de interacción a la que sirven, y se han tratado de definir mínimamente sin hacer referencia aún a tecnologías, estándares o mecanismos concretos. Estos se han relegado al siguiente capítulo, en el que se recogen las propuestas de desarrollo específicas para cada herramienta.

A) ExeLearning

La herramienta de autor va a necesitar algunas funcionalidades técnicas para actuar como servicio de acceso. Deberá comunicarse con el repositorio y llevar a cabo la remisión en una interacción *Submit/Store* (caso 7) y la petición de un objeto en una interacción *Request/Deliver* (Caso 11).

- Submit/Store (caso 7): en este caso la herramienta de autor debe ser capaz de ejecutar una petición *Submit*, conectarse con el repositorio y transferirle un objeto de contenido junto con metadatos que lo describan. Para ello son necesarios diversos mecanismos:
 - Algunos ya existentes:
 - Edición de metadatos Dublin Core en exeLearning+.
 - Exportación de paquetes de contenido de exeLearning+
 - Y otros por desarrollar:
 - Conexión de la herramienta exeLearning+ con el repositorio DSpace o con un interfaz de remisión de forma remota.
 - Autenticación remota del usuario de exeLearning+ en DSpace.
 - Transformación del fichero de metadatos DublinCore de exeLearning+, incluidos en los paquetes IMS /SCORM al esquema oai_dc del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina.
 - Envío de paquetes de contenido a la plataforma destino.

- Request/Deliver (caso 11): es necesario desarrollar la capacidad de exeLearning+ para conectarse al repositorio DSpace, realizar una búsqueda, seleccionar un ítem, y solicitar que se importen los ficheros asociados en el proyecto que se esté editando en ese momento, mediante:
 - Conexión de la herramienta exeLearning+ con el repositorio DSpace o con un interfaz de remisión de forma remota.
 - Realización de búsquedas en el repositorio mediante un lenguaje de consulta común.
 - Recepción de objetos o paquetes de contenido, indicando el lugar de almacenamiento. Como exeLearning+ no tiene sistema de almacenamiento propio se debería permitir la selección de un destino en el sistema de almacenamiento del equipo del propio usuario.

B) Moodle

En el flujo de contenido propuesto, la plataforma de *e-learning* debe cumplir únicamente la función de servicio de acceso o utilizador de recursos, para lo que precisa de diversas funcionalidades técnicas que permitan establecer una comunicación con el repositorio y llevar a cabo la remisión en una interacción *Submit/Store* (casos 8A y 8B) y la petición de un objeto en una interacción *Request/Deliver* (Caso 12).

- Submit/Store (casos 8A y 8B): en este caso el LMS debe ser capaz de ejecutar una petición *Submit*, conectarse con el repositorio y transferirle un objeto de contenido o un curso junto con metadatos que lo describan. Para ello son necesarios mecanismos existentes, como:
 - Exportación/descarga de ficheros/copias de seguridad de Moodle.
 - Creación automática de metadatos sobre ODEs en Moodle: cuestionarios IMS QTI, según esquema IEEE LOM.
 - Creación automática de metadatos en cursos Moodle (elemento INFO en moodle.xml).

Mientras que se deberán desarrollar funcionalidades para:

- Conexión y autenticación en otras herramientas (DSpace).
- Remisión de contenidos al repositorio de forma remota.
- Edición de metadatos de los ODEs en Moodle en un formato estandarizado.
- Transformación de la meta-información sobre los cursos al esquema *oai_dc* del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina.
- Exportar los cursos en un formato estandarizado, como un paquete de contenido IMS/SCORM.

En el caso de la interacción *Request/Deliver*, también son necesarias opciones para la conexión a otras plataformas y el empleo de lenguajes de consulta comunes.

C) DSpace

DSpace va a actuar como servicio provisor en todas las interacciones y casos planteados, y debe contar con algunos mecanismos que le permitirán realizar sus funciones:

- Submit/Store (casos 7, 8A y 8B): el repositorio debe ser capaz de recibir una petición *Submit*, aceptando la creación de un nuevo ítem de forma remota, recibir los objetos de contenido y los metadatos que le envíe el LMS o la herramienta de autor y almacenarlo en su sistema de archivos, en la colección que corresponda, asignándole un identificador único. Para ello pueden ser útiles mecanismos ya existentes como:
 - Conexión y autenticación de forma remota.
 - Remisión de contenidos de forma remota.
 - Importación de ítems (incluyendo metadatos).

Y sería necesario desarrollar otros para:

- Recepción de objetos de contenido y almacenamiento asociados a un nuevo ítem.

- Transformación de los metadatos incluidos en los paquetes IMS /SCORM y IMS QTI al esquema `oai_dc` del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina.

- Request/Deliver (Casos 11 y 12): una vez que las otras plataformas se conecten y realicen una consulta en el repositorio, y seleccionen un recurso de un ítem, éste deberá transferirse directamente al servicio de acceso.

Para la transferencia del fichero no sería necesaria ninguna implementación en particular, puesto que se limita a dejar “descargar” un fichero. Sin embargo, si puede ser interesantes opciones de búsqueda y descarga selectiva, para poder transferir únicamente aquellos recursos en formatos aceptados por la herramienta de autor o el LMS. Por ejemplo:

- Buscar por formato, mostrando únicamente los recursos `elp` (para `exeLearning`) o los paquetes IMS, SCORM, y copias de seguridad para Moodle.
- Buscar en colecciones, en el caso de que se cree una colección por tipos de documentos o formatos.
- Ofrecer la opción de “descargar” o “insertar” asociada únicamente a los *bitstreams* con determinadas extensiones.

Estas interacciones también podrían ser útiles para buscar en el repositorio otros ODEs como textos, mp3, imágenes, applets de Java, video en flash, que pueden ser incluidos como recursos en Moodle o insertados como nuevos *iDevices* en `exeLearning+`.

5.2.7. Cuestiones por resolver

Para cumplir los requisitos de interacción entre plataformas, además de implementar las funcionalidades técnicas indicadas en el epígrafe anterior, es necesario llegar a una serie de acuerdos a nivel pragmático. Algunas cuestiones primordiales a resolver tienen que ver con: los mecanismos de autenticación entre sistemas; los formatos de ficheros y de metadatos que se transferirán; así como de forma general, los procedimientos de transferencia, almacenamiento y organización de la información intercambiada.

A) Autenticación

En el flujo de contenidos propuesto es necesaria la autenticación en dos de las tres plataformas que interactúan: el repositorio DSpace y la plataforma de e-learning Moodle. En el primer caso, tan sólo es requerida para la ingesta de contenidos, mientras que en el segundo, se ha de estar autenticado para cualquier proceso que afecte a la gestión de contenidos en el seno del sistema.

Es preciso establecer cómo se va a llevar a cabo la autenticación del usuario cuando se transfieren contenidos al repositorio desde la herramienta de autor o el LMS (casos 7 y 8). Para ello, resultan interesantes algunas opciones como la posibilidad de asociar un usuario de estas herramientas fuente con un usuario o *ePerson* de la plataforma DSpace. Esto facilitaría, por ejemplo, el poder asociar unas colecciones determinadas para cada perfil de usuario, de manera que los contenidos

transferidos mediante las interacciones *Submit/Store* desde cada una de estas herramientas pudiera almacenarse en una comunidad o colecciones determinadas (p. ej. una colección de copias de seguridad de cursos Moodle, otra colección para preguntas y cuestionarios, etc.)

Al mismo tiempo, en el caso de las interacciones *Request/Deliver* (casos 11 y 12), las peticiones al repositorio podrían hacerse únicamente a ciertas colecciones o a determinados tipos de documentos o formatos, dependiendo del usuario que ejecute la petición.

