

TESIS DOCTORAL

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y AUTOMÁTICA



**DISEÑOS INSTRUCTIVOS ADAPTATIVOS:
FORMACIÓN PERSONALIZADA Y REUTILIZABLE EN
ENTORNOS EDUCATIVOS**

Doctoranda

ADRIANA JOSÉ BERLANGA FLORES

Director

DOCTOR D. FRANCISCO JOSÉ GARCÍA PEÑALVO

Marzo, 2006

TESIS DOCTORAL

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y AUTOMÁTICA



DISEÑOS INSTRUCTIVOS ADAPTATIVOS: FORMACIÓN PERSONALIZADA Y REUTILIZABLE EN ENTORNOS EDUCATIVOS

Doctoranda

ADRIANA JOSÉ BERLANGA FLORES

Director

DOCTOR D. FRANCISCO JOSÉ GARCÍA PEÑALVO

Presentada en el
Departamento de Informática y Automática
Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca

El Director de la Tesis

La Doctoranda

Dr. D. Francisco José García Peñalvo

Adriana José Berlanga Flores

Marzo, 2006

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México por
su apoyo económico

Al Doctor Francisco J. García Peñalvo por estos años de trabajo juntos y a
Jorge Carabias González por el desarrollo de HyCo-LD

Y, especialmente, a Luis Alfredo por su cariño y apoyo

RESUMEN

Los Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos (SHAE) son capaces de ofrecer recorridos y contenidos curriculares adecuados a las necesidades y características de cada alumno. No obstante, a pesar de su índole educativa, es habitual que no consideren la adaptación de la estrategia pedagógica, y, en consecuencia, no incluyan herramientas de autor que permitan crear reglas de adaptación, lo que restringe su difusión más allá de contextos experimentales. Al mismo tiempo, debido a que utilizan modelos únicos para diseñar los componentes y elementos educativos, no cuentan con características y mecanismos para reutilizar o intercambiar contenidos, actividades, estrategias o reglas de adaptación, lo que se traduce en un incremento en su tiempo y costo de desarrollo.

Para superar estos problemas esta tesis propone emplear la especificación IMS *Learning Design* (IMS LD) como método de marcado en la anotación y modelado de componentes denominados Diseños Instructivos Adaptativos (DIA), que consideran las actividades de aprendizaje que se llevarán a cabo, los objetivos que se desean alcanzar, los prerrequisitos necesarios para llevar a cabo la instrucción, y las reglas de adaptación necesarias para adecuar el flujo de aprendizaje a las características de los alumnos. Asimismo, para garantizar su interoperabilidad, los DIA se definen como objetos independientes, lo que permite reutilizarlos e intercambiarlos en diferentes estrategias, sistemas y aplicaciones compatibles con IMS LD.

Para establecer los atributos con los que cuenta un DIA se tomaron en cuenta la caracterización, técnicas y elementos para realizar la adaptación que utilizan los SHAE desarrollados hasta el momento, así como las propiedades de IMS LD para modelar condiciones adaptativas y estrategias instructivas.

La propuesta de esta tesis ha servido, además, como base para desarrollar una herramienta de autor que permite la creación de DIA. Dicha herramienta se ha empleado para realizar un experimento que permitió evaluar la propuesta a través de un caso práctico en una situación real de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Diseño Instructivo, Lenguajes de Marcado Educativo, IMS LD, Sistemas Hipermedia Adaptativos con Fines Educativos, Hipermedia Adaptativa.

ABSTRACT

Adaptive Educational Hypermedia Systems (AEHS) have the potential of delivering instruction tailored to each student. However, despite many years of research, these systems have been used only in a few real learning situations. There are different reasons for this. First, most of them do not consider the adaptation of the pedagogical strategy or the authoring of learning flows. Consequently, their dissemination outside experimental contexts is limited. Moreover, since they make use of proprietary semantics to identify and define adaptivity conditions and educational elements, they do not have the possibility to share contents, learning activities, learning strategies or adaptive techniques among lessons or applications.

In order to solve these problems, this thesis proposes a component called *Diseños Instructionales Adaptativos* (DIA, Adaptive Learning Designs), which uses as common notational method the IMS Learning Design specification (IMS LD). The objective of DIA is twofold. On one hand, it permits the definition of the characteristics of the learning flow, like its learning objectives, prerequisites, learning activities, method of instruction and adaptive behaviour and; on the other, it supports the reusability and exchangeability of the defined components among learning designs and tools compliant with IMS LD.

The definition of the DIA component is founded on the characterization, techniques, and elements that AEHS take into consideration for performing adaptivity, and the attributes of IMS LD to model adaptivity and learning strategies.

Moreover, an authoring tool has been developed in order to create DIA. It has been utilized for performing a study to evaluate the adaptivity behaviour of a DIA in a real learning situation.

KEYWORDS: Learning Design, Educational Modelling Languages, IMS LD, Adaptive Educational Hypermedia, Adaptive Hipermedia.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Presentación	3
1.2. Problemas identificados	4
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos.....	6
1.5. Método de trabajo	6
1.6. Marco de la tesis	8
1.6.1. En el grupo de investigación	8
1.6.2. En un contexto general	10
1.7. Presentación del resto de los capítulos	11
2. SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS CON FINES EDUCATIVOS.....	13
2.1. Introducción.....	15
2.2. Sistemas Hipermedia Adaptativos	16
2.2.1. Concepto y características	16
2.2.2. Antecedentes	17
2.2.3. Áreas de aplicación.....	18
2.2.4. Componentes	21
2.2.4.1. Modelo del dominio	22
2.2.4.2. Modelo del usuario y observaciones.....	24
2.2.4.3. Modelo de adaptación.....	25
2.2.5. Elementos que se consideran para realizar la adaptación	25
2.2.6. Métodos y técnicas de adaptación	27
2.2.6.1. Presentación adaptativa	28
2.2.6.1.1. Métodos	28
2.2.6.1.2. Técnicas.....	28
2.2.6.2. Soporte a la navegación adaptativa	29
2.2.6.2.1. Métodos	29
2.2.6.2.2. Técnicas.....	30
2.2.7. Taxonomía.....	32
2.2.8. Ventajas y desventajas.....	34
2.3. Sistemas Hipermedia Adaptativos en el ámbito de la Educación.....	36
2.3.1. Recapitulación.....	36
2.3.2. Evolución.....	41
2.3.3. Puntos débiles	42
2.4. Conclusiones	44

3.	TECNOLOGÍAS DE MERCADO PARA METADATOS EDUCATIVOS.....	45
3.1.	Introducción.....	47
3.2.	Tecnologías de marcado para metadatos educativos.....	48
3.2.1.	Estándares, especificaciones y perfiles de aplicación.....	49
3.2.2.	Objetos de aprendizaje y metadatos.....	50
3.2.3.	Principales organismos involucrados.....	52
3.2.4.	Breve reseña de estándares, especificaciones y perfiles de aplicación.....	54
3.3.	La descripción estandarizada de los procesos de enseñanza.....	56
3.3.1.	El diseño instructivo o la definición de la enseñanza.....	56
3.3.2.	IMS Learning Design (IMS LD).....	58
3.3.2.1.	Características generales.....	58
3.3.2.2.	Elementos Principales.....	61
3.3.3.	Otras iniciativas relacionadas con IMS LD.....	68
3.3.3.1.	Sharable Content Object Reference Model (SCORM).....	68
3.3.3.2.	OUNL-Educational Modelling Language (OUNL-EML).....	69
3.3.3.3.	AICC-Guidelines and recommendations (AGR).....	71
3.3.4.	Particularidades de estas iniciativas.....	72
3.4.	Puntos débiles.....	76
3.5.	Conclusiones.....	78
4.	DISEÑOS INSTRUCTIVOS ADAPTATIVOS.....	81
4.1.	Introducción.....	83
4.2.	Justificación.....	84
4.2.1.	Caracterización de los SHAE utilizando IMS LD.....	85
4.2.2.	Elementos para realizar la adaptación en IMS LD.....	86
4.2.3.	Técnicas de adaptación e IMS LD.....	89
4.2.4.	Ventajas y desventajas de utilizar IMS LD en los SHAE.....	93
4.3.	Diseños Instructivos Adaptativos (DIA).....	95
4.3.1.	Concepto y características.....	95
4.3.2.	La metáfora del Lego.....	97
4.3.3.	Definición.....	100
4.3.3.1.	Objetos de aprendizaje.....	100
4.3.3.2.	Objetivos de aprendizaje y prerrequisitos.....	101
4.3.3.3.	Componentes de aprendizaje.....	102
4.3.3.3.1.	Roles.....	102
4.3.3.3.2.	Actividades de aprendizaje.....	102

4.3.3.3.3. Actividades de soporte.....	103
4.3.3.3.4. Estructuras de actividades de aprendizaje.....	104
4.3.3.3.5. Contextos.....	104
4.3.3.3.6. Propiedades de personalización.....	104
4.3.3.4. Flujo de aprendizaje.....	105
4.3.3.4.1. <i>Role-parts</i> y actos de aprendizaje.....	105
4.3.3.4.2. <i>Plays</i>	105
4.3.3.4.3. Reglas y técnicas de adaptación.....	106
4.3.3.4.4. Técnicas adaptativas para el soporte a la navegación.....	118
4.3.3.4.5. Método de aprendizaje.....	120
4.3.3.5. Ensamblar DIA.....	120
4.3.3.6. Empaquetar DIA.....	121
4.4. Ejemplo de definición de un DIA.....	121
4.4.1. Descripción del escenario de aprendizaje.....	122
4.4.2. Definición del escenario de aprendizaje como DIA.....	125
4.4.2.1. Objetos de aprendizaje (LO).....	125
4.4.2.2. Objetivos de aprendizaje (LOB) y prerrequisitos (PRE).....	125
4.4.2.3. Componentes de aprendizaje.....	126
4.4.2.3.1. Roles (R).....	126
4.4.2.3.2. Actividades de aprendizaje (LA).....	126
4.4.2.3.3. Propiedades de Personalización (PP).....	127
4.4.2.4. Flujo de aprendizaje.....	128
4.4.2.4.1. <i>Role-parts</i> (RP) y actos de aprendizaje (ACT).....	128
4.4.2.4.2. <i>Plays</i> (PLY).....	128
4.4.2.4.3. Reglas y técnicas de adaptación (RUL).....	129
4.4.2.4.4. Método de aprendizaje (MET).....	131
4.4.2.5. Ensamblar DIA.....	131
4.4.2.6. Empaquetar DIA.....	132
4.5. Trabajos relacionados.....	132
4.6. Conclusiones.....	136
5. HyCo-LD.....	139
5.1. Introducción.....	141
5.2. HyCo.....	141
5.2.1. Creación de Objetos de Aprendizaje: HyCo-LOM.....	144
5.3. HyCo-LD.....	146
5.3.1. Objetivos de aprendizaje.....	149
5.3.2. Prerrequisitos.....	150
5.3.3. Componentes de aprendizaje.....	150
5.3.3.1. Roles.....	151