B) Formatos a transferir

Si bien las cuestiones de interoperabilidad de formatos tienen un carácter principalmente técnico, implican algunos acuerdos a nivel pragmático u organizativo. En las interacciones *Submit/Store*, como las plataformas origen permiten exportar algunos objetos en distintos formatos de ficheros, será necesario decidir cuáles son los formatos que se exportarán: si se exportan por defecto todos los formatos que contempla la herramienta, o si se ofrece una serie de opciones de exportación y el usuario selecciona una o varias. En este aspecto, es imprescindible tener en cuenta las políticas de preservación de la organización, definiendo los formatos que asegurarán la preservación a largo plazo de los recursos educativos y los metadatos.

Otras decisiones en cuanto a formatos estarían relacionadas también con las propuestas de restricción de colecciones a las que remitir los recursos en las interacciones *Submit/Store*, dependiendo de los formatos en los que se exporten, y muy importante, en las interacciones *Request/Deliver*, para poder restringir la búsqueda de objetos a aquellos almacenados en formatos aceptados por la plataforma que realiza la petición.

Por ejemplo, en el caso 12, Moodle acepta tanto paquetes IMS y SCORM, como otros recursos educativos (páginas web, documentos textuales en pdf, word, imágenes, cuestionarios y preguntas creadas con diversas herramientas, etc). No obstante, hay otros formatos que aunque puedan ser almacenados en el repositorio interno de Moodle, después no pueden ser desplegados ni sus contenidos utilizados, como sería el caso de un curso creado con exeLearning+ y exportado en el formato elp, o de preguntas en formato IMS QTI. Sería de gran utilidad poder buscar por formatos en el repositorio Dspace, o directamente restringir por tipo de formato en el momento en que se lanza la consulta desde el LMS, cuando se seleccione cada una de las variaciones propuestas en la secuencia de este caso de uso (4A. *Añadir recurso*, 4B. *Añadir actividad*, 4C. *Añadir preguntas o exámenes*).

C) Transferencia de metadatos

En cuanto a los metadatos a transferir en una interacción *Submit/Store*, se deben tomar acuerdos respecto a los elementos que se exportarán, si se emplea el mismo esquema de metadatos; o, si los esquemas de metadatos empleados son distintos, cómo se llevará a cabo la transformación o mapeo de elementos. También será necesario definir qué elementos nuevos se van a añadir, de forma automática o editados manualmente, cuando se almacenen los objetos en el repositorio.

En el ejemplo contrario, cuando se soliciten recursos al repositorio en una interacción *Request/Deliver*, habrá que estudiar la necesidad y utilidad de aprovechar algunos elementos de metadatos del registro en DSpace, además de los que ya incluidos en los paquetes de contenido, y cómo se podría llevar esto a cabo. No obstante, esto sólo tendría sentido si los metadatos fuesen reutilizados de alguna

manera en la plataforma destino. Hasta el momento, y como se detalla en el caso 12, esta reutilización no es posible porque Moodle no hace uso de los metadatos de los objetos educativos. Cuando se sube un fichero a su repositorio interno simplemente se añaden algunos datos de creación automática, como nombre (toma el nombre del fichero) tamaño del archivo, fecha y hora de la última modificación (si no ha sido modificado, será la de subida o almacenamiento en el repositorio interno de Moodle).

D) Procedimientos de transferencia de contenidos

De la misma forma en que se podría asociar usuarios entre plataformas para definir dónde se permiten almacenar los objetos educativos, o a que colecciones se pueden solicitar recursos, sería posible realizar esta asociación directamente dependiendo de la plataforma que ejecute la petición. Así, en los casos 7 y 8, sería posible determinar unas colecciones a las que se pueden remitir objetos desde la herramienta de autor o el LMS, mientras que en los casos 11 y 12, al realizar una conexión para consultar al repositorio, se mostrarían únicamente unas determinadas colecciones o conjuntos de recursos (p. ej. por los formatos de fichero aceptados por estas herramientas de acceso).

En algunos casos, será necesario establecer un procedimiento estándar para la transferencia de contenidos. Por ejemplo, al consultar el repositorio desde el LMS (Caso 12) se debería especificar cuándo se inicia la consulta o conexión, y cuándo se lleva a cabo la transferencia de ficheros: si las consultas al repositorio se realizan en el momento en el que se añade un recurso o actividad, etc.; si se realizan desde el sistema de ficheros del curso y después se seleccionan estos ODEs importados desde el repositorio para incluirlos como recurso o actividad en el curso en cuestión; o si se permiten ambas opciones.

6. PROPUESTAS DE DESARROLLO

Del análisis de las capacidades de interoperabilidad a nivel aislado entre los sistemas de apoyo a la formación de TecMinho, así como de las conclusiones sobre los requisitos técnicos y otras cuestiones abordadas en la propuesta modelo de interoperabilidad funcional, se han extraído una serie de posibles mejoras o modificaciones a las plataformas, y otras funcionalidades específicas a desarrollar.

Aunque a lo largo de todo el informe ya se han introducido o comentado gran parte de estas posibles mejoras, en este capítulo se realiza una síntesis de propuestas de desarrollo sobre los principales aspectos técnicos, sintácticos y semánticos estudiados. Se recogen a continuación estas propuestas específicas para cada plataforma, agrupadas por el tipo de interoperabilidad al que afectan.

6.1. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA: FORMATOS

En relación con los formatos de ficheros, y en concreto, con las capacidades de importación y exportación de cada herramienta por formatos, se han recogido algunas propuestas interesantes para las plataformas *exeLearning+* y Moodle.

- ExeLearning+. Se recomienda desarrollar funcionalidades para que esta herramienta permita:
 - **Importar paquetes de contenido estandarizados** como IMS CP o SCORM de la misma forma que es capaz de exportarlos.
 - **Exportar los *iDevices* de preguntas** en un formato estandarizado, por ejemplo, según la especificación **IMS QTI**.
 - **Exportar a menor granularidad**, es decir, poder exportar de forma individual distintos *iDevices* o recursos específicos de un proyecto. Esto ya lo permite cuando se exporta como elp, pero no con otros formatos como IMS CP/ SCORM 1.2.

- Moodle. Se considera muy interesante desarrollar mecanismos para que la plataforma sea capaz de:
 - **Exportar cursos completos** en un formato de intercambio estandarizado como **IMS CP o SCORM**. En la actualidad, al permitir la exportación de los cursos como copias de seguridad en un formato propio de Moodle basado en XML, resulta viable su transformación en los formatos mencionados mediante el uso de XSLT u otros mecanismos de transformación de documentos.
 - **Importar cuestionarios** en los mismos formatos que es capaz de exportar, en concreto, en el formato estandarizado **IMS QTI 2.0**.

Para la herramienta DSpace no se considera necesaria ninguna mejora en relación a los formatos de ficheros, puesto que ya acepta todo tipo de formatos. No obstante, en relación con esto, resultaría de gran utilidad la ampliación de las capacidades de búsqueda de DSpace, permitiendo la recuperación de objetos educativos por el formato de los objetos asociados a los ítems.

6.2. INTEROPERABILIDAD SINTÁCTICA Y SEMÁNTICA: METADATOS

Respecto a los metadatos, fundamentales para el logro de la interoperabilidad sintáctica y semántica, se han planteado diversas mejoras para cada una de las herramientas. Además, van a redundar en beneficio de la interoperabilidad a niveles superiores, en concreto, a nivel de dominio.