5.3.3.2. Actividades de aprendizaje	151
5.3.3.3. Estructuras de actividades de aprendizaje	154
5.3.3.4. Propiedades de personalización	156
5.3.4. Flujo de aprendizaje	157
5.3.4.1. <i>Rol-Parts</i> y actos	157
5.3.4.2. <i>Plays</i>	159
5.3.4.3. Reglas y técnicas de adaptación.....	161
5.3.4.4. Método de aprendizaje.....	164
5.3.5. Diseño del aprendizaje (ensamblar DIA)	166
5.3.6. Empaquetar DIA.....	167
5.3.7. <i>Player</i> (publicar y ejecutar DIA).....	168
5.3.8. Funcionalidad para gestionar y visualizar elementos	170
5.4. Otros editores para IMS LD.....	171
5.4.1. Herramientas para trabajar con IMS LD.....	171
5.4.2. Editores para IMS LD	175
5.5. Conclusiones	179
6. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	181
6.1. Introducción.....	183
6.2. Diseño conceptual.....	183
6.2.1. Descripción del escenario de aprendizaje.....	184
6.2.2. Definición del escenario de aprendizaje como DIA.....	187
6.2.2.1. Objetos de aprendizaje (LO)	187
6.2.2.2. Objetivos de aprendizaje (LOB) y prerequisites (PRE)	187
6.2.2.3. Componentes de aprendizaje.....	187
6.2.2.3.1. Roles (R).....	187
6.2.2.3.2. Actividades de aprendizaje (LA)	188
6.2.2.3.3. Estructuras de actividades de aprendizaje (AS)	189
6.2.2.3.4. Propiedades de Personalización (PP).....	190
6.2.2.4. Flujo de aprendizaje	190
6.2.2.4.1. <i>Role-parts</i> (RP) y actos de aprendizaje (ACT).....	190
6.2.2.4.2. <i>Plays</i> (PLY).....	191
6.2.2.4.3. Reglas y técnicas de adaptación (RUL)	191
6.2.2.4.4. Método de aprendizaje (MET).....	192
6.2.2.5. Ensamblar DIA.....	192
6.3. Diseño en HyCo-LD	193
6.4. Implementación y evaluación	196

6.5.	Otras pruebas	200
6.6.	Conclusiones	202
7.	CONCLUSIONES	205
7.1.	Sumario	207
7.2.	Principales aportaciones de la investigación	208
7.3.	Líneas de investigación futuras.....	212
7.4.	Contraste de resultados	214
8.	APÉNDICES	221
A.	Análisis de Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos.....	223
1.	C-Book.....	225
2.	ELM-ART II.....	225
3.	InterBook.....	229
4.	AST.....	233
5.	AHA!	236
6.	KBS-Hyperbook.....	240
7.	TANGOW	243
8.	MetaLinks	246
9.	INSPIRE.....	247
10.	ALE	251
B.	HyCo: Arquitectura	255
1.	Modelo conceptual.....	257
2.	Arquitectura de la aplicación	261
3.	Diseño de datos	267
C.	Caso práctico: Formulario de retroalimentación	271
D.	Caso práctico: Folio de trabajo	277
E.	Glosario	281
F.	Acrónimos y siglas.....	285
	REFERENCIAS.....	291

FIGURAS

Figura 1. Método de trabajo	7
Figura 2. Proyectos realizados dentro del grupo de investigación GRIAL.....	9
Figura 3. Diagrama de los componentes de un SHA	21
Figura 4. Estructura del dominio del conocimiento	23
Figura 5. Taxonomía de las tecnologías hipermedia adaptativas (Brusilovsky, 2001)	32
Figura 6. Proceso de desarrollo de un estándar (ADL, 2005)	53
Figura 7. Modelo de información de IMS LD (2003)	60
Figura 8. Estructura jerárquica de los elementos de IMS LD (2003).....	61
Figura 9. Ejemplo de marcado utilizando IMS LD	61
Figura 10. Estructura de una UdA en IMS LD incluida en IMS CP (IMS LD, 2003).....	62
Figura 11. Estructura de OUNL-EML (Koper, 2001)	70
Figura 12. DIA: Ejemplo	97
Figura 13. DIA: Metáfora del Lego	98
Figura 14. DIA: Fases de definición.....	101
Figura 15. Ejemplo de notación de enunciado adaptativo (extracto)	117
Figura 16. DIA. Ejemplo: Diagrama del escenario de aprendizaje	124
Figura 17. DIA. Ejemplo: Técnica adaptativa modelada en IMS LD.....	130
Figura 18. HyCo: Interfaz	144
Figura 19. Elementos de IMS LOM que HyCo establece automáticamente.....	145
Figura 20. HyCo-LOM: Interfaz.....	146
Figura 21. Flujo de trabajo para definir DIA	147
Figura 22. HyCo-LD: Menú principal.....	148
Figura 23. HyCo-LD: Creación de objetos de aprendizaje.....	149
Figura 24. HyCo-LD: Creación de prerrequisitos	150
Figura 25. HyCo-LD: Creación de roles.....	151
Figura 26. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (propiedades).....	152
Figura 27. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (objetivos de aprendizaje).....	153
Figura 28. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (descripción)	153
Figura 29. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (retroalimentación)	154
Figura 30. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (propiedades).....	155
Figura 31. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (información).....	155
Figura 32. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (crear secuencia).....	156
Figura 33. HyCo-LD: Creación de propiedades locales (rol)	157
Figura 34. HyCo-LD: Creación de actos (role-parts)	158
Figura 35. HyCo-LD: Creación de actos (finalización)	159

Figura 36. HyCo-LD: Creación de plays (atributos)	160
Figura 37. HyCo-LD: Creación de plays (actos).....	161
Figura 38. HyCo-LD: Creación de reglas de adaptación (operadores)	162
Figura 39. HyCo-LD: Creación de reglas de adaptación (propiedades)	163
Figura 40. HyCo-LD: Creación de técnicas de adaptación (atributos, tipo y nivel)	164
Figura 41. HyCo-LD: Creación de técnicas de adaptación (basado en)	164
Figura 42. HyCo-LD: Creación de métodos (atributos)	165
Figura 43. HyCo-LD: Creación de métodos (plays)	165
Figura 44. HyCo-LD: Creación de diseños de aprendizaje (propiedades)	166
Figura 45. HyCo-LD: Creación de diseños de aprendizaje (métodos)	166
Figura 46. HyCo-LD: Empaquetado de DIA	167
Figura 47. HyCo-LD: Publicar DIA.....	169
Figura 48. HyCo-LD: Ejecutar DIA	169
Figura 49. HyCo-LD: Funcionalidad para manejar elementos	170
Figura 50. HyCo-LD: Visualización gráfica de DIA.....	170
Figura 51. ASK-LDT: Interfaz.....	172
Figura 52. aLFanet: Interfaz	172
Figura 53. eLive Learning Design Suite: Interfaz.....	173
Figura 54. Learning Design Player de Reload: Interfaz.....	174
Figura 55. CopperCore: Interfaz	174
Figura 56. Caso práctico: Flujo del escenario de aprendizaje implementado	186
Figura 57. Caso práctico: Definición de contenidos en HyCo-LD.....	195
Figura 58. Caso práctico: DIA ejecutado en CopperCore.....	196
Figura 59. Caso práctico: Experiencia en ambientes de e-learning de los alumnos participantes	197
Figura 60. Caso práctico: Interoperabilidad del DIA diseñado	201
Figura 61. Prototipo editor reglas adaptativas	213
Figura 62. ELM-ART II: Anotación adaptativa de enlaces	228
Figura 63. InterBook: Interfaz.....	232
Figura 64. AST: Interfaz.....	236
Figura 65. AHA!: Interfaz	239
Figura 66. KBS-Hyperbook: Interfaz.....	243
Figura 67. MetaLinks: Interfaz	247
Figura 68. INSPIRE: Interfaz.....	250
Figura 69. ALE: Herramienta de autor. Creación de objetos de aprendizaje	253
Figura 70. Modelo conceptual: Diagrama de paquetes.....	257

Figura 71. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete IMS.....	258
Figura 72. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete DiseñoAprendizaje	260
Figura 73. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete Empaquetamiento.....	261
Figura 74. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete Ejecución.....	261
Figura 75. HyCo: Arquitectura por capas de la aplicación.....	262
Figura 76. HyCo: Diagrama de clases Compositor.plugin.....	263
Figura 77. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims.....	264
Figura 78. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims.cp	265
Figura 79. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims.player.....	266
Figura 80. Estructura de almacenamiento para actividades de aprendizaje (IMS LD, 2003).....	268

TABLAS

Tabla 1. Elementos que se consideran para realizar la adaptación.....	27
Tabla 2. Métodos y técnicas de la presentación adaptativa.....	29
Tabla 3. Métodos y técnicas del soporte a la navegación adaptativa.....	31
Tabla 4. SHAE: Elementos que consideran para realizar la adaptación.....	37
Tabla 5. SHAE: Principales características.....	38
Tabla 6. SHAE: Tecnologías de adaptación que emplean.....	40
Tabla 7. Ejemplos de estándares y especificaciones para metadatos educativos.....	55
Tabla 8. Estructura de los cursos en AGR-010.....	72
Tabla 9. Características de diferentes iniciativas que describen mediante metadatos el proceso de enseñanza y aprendizaje.....	74
Tabla 10. Elementos para realizar la adaptación utilizando IMS LD.....	88
Tabla 11. Técnicas de adaptación e IMS LD.....	90
Tabla 12. DIA: Elementos y sus relaciones.....	99
Tabla 13. Conjuntos de elementos propuestos para definir enunciados adaptativos.....	111
Tabla 14. Ejemplos de anotación de los conjuntos de elementos propuestos.....	112
Tabla 15. Ejemplo DIA: Actividades (LA o SA), prerequisites (PRE), recursos, y estructuras (AS).....	126
Tabla 16. Ejemplo DIA: Actos (ACT), role-parts (RP), roles (R), y sus elementos.....	128
Tabla 17. Editores para trabajar con IMS LD.....	176
Tabla 18. Caso práctico: Actividades (LA o SA), prerequisites (PRE), recursos, y estructuras (AS).....	188
Tabla 19. Caso práctico: Actos (ACT), role-parts (RP), roles (R) y sus elementos.....	191
Tabla 20. Caso práctico: Estructura del libro creado para implementar el DIA.....	194
Tabla 21. Caso práctico: Respuestas de los alumnos al cuestionario de retroalimentación.....	198
Tabla 22. Caso práctico: Evaluación de las actividades de aprendizaje realizadas por los alumnos.....	199

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo expone el planteamiento de esta tesis. Comienza identificando las características actuales de los Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos, y señalando áreas susceptibles de mejora en su diseño. Con base en esto, justifica este trabajo y detalla los objetivos que desea alcanzar. Posteriormente, explica el método que se siguió para elaborarla y el marco de investigación en el que se encuadra. Para finalizar, presenta el contenido de cada uno de los capítulos.