6.2.1. exeLearning+

A nivel sintáctico, aunque es muy positivo que esta herramienta permita editar metadatos sobre los recursos educativos que genera, se considera que el uso del **esquema de metadatos** Dublin Core sin cualificar es algo limitado y podría mejorarse mediante el uso de un esquema de metadatos cualificado, por ejemplo:

- El perfil de aplicación para recursos educativos, **DC-Education Application Profile**, que permitan asignar información de carácter educativo sobre la audiencia, el tipo de interactividad, tipo de recurso educativo, etc.
- El estándar de metadatos educativos **IEEE LOM**, o realizando un mapeo a éste en el momento de la exportación, que permitan asignar información de carácter educativo sobre la audiencia, el tipo de interactividad, tipo de recurso educativo, etc.

En ambos casos, además de cambiar el esquema utilizado, será necesario modificar la plantilla de edición de metadatos de la herramienta, y en el segundo, podría ser necesaria una aplicación interna o externa para el mapeo de los metadatos.

Pero además, y en relación con la transferencia de los metadatos creados con exeLearning+ en una interacción *Submit/Store*, se considera muy necesario que estos metadatos puedan ser exportados directamente al ítem del repositorio donde se vaya a almacenar el ODE. TecMinho ya está trabajando en esta línea, con el desarrollo de la funcionalidad de exportación de ODEs al repositorio desde la propia herramienta de autor (*Exportar >> Dspace*).

En cuanto a los aspectos semánticos, se recomienda normalizar y acordar los vocabularios a utilizar para elementos del mismo esquema como, en el caso de Dublin Core: `dc.type`, `dc.subject`, o `dc.format`; así como el contenido de otros elementos tales como `dc.creator` o `dc.contributor.author`, `dc.language` o `dc.rights`, que no son cumplimentados de la misma manera en las plataformas exeLearning+ y DSpace. Asimismo, aunque se utilicen múltiples esquemas de metadatos y se realice el mapeo entre los registros de cada plataforma, también se recomienda acordar los vocabularios aceptados para los elementos correspondientes entre cada modelo, o crear correspondencias entre términos de los distintos vocabularios.

6.2.2. DSpace

En la misma línea que la herramienta de autor exeLearning+, en DSpace se podrían potenciar las capacidades sintácticas mediante el desarrollo del esquema de metadatos, adaptando el esquema y el espacio de nombres de metadatos de DSpace para que cumpliera con **DC-Education Application Profile**.

En relación con la transferencia de metadatos en las interacciones *Submit/Deliver*, sería necesario facilitar los mecanismos para importar elementos de metadatos al mismo tiempo que se remite un objeto educativo desde el LMS o la herramienta de autor. Y en el caso de las consultas al repositorio, poder realizar la descarga automática de ítems con sus registros de metadatos asociados para exportarlos a las plataformas que ejecuten una petición *Request/Deliver*, por ejemplo, automatizando la ejecución del script *ItemExport* para cada ítem en el repositorio.

Por último, se podría potenciar el uso de los metadatos para la realización de búsquedas en DSpace, permitiendo consultar por algunos elementos de metadatos como `dc.format` o `dc.type`, lo que facilitaría en gran medida la selección de los recursos a solicitar al repositorio.

6.2.3. Moodle

En esta plataforma el uso de metadatos es prácticamente nulo, por lo que los desarrollos en este aspecto pueden ser muchos. Algunas mejoras primordiales deberían facilitar:

- El uso de los metadatos que ya contienen los recursos importados en Moodle para poder realizar búsquedas en el repositorio interno, seleccionar recursos por su tipo de interacción, por el tiempo necesario para su realización, por su tema o *subject* o cualquier otra característica que sea descrita mediante metadatos.
- Adición de metadatos relativos al ciclo de vida del recurso, que reflejase cuando y cómo ha sido utilizado, y si ha sido modificado, por quién y cuándo.
- Inclusión de descripciones de metadatos sobre las copias de seguridad de los cursos, que ayudarán a su posible reutilización posterior, más allá de los contenidos del elemento INFO en el documento `moodle.xml`.

También en este caso serán necesarios mecanismos que permitan transferir determinados metadatos asociados a los distintos recursos creados en Moodle y que se remitan al repositorio.

6.3. INTEROPERABILIDAD TÉCNICA: INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS

Para lograr el flujo de contenido propuesto a nivel funcional, es preciso desarrollar algunos mecanismos que permitan establecer las interacciones necesarias entre las herramientas y sistemas de TecMinho. Además, es necesario lograr los requisitos de compatibilidad de formatos y metadatos planteados ya en el nivel aislado de interoperabilidad. A continuación se detallan las funcionalidades mínimas para cada herramienta con algunas propuestas o referencias a proyectos que han tratado de resolver problemas similares.

6.3.1. exeLearning+

- **Submit/ Store:**

- Conexión de la herramienta exeLearning+ con el repositorio DSpace o con un interfaz de remisión de forma remota, mediante el uso de protocolos como HTTP o SOAP.

En esta línea, el Proyecto SWORD⁶⁹ está trabajando en el desarrollo de un protocolo de depósito, implementándolo como un servicio web ligero para los principales sistemas de repositorios: Dspace, Fedora, EPrints e IntraLibrary. Para ello se ha basado en el protocolo de publicación Atom, que utiliza peticiones HTTP GET y POST. La aplicación para clientes de SWORD puede ser tanto de escritorio como en línea⁷⁰.

- Autenticación remota del usuario de exeLearning+ en DSpace, permitiendo asociar un usuario de la herramienta de autor, con un usuario o *ePerson* del repositorio.
- Envío de objetos de contenido, incluidos metadatos, mediante protocolos como HTTP, FTP o SOAP (también contemplado por el proyecto SWORD).
- Transformación del fichero de metadatos DublinCore de exeLearning+, incluidos en los paquetes IMS /SCORM al esquema oai_dc del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina: para ello se recomienda el uso de una herramienta de transformación basada en XSLT.

- **Request/Deliver:**

- Al igual que para la interacción anterior, es necesaria la conexión de la herramienta exeLearning+ con el repositorio DSpace mediante protocolos como HTTP o SOAP.
- Realización de búsquedas en el repositorio mediante un lenguaje de consulta común, como podría ser XQuery⁷¹ (propuesto por el ECL⁷² en la red de repositorios de eduSource Canada).

⁶⁹ Información sobre el proyecto SWORD (Simple Web-service Offering Repository Deposit) en el wiki de JISC Repositories: <http://www.ukoln.ac.uk/repositories/digirep/index/SWORD>. [Consulta: 29/02/2008].

⁷⁰ SWORD ofrece una demo de ejemplo de cliente para la remisión en línea a un repositorio DSpace: <http://sword.aber.ac.uk/sword/client>, en este caso, para el repositorio CADAIR de la Universidad de Aberystwyth: <http://cadair.aber.ac.uk/dspace/>. [Consulta: 29/02/2008].

⁷¹ XQuery es una recomendación del W3C. *XQuery 1.0: An XML Query Language*, Enero 2007. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/xquery/> [Consulta: 29/02/2008].

Más interesante aún sería la adopción de la especificación SQI (Simple Query Interface)⁷³, desarrollada por el CEN/ISSS Learning Technologies Workshop para lograr la interoperabilidad entre repositorios de objetos de aprendizaje, que contempla un esquema de metadatos y un lenguaje de consulta común.

- Recepción de objetos o paquetes de contenido, indicando el lugar de almacenamiento. Como exeLearning+ no tiene sistema de almacenamiento propio se debería permitir la selección de un directorio destino en el equipo del propio usuario.