1.1. PRESENTACIÓN

La imparable evolución técnica de la Web (Berners-Lee, 1996) ha conseguido que su aplicación en diversas áreas, entre las que destaca la educación, sea cada vez más relevante. En este ámbito, la Web ha pasado en muy poco tiempo de considerarse un almacén de recursos digitales, a emplearse como una plataforma que, entre otras cosas, permite ofrecer sistemas de formación capaces de estructurar y presentar contenidos curriculares adecuados a las necesidades y características de cada alumno. A estos sistemas se les conoce como Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos (SHAE).

Como consecuencia de su reciente aparición, no obstante, estos sistemas se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo. Aunque su índole es educativa, aún se concentran más en los aspectos técnicos que en los pedagógicos, y otorgan poca importancia a la definición del diseño instructivo. Es habitual también que los elementos que conforman estos sistemas se diseñen desde una perspectiva sintáctica, lo que da como resultado que los contenidos y la estrategia de aprendizaje formen una unidad indivisible. Esto impide extraer automáticamente información, homogeneizar los diseños instructivos, e intercambiarlos y reutilizarlos en diferentes cursos o aplicaciones.

Esta tesis indaga en posibles soluciones a estas cuestiones, proponiendo la creación de estrategias de aprendizaje que permitan proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje personalizado, según una o más condiciones establecidas previamente por el diseñador instruccional. Al mismo tiempo, explora la utilización de un lenguaje de marcado común para lograr la reutilización y el intercambio de los componentes de aprendizaje con características adaptativas.

1.2. PROBLEMAS IDENTIFICADOS

La investigación en el área de los SHAE bajo plataforma web inició en la segunda mitad de la década de los noventa. Los primeros desarrollos estuvieron destinados a ofrecer a estudiantes universitarios de informática cursos concretos. Ejemplos en este sentido son C-Book (Kay y Kummerfeld, 1994), ELM-ART (Brusilovsky, Schwarz y Weber, 1996a) y 2L670 (De Bra y Calvi, 1998a). Más tarde se iniciaron trabajos encaminados a proponer aplicaciones genéricas para construir sistemas con características adaptativas. Algunos ejemplos en esta línea son InterBook (Brusilovsky, 1998), AHA! (De Bra y Ruitter, 2001), KBS Hyperbook (Henze, Naceur, Nejdil y Wolpers, 1999), TANGOW (Carro, Pulido y Rodríguez, 1999), ALE (Specht, Kravcik, Klemke, Pesin y Hüttenhain, 2002) e INSPIRE (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis y Magoulas, 2003).

No obstante, existen pocas experiencias de la aplicación de SHAE en situaciones reales de aprendizaje. Esto obedece a diferentes motivos. En primer lugar, es común que estos sistemas no consideren la adaptación de la estrategia pedagógica, y, en consecuencia, no incluyan herramientas de autor para crear reglas de adaptación, lo que restringe su difusión más allá de contextos experimentales. Además, todos ellos utilizan modelos únicos para diseñar los componentes y elementos educativos, y por ende no cuentan con características y mecanismos para reutilizar o intercambiar contenidos, actividades, estrategias o reglas de adaptación, lo que se traduce en un incremento en su tiempo y costo de desarrollo.

Para superar estos problemas, que sin duda afectan la eficiencia y difusión de los SHAE, esta tesis propone emplear la especificación IMS Learning Design (IMS LD, 2003) como método de marcado en la anotación y modelado de diseños instructivos con características adaptativas. Así, la definición de este tipo de diseños instructivos considerará elementos como las actividades de aprendizaje que se llevarán a cabo, los objetivos que se desean alcanzar, los prerrequisitos necesarios para llevar a cabo la instrucción, y las reglas de adaptación necesarias para adecuar el flujo de aprendizaje a las características de los alumnos. Además, para garantizar su interoperabilidad, estos elementos se definen como objetos independientes, lo que permite reutilizarlos e

intercambiarlos en diferentes estrategias, sistemas y aplicaciones compatibles con esta especificación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Hasta el momento no existen investigaciones que apliquen especificaciones para el marcado de metadatos educativos en el diseño de estrategias instructivas con características adaptativas. Sin embargo, importantes investigadores en el campo de los SHAE señalan la necesidad de definir un “lenguaje común” para acercar este tipo de sistemas al concepto de la Web Semántica (Berners-Lee, Hendler y Lassila, 2001) –como (Brusilovsky y Nejd, 2004), (Cristea, 2004), (De Bra, Aroyo y Chepegin, 2004a) y (Henze, 2003)–, separando así la lógica de adaptación de los materiales de estudio, y asegurando la interoperabilidad entre los sistemas de este tipo y su incorporación en otros ambientes de aprendizaje.