6.3.2. DSpace

En relación con la plataforma DSpace, se plantean varios desarrollos muy interesantes, y se presentan algunos proyectos concretos que han tratado de resolver estas cuestiones, en relación con las interacciones que debe responder:

- **Submit/ Store:**
 - Permitir la conexión y autenticación remota desde otras herramientas, por ejemplo, aceptando la remisión desde interfaces como los de SWORD.
 - Realizar la transformación/mapeado de los metadatos enviados desde otras herramientas al esquema empleado en el repositorio. transformación de los metadatos incluidos en los paquetes IMS /SCORM y IMS QTI al esquema `oai_dc` del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina.
 - Almacenar y editar metadatos de objetos enviados desde otras herramientas.

Todas estas funcionalidades necesarias para esta interacción podrían basarse en la arquitectura desarrollada por el proyecto CWSpace del iCampus en MIT, para la transferencia de cursos a DSpace desde una plataforma OCW⁷⁴, mediante un interfaz ligero LNI "Lightweight Network Interface" que es:

- un API remoto para controlar Dspace.
- Es básicamente WebDAV: extensiones al HTTP (también se ofrece un equivalente en SOAP con WDSL).
- Es un mapeo: una visión completa y comprehensiva del API de Dspace mapeado a las semánticas de WebDAV.

⁷² ECL (*EduSource Communication Layer*), un protocolo de eduSource Canada: <http://ecl.iat.sfu.ca/protocol.html>. [Consulta: 29/02/2008].

⁷³ Simon, Bernd (et al.) (eds.) *Simple Query Interface Specification*. Abril 2005. 24 p. Disponible en : http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/SQI_V1.0beta_2005_04_13.pdf [Consulta: 29/02/2008].

⁷⁴ Reilly, William; Wolfe, Robert y Smith, MacKenzie. MIT's CWSpace project: packaging metadata for archiving educational content in DSpace. *International Journal on Digital Libraries*. 2006; vol. 6, n. 2, pp.139-147. <http://dx.doi.org/10.1007/s00799-005-0131-2> [Consulta: 29/02/2008].

Esta arquitectura se compone de varias herramientas o plugins para DSpace y para las plataformas clientes⁷⁵:

- LNI (Lightweight Network Interface (LNI) de Dspace <http://wiki.dspace.org/index.php/LightweightNetworkInterface>
- Plugin Manager: <http://wiki.dspace.org/index.php/PluginManager>
- Crosswalks Plugins: <http://wiki.dspace.org/index.php/CrosswalkPlugins>. Algunas indicaciones para el uso de crosswalks: <http://wiki.dspace.org/index.php/XsltCrosswalk>
- Packager Plugins: <http://wiki.dspace.org/index.php/PackagerPlugins>

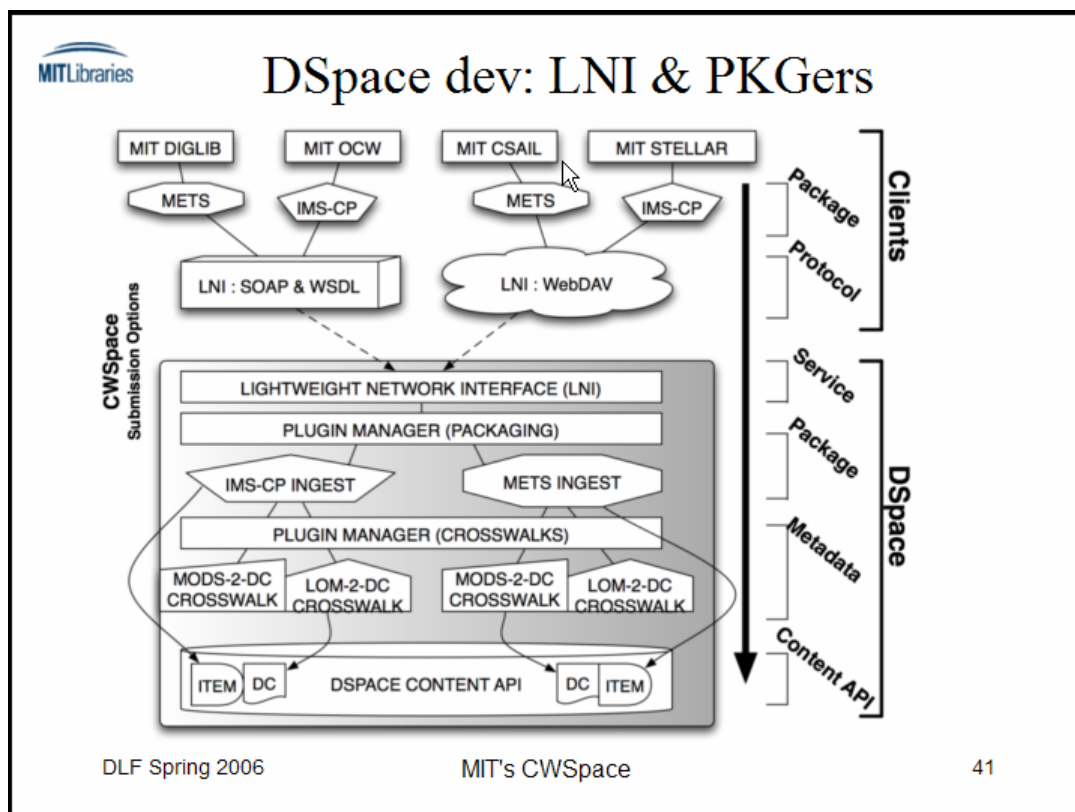


Figura 29. Arquitectura de Dspace con LNI y empaquetadores en la red de sistemas del MIT

- Request/Deliver: también para DSpace pero en relación con las peticiones desde otras herramientas, sería necesario:
 - Permitir la búsqueda por formato, mostrando únicamente los recursos elp (para exeLearning) o los paquetes IMS, SCORM, y copias de seguridad para Moodle.
 - Emplear un lenguaje consulta común, mediante XQuery o adaptando la especificación SQL como se ha indicado en el caso de exeLearning+.

⁷⁵ William Reilly y Rob Wolfe. CWSpace. Archiving Courseware Websites to DSpace. Using a Content Packaging Profile & Web Services. *Digital Library Federation Spring Forum, Austin (Texas), 11 Abril 2006*. Disponible en: http://diglib.org/forums/spring2006/presentations/reilly0406_files/frame.htm. [Consulta: 29/02/2008].

- Ofrecer la opción de “descargar” o “insertar” asociada únicamente a los *bitstreams* con determinadas extensiones o formatos de ficheros.

6.3.3. Moodle

Esta plataforma debe ejecutar peticiones de objetos y remitir objetos al repositorio, siendo necesarios diversos mecanismos para cada interacción:

- **Submit/ Store:** se recomienda adaptar la plataforma para permitir:
 - Conexión y autenticación remota en otras herramientas (DSpace), mediante el uso de protocolos como HTTP, SOAP, el uso de interfaces clientes como los propuestos por el proyecto SWORD o siguiendo el modelo propuesto en CWSpace, con adaptaciones del LNI y uso de los protocolos WebDav o SOAP.
 - Transformación de los metadatos de los ODEs y Cursos en Moodle (elemento INFO en moodle.xml) en un formato estandarizado, como el esquema oai_dc del repositorio, o al esquema de metadatos educativos que se defina, mediante mecanismos de transformación como XSLT.
- **Request/Deliver:** son necesarios mecanismos para:
 - Conexión remota a otras herramientas (repositorio), mediante protocolos como HTTP, SOAP o WebDav, como planteaban en CWSpace.
 - Empleo de un lenguaje de consulta común con el repositorio, como ya se ha comentado para la herramienta de autor y el propio repositorio, este podría basarse en lenguajes como XQuery o especificaciones completas como SQL.
 - Almacenamiento de los objetos descargados o solicitados al repositorio en el sistema de archivos o repositorio interno del curso que corresponda.

También sería interesante analizar los mecanismos empleados en proyectos como DOOR (Digital Open Object Repository)⁷⁶, que consiste en un repositorio integrado en Moodle y otros LMS para el almacenamiento de objetos educativos en formato IMS CP, y que mejoraría en gran medida la propuesta de Moodle del repositorio IMS.

Por último, en relación tanto con la plataforma de e-learning como con el resto de sistemas que componen esta arquitectura, podría ser interesante analizar el modelo propuesto por el Grupo de Trabajo DELOS WP5⁷⁷, *Interoperability of eLearning Applications with Digital Libraries*⁷⁸. Este grupo analiza la

⁷⁶ DOOR (Digital Open Object Repository), sitio web del proyecto en: <http://door.sourceforge.net/>.

⁷⁷ Knowledge Extraction & Semantic Interoperability (KESI), DELOS WP5. Sitio web del grupo: <http://delos-wp5.ukoln.ac.uk/project-outcomes/>.

⁷⁸ Arahova Antonia (et al.). “Interoperability of eLearning Applications with Digital Libraries”. En: *DELOS Research Activities 2006*, C. Thanos (Eds.) DELOS Network of Excellence: pp. 83-85. Disponible en: http://www.delos.info/index.php?option=com_browse_odl&collid=14604808712280030000044. [Consulta: 29/02/2008].

interoperabilidad entre sistemas de *e-learning* con otros como las bibliotecas digitales y los repositorios, adoptando la especificación IMS DRI, y centrándose en aspectos de la interoperabilidad semántica. Analizan cuestiones relativas a modelos de datos, estándares y flujos de trabajo.

Este grupo ha definido una arquitectura de interoperabilidad, que se podría aplicar en el caso de TecMinho, y que se basa en los siguientes componentes,

- Capa de la Biblioteca Digital o Repositorio (*resource provider*):
- Capa de aplicaciones (*resource utilizers*) LMS y LCMS (o herramientas de autor).
- Capa mediadora o middleware, con varios componentes, entre ellos un componente para transformaciones de registros de metadatos en formatos como METS, SCORM, etc.
- Ontologías
- Diseños del aprendizaje
- Perfiles de Alumno

Esta arquitectura propone una serie de tecnologías básicas para lograr la interoperabilidad: servicios Web, plataforma Java TM 2; base de datos XML Berkeley de Oracle; el API en Java Jena para el procesamiento de RDF; lenguajes de consulta como SPARQL RDF Query Language, y XQuery para la consulta a descripciones de metadatos en XML sobre los objetos almacenados en los repositorios o bibliotecas digitales.

7. CONCLUSIONES

El ser considerado *interoperable* es algo cada vez más importante para las organizaciones⁷⁹. Los usuarios desean poder encontrar recursos de información, posiblemente desde varias fuentes distintas, y poder después utilizarlos en múltiples plataformas o herramientas. Los servicios de información digital deberían facilitar ese proceso, y, de forma creciente, se enfrentan al reto de considerar cómo sus propios servicios son empleados en combinación con otros.

Una organización *interoperable* es capaz de maximizar el valor y potencial de reutilización de la información. También es capaz de intercambiar su propia información de forma efectiva con otros organismos interoperables al mismo nivel, permitiendo la generación de nuevo conocimiento a partir de la identificación de relaciones entre conjuntos de datos antes inconexos. Aunque el cambio de sistemas y prácticas necesario para hacer que éstos sean interoperables no es tarea fácil, la mayor flexibilidad y beneficios para la organización y para aquellos que utilizan la información, son potencialmente incalculables.

En el ámbito del *e-learning* la interoperabilidad facilita a los sistemas y usuarios el intercambio, integración y reutilización de recursos u objetos educativos que han sido desarrollados en plataformas y herramientas educativas heterogéneas, consiguiendo con ellos múltiples beneficios: de cara a los usuarios, con una mayor calidad y variedad de recursos educativos disponibles en el mercado, así como una garantía de acceso a los recursos educativos de fuentes heterogéneas con diferentes plataformas hardware y software, con pérdidas mínimas tanto de contenido como de funcionalidad; y de cara a los productores de contenido, un mejor retorno del capital invertido en tecnología y desarrollo de recursos educativos, ya que éstos podrán ser intercambiados o usados sin la necesidad de realizar costosas modificaciones.

Lograr la interoperabilidad no es fácil. Se plantean múltiples opciones, incluyendo definiciones de servicios, vocabularios de datos, protocolos de red y la codificación del lenguaje de programación, que deben ir todos de la mano para proporcionar diversos niveles de interoperabilidad. No existe, y probablemente nunca existirá, una sola tecnología que ofrezca la panacea a la interoperabilidad en todas sus dimensiones.

No obstante, el desarrollo de estándares, y su adopción a gran escala, es una de las vías principales para lograr la interoperabilidad, al proporcionar guía y consejo a los implicados en la creación de información digital o servicios y establecer unas normas mínimas que los sistemas deben cumplir para poder comunicarse e intercambiar información.

En este sentido, un aspecto clave en el avance de la interoperabilidad en *e-learning* ha sido el surgimiento de estándares basados en XML que proporcionan una serie predefinida de atributos para la descripción, identificación y búsqueda de recursos educativos a través de metadatos. En éste área, la comunidad de *e-learning* ha visto iniciativas provechosas en la estandarización de los metadatos sobre objetos educativos, y en el plano técnico, destacan iniciativas como IMS y ADL, que han trabajado en especificaciones hacia la estandarización de diversos aspectos de los objetos de aprendizaje y los procesos de aprendizaje, donde destaca la definición de formatos de intercambio de recursos educativos.

⁷⁹ Paul Miller. "Interoperability: What is it and Why should I want it?" *Ariadne*, v. 24, Junio 2000. Disponible en: <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>. [Consulta: 29/02/2008].

Contando ya con una amplia disponibilidad en estándares y especificaciones de objetos de aprendizaje simples, cursos y otros elementos, la comunidad de *e-learning* ha centrado su atención en aspectos técnicos relativos a la capacidad de conectar y utilizar los recursos localizados y distribuidos en repositorios heterogéneos, por lo que la interoperabilidad entre sistemas de *e-learning* y otras fuentes de objetos digitales como las bibliotecas digitales o repositorios se ha convertido en uno de los temas más candentes en *e-learning*.

En este contexto se sitúa el análisis realizado de la interoperabilidad de los sistemas de *e-learning* de TecMinho. Entre las estrategias y líneas de actuación más importantes de esta organización destaca el desarrollo de actividades de formación continua. Para apoyar esta línea de actuación TecMinho cuenta con un importante soporte tecnológico que se compone de un conjunto de sistemas que facilitan las distintas facetas y tareas que conlleva el desarrollo de actividades de formación

Una de las necesidades principales de TecMinho, en su papel de productor y consumidor de recursos educativos, es poder intercambiar contenidos entre los distintos sistemas y herramientas que componen su arquitectura de formación y por tanto, que estas aplicaciones sean interoperables entre sí. Esta arquitectura de intercambio sigue un modelo elemental (según la categorización de Munk recogida en el primer capítulo) puesto que: son diversos sistemas (plataforma de *e-learning*, repositorio de objetos de aprendizaje y herramientas de autoría de materiales educativos) del mismo área funcional (*e-learning*) que se encuentran (o pretenden hacerlo) en constante cooperación e intercambio de información.

No obstante, aunque el logro de la interoperabilidad a nivel elemental resulta muy necesaria, es imprescindible que esta se lleve a cabo teniendo en cuenta siempre las prácticas, estándares y otros acuerdos propios de niveles superiores, que les permita interoperar tanto en el dominio del *e-learning* y sobrepasando las fronteras de la propia organización (modelo complejo), como en un ámbito o modelo global, que persiga la interoperabilidad a nivel internacional y a través de múltiples dominios de aplicación. De esta manera, será necesario contemplar la adopción de tecnologías y estándares propios del *e-learning*, como los estándares de metadatos IEEE LOM o DC-Ed, especificaciones de empaquetamiento de contenido como IMS CP y otras relativas a la interoperabilidad entre repositorios y LMS, como IMS DRI.