Esta tesis pretende demostrar que una especificación para metadatos educativos como IMS LD puede utilizarse como método de marcado de las reglas de adaptación y componentes del diseño instructivo, con el objetivo de convertirlos en objetos reutilizables e intercambiables entre diferentes sistemas y aplicaciones compatibles con esta especificación. Utilizar esta especificación para diseñar estrategias instructivas en los SHAE enfatiza, además, la importancia del diseño de estrategias de enseñanza en este tipo de sistemas, y sirve como guía para describir enfoques pedagógicos que se adecuen a las características de los estudiantes y a las propiedades del conocimiento que se desea transmitir.

En conjunto, profundizar en el campo de la hipermedia adaptativa debe ayudar a la concepción y construcción de ambientes de formación más robustos y adecuados, y ofrecer una visión de sus posibilidades y limitaciones en los ambientes de aprendizaje soportados por tecnología.

1.4. OBJETIVOS

Esta tesis propone describir diseños instructivos con características adaptativas –como parte de SHAE– que no prescriban ningún diseño pedagógico determinado, empleando especificaciones para el marcado de metadatos educativos. Sobre esta base se pretende diseñar estrategias de enseñanza con características adaptativas (i.e. componentes que se denominan Diseños Instructivos Adaptativos, DIA), y desarrollar una herramienta de autor que permita crearlas y reutilizar sus componentes entre diferentes estrategias y aplicaciones.

Así, pretende comprobar que:

1. Los DIA son una alternativa viable para facilitar a los alumnos formación ajustada a sus características.
2. Un modelo de marcado común propuesto por un organismo internacional, como IMS LD, permite definir reglas de adaptación.
3. La reutilización e intercambio de elementos y diseños instructivos es posible si dichos elementos se diseñan bajo un modelo basado en especificaciones para el marcado de metadatos educativos.
4. Una herramienta de autor para crear reglas de adaptación y componentes con características adaptativas permite diseñar estrategias de adaptación que controlen el comportamiento del flujo del aprendizaje.

1.5. MÉTODO DE TRABAJO

La Figura 1 esquematiza las etapas en que se divide el método de trabajo utilizado para elaborar esta tesis. En la primera, *conocer el estado del arte*, se exploran los trabajos realizados en el campo de los SHAE, así como el objetivo y características de las tecnologías para el marcado de metadatos educativos. En la segunda etapa se identifican áreas de mejora y problemas relevantes, con el fin de dedicar la tercera etapa a desarrollar y aportar alternativas de solución. Posteriormente, se expone el curso de la investigación y sus

propuestas a la comunidad científica que trabaja en estos temas –mediante artículos expuestos en congresos y talleres– para obtener retroalimentación. En la quinta etapa se reflexiona sobre la retroalimentación recibida para, tras evaluar las últimas incorporaciones al estado del arte, refinar la investigación, y contrastarla de nuevo.

Una vez que la propuesta es lo suficientemente consistente, en la sexta y última etapa se prueba y evalúa mediante la aplicación de un caso práctico en un contexto real de aprendizaje.

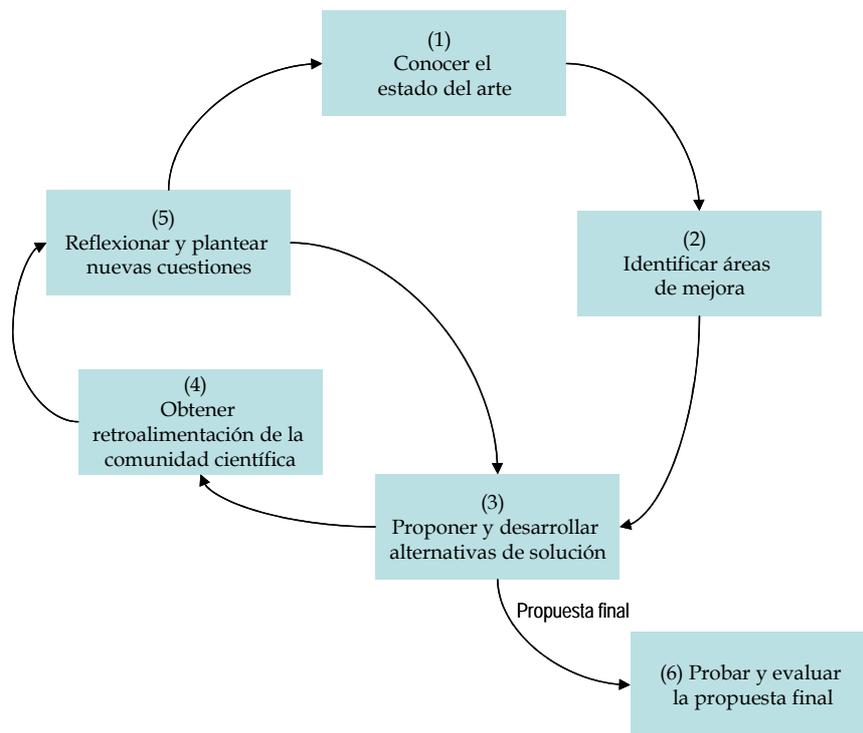


Figura 1. Método de trabajo

1.6. MARCO DE LA TESIS

1.6.1. EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo de tesis doctoral es una de las líneas de investigación del GRUPO de investigación en InterAcción y *eLearning* (GRIAL) de la Universidad de Salamanca.

GRIAL es un grupo multidisciplinar integrado por investigadores provenientes de la Ingeniería Informática, las Ciencias de la Educación y las Humanidades. Dentro de sus temas de investigación se encuentran la Informática Educativa, la Ingeniería Web, la Web Semántica, la Interacción Persona-Ordenador, la Arquitectura de Software y el *e-learning*.