Independientemente del modelo de interoperabilidad que se establezca entre los sistemas, su logro implicará múltiples cuestiones que se pueden agrupar en distintos tipos, vertientes o dimensiones de la interoperabilidad. En general, los distintos enfoques estudiados coinciden en señalar como dimensiones fundamentales la interoperabilidad *técnica*, la *semántica*, y la *organizativa*, asociando los aspectos sintácticos bien a la interoperabilidad técnica, bien agrupándolos con la semántica como aspectos de interoperabilidad conceptual.

En cuanto a la interoperabilidad técnica, se dispone ya de un conjunto sólido de especificaciones y estándares identificables y aplicables de forma efectiva en distintos sistemas y entornos, con desarrollos específicos en el dominio del *e-learning*. Sin embargo, la interoperabilidad semántica continúa siendo la más compleja de lograr, puesto que afecta a múltiples niveles, funciones y procesos de los sistemas de información. Pese a todo, existen importantes desarrollos en el área de los metadatos para la descripción de objetos de aprendizaje, vocabularios e incluso ontologías, propiamente diseñados para los entornos de *e-learning*.

De todos los aspectos abordados por la interoperabilidad técnica, se han tenido en cuenta algunas cuestiones básicas en relación con la interoperabilidad de sistemas de TecMinho como son los *formatos* de intercambio y de representación de la información, los *esquemas de metadatos* para la descripción y posterior recuperación

de los recursos, así como los *protocolos de comunicación* que hacen posible la interconexión entre las plataformas.

Una vía para lograr la interoperabilidad semántica entre distintos sistemas que empleen modelos de metadatos diferentes para la descripción de sus recursos educativos, es necesario contar con un modelo conceptual común en el que se describe la información que se intercambia, en términos de conceptos, sus propiedades y las relaciones entre estos conceptos. A su vez, las propiedades de un concepto pueden tener distintos valores que requieren un entendimiento común, y para asegurar la correcta interpretación de los datos intercambiados entre los sistemas, es necesario el uso de vocabularios controlados. Pero, para lograr el entendimiento de esta información intercambiada de una forma más dinámica, el simple uso de vocabularios controlados no es suficiente, siendo necesarios modelos de conocimiento más ricos semánticamente para la descripción de recursos educativos, como taxonomías y ontologías, que permiten una representación formal de un concepto de un determinado dominio así como sus relaciones, además de la representación semántica y sintáctica del mismo.

En relación con la interoperabilidad organizativa, es necesario contar con unos objetivos y compromisos comunes en el intercambio de información. Aunque en el caso de TecMinho, en el que los sistemas a interoperar pertenecen a una misma organización, los objetivos comunes vienen por sí solos, será necesario tener muy claro cuales son esos objetivos para poder determinar aspectos organizativos que tengan en cuenta las finalidades originales de los sistemas implicados, y poder definir un flujo de comunicación y de intercambio de contenido acorde con las políticas de la organización.

Todas estas capacidades, y especialmente aquellos aspectos técnicos relacionados con la conexión, comunicación, intercambio e integración de datos entre los sistemas de un entorno, permiten determinar distintos niveles de madurez de interoperabilidad técnica como propone el modelo LISI (*Levels of Information Systems Interoperability*). Este modelo ha sido aplicado a la arquitectura de sistemas de *e-learning* de TecMinho (compuesta por herramienta de autor, repositorio y LMS), concluyendo que en la actualidad se sitúa en el nivel de interoperabilidad más bajo, el aislado, puesto que no hay conexión directa entre los distintos sistemas para el intercambio de información.

Las plataformas de TecMinho trabajan de forma independiente con datos y aplicaciones separadas, no se contemplan mecanismos de colaboración o uso de interfaces comunes y el intercambio de información se realiza aún mediante sistemas de almacenamiento intermedio, como el equipo informático del usuario, correo electrónico o incluso, servidores de almacenamiento común.

En términos de infraestructuras de *conexión*, dos de las plataformas de la arquitectura, el repositorio de objetos de aprendizaje (DSpace) y el LMS (Moodle), están disponibles para su acceso mediante un interfaz web, a través del protocolo HTTP, si bien este acceso hasta ahora sólo está dirigido a los usuarios, y no a otras aplicaciones. Asimismo, el repositorio en DSpace cumple con el protocolo OAI-PMH, que permitiría su comunicación con otras aplicaciones compatibles con OAI-PMH en el papel de recolectores de metadatos, aunque éste no es el caso de exeLearning+ o Moodle.

En cuanto a los modelos de *datos*, los sistemas implicados emplean sus propios modelos, pero también utilizan algunos modelos de datos y formatos de ficheros estandarizados, que van a facilitar el intercambio de recursos entre los sistemas. Por ejemplo, la herramienta de autor exeLearning+ utiliza un formato propietario *elp* para almacenar sus recursos, pero permite exportar en otros formatos estandarizados

como IMS CP y SCORM, o HTML. De la misma manera, la plataforma de *e-learning* Moodle cuenta con un formato propietario de estructuración de la información, pero utiliza XML para la codificación de los datos, lo que facilita su intercambio y transformación a otros formatos. Y por último, DSpace, también se basa en XML para la codificación y representación de los datos, potenciando con ello la interoperabilidad de datos y metadatos.

Un aspecto clave en relación a los *procedimientos* es el control de acceso de los usuarios a las aplicaciones. En la actualidad, las herramientas de la arquitectura de TecMinho llevan a cabo el control de acceso de forma independiente, con usuarios propios para las plataforma Moodle y DSpace, mientras que exeLearning+ se ejecuta de modo local en el equipo del usuario no siendo necesario control de acceso a la herramienta.

Se plantea la mejora de estos cuatro aspectos o atributos del modelo, para alcanzar un Nivel 2 *Funcional*, donde sistemas distribuidos que residen en redes locales pueden transferir conjuntos de datos complejos y heterogéneos de un sistema a otro. Para ello se necesita contar con interfaces comunes para el intercambio de información, conexión directa entre plataformas, y mantener sus propios formatos de modelos de datos al tiempo que se adopta un modelo de datos común aceptado por las distintas plataformas. La conexión en un nivel funcional hace necesaria la coordinación de los mecanismos de autenticación entre plataformas, creando niveles y perfiles de usuario relacionados entre sí, con permisos y niveles de acceso coherentes. A largo plazo, sería recomendable alcanzar el nivel de dominio, en el que los datos serían compartidos y de almacenamiento conjunto.

No obstante, ni siquiera a este nivel aislado se cumplen todos los requisitos necesarios para un intercambio efectivo de la información. Para evaluarlo se han estudiado un conjunto de casos de uso, que plantean una serie de opciones de transferencia de contenido, tanto de objetos como de metadatos sobre los objetos, que en muchas ocasiones no se cumplen en el flujo de información actual.

Cabe señalar que en los casos de uso planteados no se han tenido en cuenta los roles de Alumno, puesto que, hasta el momento, el flujo de contenido propuesto sólo comprende el proceso de creación, diseño, disponibilización de contenidos educativos, así como su posterior búsqueda y recuperación por parte de los docentes para ser incluidos en una experiencia de aprendizaje, curso o disciplina.