En este último tema, las líneas principales de investigación son los SHAE, la gestión del conocimiento y la creación de pruebas adaptativas, utilizando para ello esquemas de metadatos estandarizados.

Estas líneas de investigación se desarrollan a través de diferentes proyectos. La Figura 2 presenta un esquema que los muestra (las líneas punteadas representan enlaces que podrían desarrollarse en el futuro).

El trabajo de esta tesis¹, que se encuentra señalado en la Figura 2 mediante un recuadro de doble línea, comprende la herramienta de autor para la creación de DIA, HyCo-LD (por sus siglas en inglés, *Hypermedia Composer-Learning Design*) (Berlanga, García y Carabias, 2005), la creación de Objetos de Aprendizaje (OA) (Berlanga y García, 2005c), la definición conceptual de DIA (Berlanga y García, 2005b), y la presentación del DIA al alumno.

Dentro del resto de los proyectos que se llevan a cabo en el ámbito del *e-learning* en el grupo de investigación GRIAL se encuentra AHKME (*Adaptive Hypermedia Knowledge Management E-learning Platform*) (Rego, Moreira y García, 2005), una plataforma web – basada en especificaciones de la familia IMS, como IMS LOM (2001), IMS LD e IMS CP

¹ La investigación realizada en esta tesis ha sido financiada parcialmente por la Junta de Castilla y León (ref. SA017/02), por el proyecto ODISEAME (*Open Distance Inter-University Synergies between Europe, Africa and Middle East*) de la Comisión Europea (ref. EUMEDIS B7-4100/2000/2165-79 P546), y por el proyecto KEOPS (Plataforma de *e-learning* basada en la gestión del conocimiento, bibliotecas de objetos de aprendizaje y sistemas adaptativos) financiado por el Programa Nacional en Tecnologías de Servicios para la Sociedad de la Información del Ministerio de Educación y Ciencia (ref.TSI2005-00960).

(2004)– que busca proveer de capacidades adaptativas y de gestión del conocimiento a profesores y alumnos. En este momento se están desarrollando herramientas para recuperar, importar y evaluar OA según sus metadatos, de forma que los estudiantes obtengan contenidos de calidad que se ajusten a sus necesidades y los profesores reciban ayuda para decidir cuáles son los mejores OA para crear cursos.

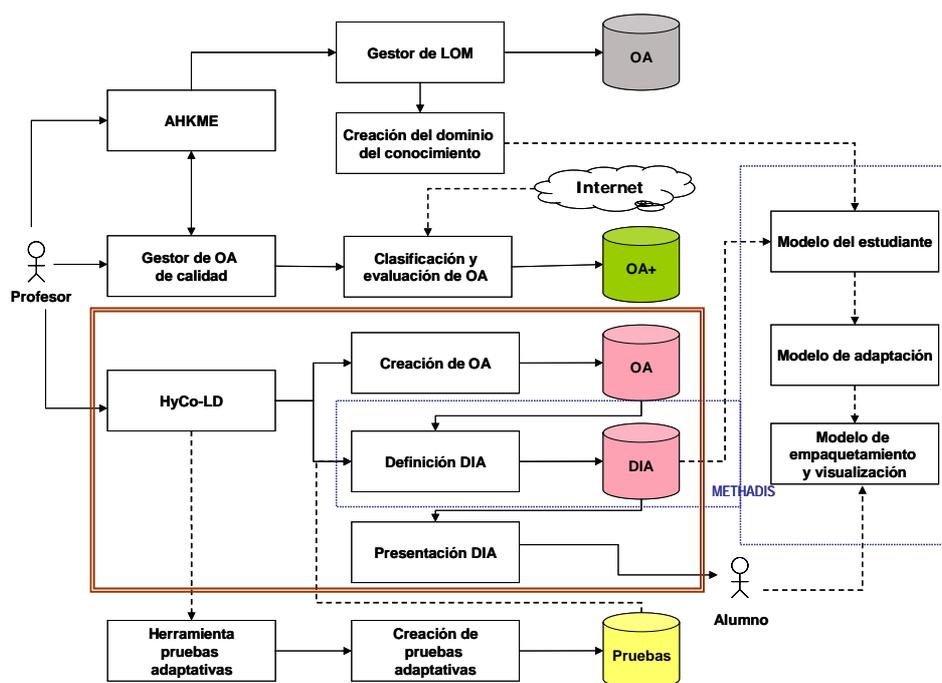


Figura 2. Proyectos realizados dentro del grupo de investigación GRIAL

En cuanto a la investigación sobre los mecanismos de evaluación para los SHAE, se ha iniciado el diseño de una herramienta que permitirá definir y empaquetar pruebas de evaluación adaptativas (Barbosa y García, 2005), mediante estándares para el marcado de metadatos educativos como IMS QTI (2004) e IMS CP.

En el área de gestión del conocimiento se desarrolla una propuesta de investigación encaminada a evaluar la calidad de los OA desde una perspectiva pedagógica (Morales y García, 2005). Con este objetivo, se están diseñando criterios para valorarlos desde diversos puntos de vista. Además, se está desarrollando un instrumento que, mediante la recogida de información numérica sobre la calidad de los OA y su evaluación por parte de los docentes, permitirá seleccionar los más adecuados para construir cursos.