Del cumplimiento de requisitos en los distintos casos de uso, se extrae que la interoperabilidad de formatos está parcialmente conseguida, desde el momento en que dos de las herramientas utilizadas cumplen con los estándares de *e-learning* para el empaquetamiento de contenido SCORM e IMS CP. En cuanto a la interoperabilidad de metadatos, es más deficiente que la interoperabilidad de formatos: en ninguno de los casos analizados es posible reutilizar los metadatos creados con una plataforma para ser aprovechados en otra.

Es por esto que se considera recomendable establecer los mecanismos necesarios para transferir metadatos desde una plataforma a otra al tiempo que se transfieren los contenidos. Como mínimo, que puedan ser incluidos en el repositorio, donde los metadatos son de vital importancia para posibilitar la localización y recuperación de ODEs, y ayudar a su selección y toma de decisiones sobre su utilización y reutilización en diversos contextos de aprendizaje.

Junto al análisis de requisitos, se ha considerado oportuno analizar la utilidad y/o necesidad real de lograr estas transferencias entre plataformas, para posteriormente incluirlas en la propuesta de modelo de interoperabilidad a alcanzar.

En relación con la transferencia de metadatos entre plataformas, que hasta el momento es inexistente en todos los casos estudiados, se plantean diversas

reflexiones. En primer lugar, y aunque se considere muy necesario poder transferir metadatos entre todas las plataformas, no será necesario cumplir siempre con el mismo esquema puesto que, a distintas plataformas con finalidades diferentes, distintas necesidades de descripción.

No obstante, y para favorecer el logro de la interoperabilidad semántica, será preciso que se establezcan correspondencias o transformaciones entre los elementos y contenido de los registros de cada plataforma, o mejor aún, contar con un modelo de descripción para el intercambio, al tiempo que se mantienen los modelos particulares de cada sistema, cuyos registros sean transformados al modelo de intercambio cuando se transfieran los objetos de contenido. De forma particular, será necesaria la adaptación de la plataforma de *e-learning* Moodle para hacer un uso efectivo de los metadatos, redundando en unas mayores capacidades de búsqueda, selección y reutilización de recursos, tanto en el seno de la plataforma, como en el momento de la exportación de recursos al repositorio.

De cualquier manera, y teniendo en cuenta que el formato de metadatos Dublin Core no registra mucha información sobre el ciclo de vida del ODE, sería muy útil emplear esquemas más ricos como IEEE LOM o el propio perfil para educación de Dublin Core (el *DC-Education Application Profile*)⁸⁰, que sí permiten consignar esta información.

Como conclusión del análisis del nivel de interoperabilidad actual, resulta evidente que el nivel aislado es un nivel muy básico mejorable mediante distintos mecanismos de interoperabilidad. En concreto, en el caso de estudio de TecMinho se han observado diversas limitaciones: *necesidad de sistemas de almacenamiento intermedio* en el intercambio de recursos; *múltiple edición de metadatos* de descripción de un recurso; y de forma general, un *flujo discontinuo de los ODEs en el proceso de diseño del aprendizaje*. Estas cuestiones suponen un consumo innecesario de espacio de almacenamiento así como de tiempo y recursos humanos, y dificultan el control y preservación de los recursos, además de limitar las capacidades de recuperación con vistas a su (re)utilización.

Por estas y otras razones, se propone lograr un nivel de interoperabilidad funcional (nivel 2 en el modelo LISI), y establecer un flujo de contenido continuo y sin obstáculos, que supere estas limitaciones actuales, y ofrezca a los creadores de contenidos y responsables de formación una arquitectura completa de soporte a sus actividades de diseño de la formación.

En este nivel se pretende que las plataformas puedan realizar las transferencias de información sin pasos intermedios, de manera que cada plataforma de la arquitectura de formación de TecMinho sea capaz de conectarse y comunicarse con otra plataforma de la arquitectura (en los casos que se han considerado pertinentes) para enviar o solicitar contenido, y que la plataforma que recibe la petición sea capaz de responderla, almacenando el contenido recibido o distribuyendo el contenido solicitado.

De todas las posibles interacciones, basadas en la propuesta de la especificación IMS DRI y mediante el análisis de casos de uso, sólo algunas se consideran adecuadas para formar parte del flujo de contenido para la creación, almacenamiento y disponibilización de materiales educativos en el seno de la organización TecMinho. Se ha propuesto un flujo de contenido que basado en cinco casos o interacciones principales, el cuál se centra en el repositorio como sistema de almacenamiento y provisión de contenidos, al que el resto de las herramientas remiten sus objetos de contenido o acuden en busca de nuevos objetos bien para utilizarlos o reutilizarlos en

⁸⁰ DCMI Education Community. *Op. Cit.*

una experiencia de aprendizaje (LMS), bien para ser editados, agregados o desagregados (herramienta de autor), y de nuevo, ser reutilizados en una experiencia o contexto de aprendizaje distinto.

Este flujo de nivel funcional consigue resolver algunas de las limitaciones asociadas al nivel de interoperabilidad aislado, puesto que no son necesarios sistemas de almacenamiento intermedio, sino que la información se transfiere directamente a la plataforma destino, y se pretende que sean reutilizados los metadatos editados en uno u otro sistema. Sin embargo, se mantienen las limitaciones de formatos y metadatos detectadas en el nivel aislado, que será imprescindible superar para poder lograr este modelo de interoperabilidad. Por último, se plantean un conjunto de cuestiones por resolver, que precisan de acuerdos a nivel pragmático: mecanismos de autenticación entre sistemas; formatos de ficheros y de metadatos que se transferirán; y en general, los procedimientos de transferencia, almacenamiento y organización de la información intercambiada.

Para finalizar, y a partir de los requisitos señalados en el nivel aislado y los nuevos requisitos añadidos en el nivel funcional para lograr la interconexión y comunicación entre plataformas, y en definitiva, el intercambio de información, se plantea una serie de propuestas de desarrollo de las plataformas, basadas principalmente en estándares y en técnicas o modelos propuestos por distintas iniciativas que traten de resolver problemas como los que plantea este.

En definitiva, el presente estudio ha permitido detectar carencias y definir posibles mejoras al conjunto de sistemas que componen la arquitectura de formación de una organización, TecMinho. Aunque hasta el momento el estudio se ha limitado a evaluar un conjunto cerrado de herramientas, propio de un modelo elemental, las propuestas de desarrollo se han hecho teniendo en cuenta la necesidad de interactuar en un entorno más amplio, como una red de sistemas educativos en la que será necesaria la relación y entendimiento con sistemas heterogéneos del dominio del *e-learning*, y poder integrarse así, en un futuro, en un modelo complejo e incluso global de la información.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Distributed Learning. *Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 3rd Edition Content Aggregation Model (CAM) Version 1.0*. Noviembre 2006. Disponible en: <http://adlnet.gov/downloads/DownloadPage.aspx?ID=237>. [Consulta: 29/02/2008].
- Aguirre, Sandra; Quemada, Juan y Salvachua, Joaquín. “Mediadores e Interoperabilidad en e-Learning”. *V Conferencia Internacional Anual sobre educación, capacitación profesional y tecnologías de la información. Virtual Educa 2004*. Fórum Universal de las Culturas. Barcelona, Junio 2004. Disponible en: <http://jungla.dit.upm.es/~saguirre/publications/virtualEduca2004.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].
- Arahova Antonia (et al.) “Interoperability of eLearning Applications with Digital Libraries”. En *DELOS Research Activities 2006*, C. Thanos (Eds.) DELOS Network of Excellence: pp. 83-85. Disponible en: http://www.delos.info/index.php?option=com_browse_odl&collid=14604808712280030000044. [Consulta: 29/02/2008].
- Australian Government Information Management Office. *Interoperability Technical Framework for the Australian Government*, Version 2, Junio 2003. Disponible en: <http://www.agimo.gov.au/publications/2005/04/agtifv2> [Consulta: 29/02/2008].
- Bell, Jon. *Import and export with DSpace*. Septiembre 2005. Disponible en: <http://www.inf.aber.ac.uk/bridge/documents/export.doc>. [Consulta: 29/02/2008].
- C4ISR Interoperability Working Group, Department of Defense. *Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*. Washington, D.C.: Department of Defense, 1998. Disponible en: http://www.defense.gov/nii/org/cio/i3/AWG_Digital_Library/pdfdocs/lisi.pdf. [Consulta: 29/02/2008]
- Carvalho, José. “Capítulo 6 - Ferramentas de Criação de e-Conteúdos”. En Silva Dias, Ana Augusta y Maria João Gomes (coords.) *e-Conteúdos para e-formadores*, Guimarães: TecMinho, Gabinete de Formação Contínua da Universidade do Minho, 2007.
- CEN/ISSS. *Learning Object Repository Interoperability Framework*. Abril 2005. Disponible: http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/LORInter_V1.0beta_2005_04_13.doc. [Consulta: 29/02/2008].
- DCMI Education Community. *DC-Education Application Profile (Working Draft of v0.3)*. Julio 2006. Disponible en: http://dublincore.org/educationwiki/DC_2dEducation_20Application_20Profile. [Consulta: 29/02/2008].
- EICTA. *EICTA White Paper on Interoperability and Standardisation*. Bruselas, 2006. 26 p. Disponible en: http://www.eicta.org/fileadmin/user_upload/document/document1166544474.pdf. [Consulta: 29/02/2008].
- Ford, Thomas C. (et al.) “A Survey on Interoperability Measurement”. *12th ICCRTS “Adapting C2 to the 21st Century”*, Junio 2007. Disponible en:

<http://www.afil.edu/cse/docs/pubs/12th%20ICCRS07%20-%20Paper096.pdf>.
[Consulta: 29/02/2008].

Hatala, Marek; Richards, Griff; Eap, Timmy y Willms, Jordan. "The Interoperability of Learning Object Repositories and Services: Standards, Implementations and Lessons Learned". *WWW 2004; New York, USA, 2004*. Disponible en: <http://www.www2004.org/proceedings/docs/2p19.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

Hatala, Marek; Richards, Griff; Thorne, Scott y Merriman, Jeff. "Closing the Interoperability Gap: Connecting Open Service Interfaces with Digital Repository Interoperability". En: *Ed-Media 2004*, 21-26 Junio 2004, pp. 78-83. Disponible en: <http://www.sfu.ca/~mhatala/pubs/edmedia04-ecl-oki-submit.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

IDABC. *European Interoperability Framework for pan-European eGovernment Services*. Version 1.0. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2004. Disponible en: <http://europa.eu.int/idabc/en/document/3761>. [Consulta: 29/02/2008].

IEEE. *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. New York: IEEE, 1990. [Consulta: 29/02/2008].

IMS Global Consortium. *IMS Content Packaging. Version 1.1.4- Final Specification*. Mayo 2004. Disponible en: <http://www.imsglobal.org/content/packaging/>. [Consulta: 29/02/2008].

---. *IMS Digital Repositories Interoperability v1.0 Final Specification*. Enero 2003. <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/>. [Consulta: 29/02/2008].

---. *IMS Learning Resource Meta-data Specification. Version 1.3 - Final Specification*. Agosto 2006. <http://www.imsglobal.org/metadata/> [Consulta: 29/02/2008].

Institute of Electrical and Electronics Engineers LTSC. *IEEE 1484.12.1-2002. Draft Standard for Learning Object Metadata*. IEEE LTSC, 2002. Disponible en: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf. [Consulta: 29/02/2008].

Integration of Software Intensive Systems (ISIS) Initiative. *Guide to Interoperability*. V. 0.1. ISIS, 2007. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/isis/guide>. [Consulta: 29/02/2008].

LISI Model: Levels of Information Systems Interoperability (LISI) Reference Model. Washington D.C.: U.S. Department of Defense, 1997. Disponible en: <http://www.bmpcoe.org/library/books/lisi%20model>. [Consulta: 29/02/2008].

Miller, Paul. "Interoperability: What is it and Why should I want it?" *Ariadne*, v. 24, Junio 2000. Disponible en: <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>. [Consulta: 29/02/2008].

Munk, Sandor. "Interoperability in the Infosphere. Challenges, Problems, Solutions". En: Jan Kameníček. *Obrana a Strategie*. 2002. Disponible en: http://www.army.cz/mo/obrana_a_strategie/1-2005cz/munk.PDF. [Consulta: 29/02/2008].

Reilly, William; Wolfe, Robert y Smith, MacKenzie. "MIT's CWSpace project: packaging metadata for archiving educational content in DSpace". *International Journal on Digital Libraries*. 2006; vol. 6, n. 2, pp.139-147. <http://dx.doi.org/10.1007/s00799-005-0131-2> [Consulta: 29/02/2008].

Sheth, Amit P. "Changing Focus on Interoperability in Information Systems: from system, syntax, structure to semantics". En: Michael F. Goodchild et al (eds.). *Interoperating Geographic Information Systems*. Springer Kluwer Academic

Publishers, 1999, p. 6. (The Springer Kluwer International Series in Engineering and Computer Science; 495).

Simon, Bernd (et al.) "A Simple Query Interface for Interoperable Learning Repositories". En: *Proceedings of the 1st Workshop on Interoperability of Web-based Educational Systems*, Chiba, Japan, 10 Mayo 2005. Disponible en: <http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/www2005-workshop-sqi-2005-04-14.pdf>. [Consulta: 29/02/2008]

Simon, Bernd (et al.) (eds.) *Simple Query Interface Specification*. Abril 2005. 24 p. Disponible en : http://nm.wu-wien.ac.at/e-learning/interoperability/SQL_V1.0beta_2005_04_13.pdf [Consulta: 29/02/2008].

Theodorou, Ioannis (et al.) *Technical Interoperability: Report about Important Issues, Requirements and State-of-the-Art*. QualiPSo, 2007. <http://www.qualipso.org/media/A3/D3.1.1B.pdf> [Consulta: 29/02/2008].

Tolk, Andreas. "Beyond Technical Interoperability - Introducing a Reference Model for Measures of Merit for Coalition Interoperability". En: *8th International Command and Control Research and Technology Symposium (ICCRTS)*, Washington D.C., 17-19 Junio, 2003. Washington DC: Command and Control Research Program (CCRP), 2003.

UKOLN. *Interoperability Focus: About*. Última actualización: 03-07-2006. Disponible en: <http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/about> . [Consulta: 29/02/2008].

Van Assche, Frans (ed.) *Roadmap to Interoperability for Education in Europe*. European Schoolnet, Life Project, 2006. Disponible en: <http://www.intermedia.uio.no/display/life/Home>. [Consulta: 29/02/2008].

Veltman, K. "Syntactic and Semantic Interoperability: New Approaches to Knowledge and the Semantic Web". *The New Review of Information Networking*, vol. 7, 2001. Disponible en: <http://www.mmi.unimaas.nl/people/Veltman/veltmanarticles/2001%20Syntactic%20and%20Semantic%20Interoperability.pdf>. [Consulta: 29/02/2008].

W3C. *SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)*. 27 Abril 2007. Recomendación del W3C. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>. [Consulta: 29/02/2008].

William Reilly y Rob Wolfe. "CWSpace. Archiving Courseware Websites to DSpace. Using a Content Packaging Profile & Web Services". En: *Digital Library Federation Spring Forum, Austin (Texas), 11 Abril 2006*. Disponible en: http://diglib.org/forums/spring2006/presentations/reilly0406_files/frame.htm [Consulta: 29/02/2008].