Finalmente, METHADIS (“Metodología para el diseño de Sistemas Hipermedia Adaptativos para el aprendizaje, basada en Estilos de Aprendizaje y Estilos Cognitivos”) (Prieto, Leighton y García, 2004) es una línea de investigación que busca elaborar y validar una metodología para diseñar SHAE en la cual se consideran los estilos de aprendizaje y estilos cognitivos de los estudiantes para presentarles información adecuada. Esta metodología toma en cuenta aspectos técnicos y pedagógicos. Desde la perspectiva técnica, define y caracteriza los modelos del estudiante, del dominio y de adaptación; desde la pedagógica, plantea cómo seleccionar las estrategias instructivas que se utilizarán, en función del objetivo de aprendizaje y de las características tanto de cada estilo de aprendizaje, como de cada estilo cognitivo.

1.6.2. EN UN CONTEXTO GENERAL

Esta tesis abarca principalmente dos líneas de investigación. La primera es la creación de SHAE desde el punto de vista semántico (Berlanga y García, 2004c), donde se separa el conocimiento que se desea transmitir de la lógica de adaptación, y la segunda es el modelado de este tipo de sistemas mediante estándares y especificaciones para el marcado de metadatos educativos (Berlanga y García, 2005e).

Esta tesis contribuye al estado del arte en ambas áreas –que, en nuestra opinión, es necesario hacer convergir–, pues propone una alternativa para definir flujos de aprendizaje utilizando una notación común, la especificación IMS LD. De esta manera, es posible introducir en los SHAE el concepto de diseño instructivo –necesario para considerar el proceso de aprendizaje y no sólo contenidos– y un método de marcado genérico que permite reutilizarlos e intercambiarlos.

Complementariamente, una tercera línea de investigación de esta tesis es la definición y desarrollo de un editor (Berlanga y García, 2005a) que, conforme a la especificación IMS LD, permite crear diseños instructivos con características adaptativas. Esto responde a la necesidad de proveer a profesores y diseñadores de herramientas y formalismos que les faciliten su labor.

1.7. PRESENTACIÓN DEL RESTO DE LOS CAPÍTULOS

Esta tesis está dividida en siete capítulos. El actual expone el objetivo y justificación de la tesis, explica el método de trabajo realizado y detalla el marco científico en el que se encuadra.

El segundo capítulo explica en qué consisten los Sistemas Hipermedia Adaptativos, e introduce los SHAE más representativos desarrollados hasta el momento para reseñar el estado del arte. A continuación destaca sus principales limitaciones, entre las que se encuentra la falta de una notación de marcado común. A partir de esta circunstancia, el tercer capítulo presenta las tecnologías de marcado y detalla IMS LD, sus elementos y características. Después presenta otras especificaciones y las compara. Finalmente, profundiza en las razones por las cuales en esta investigación se seleccionó IMS LD como esquema de marcado para describir características adaptativas.

Una vez planteado el estado del arte de los SHAE y de las tecnologías de marcado para metadatos educativos, el cuarto capítulo presenta la propuesta de esta tesis: anotar SHAE con IMS LD para introducir el concepto de diseño instructivo en este tipo de sistemas, y asegurar su interoperabilidad y reusabilidad. Empieza justificando la idoneidad de la especificación para los SHAE, después introduce los Diseños Instructivos Adaptativos (DIA), sus características y proceso de creación. Posteriormente, ejemplifica este proceso mediante un escenario de aprendizaje, y relaciona esta tesis con otros trabajos en la misma dirección.

El quinto capítulo, por su parte, explica detalladamente HyCo-LD, la herramienta de autor que desarrollamos como parte de esta investigación para la creación de DIA, exponiendo su funcionamiento y mostrando su interfaz. Para contrastar sus características, también presenta otras herramientas similares y las compara.

A continuación, el capítulo sexto describe el caso práctico que permite probar y evaluar la propuesta. Primero menciona el contexto en el que se aplica; después detalla el escenario de aprendizaje, explica cómo se establecen sus propiedades para transformarlo en DIA, y cómo se utiliza HyCo-LD para diseñarlo. Finalmente presenta los resultados de la evaluación.

El séptimo y último capítulo establece conclusiones, líneas de investigación futuras, y presenta el conjunto de publicaciones que nos permitieron contrastar los resultados y avances en el desarrollo de esta tesis.

Para terminar, la tesis incluye apéndices y la bibliografía referenciada. El apéndice A detalla diferentes SHAE que se han desarrollado. El B describe de manera general la arquitectura de HyCo y, por ende, la de HyCo-LD. El C y D contienen, respectivamente, la prueba de evaluación del caso práctico y el folio de trabajo que se les proporcionó a los alumnos. El E y F, por su parte, muestran términos y acrónimos utilizados en este trabajo.

2. SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS CON FINES EDUCATIVOS

Este capítulo presenta el marco teórico de la hipermedia adaptativa, y describe una de las áreas más populares en las que encuentra aplicación, la educativa. Con esto se establecen las bases para, en los siguientes capítulos, justificar cómo algunos de los problemas de los sistemas hipermedia adaptativos con fines educativos pueden soslayarse si en su diseño se emplea una notación común como la especificación IMS LD.

En consecuencia, este capítulo presenta los fundamentos de la hipermedia adaptativa, prosigue explicando las características de algunos sistemas hipermedia adaptativos con fines educativos, analiza su evolución y puntos débiles.

2.1. INTRODUCCIÓN

La gran expansión que en los últimos años han tenido los sistemas hipermedia² se debe, por un lado, a la popularización de la Web (Berners-Lee, 1996), y por otro a su capacidad para estructurar asociativamente piezas de información de naturaleza dispar, lo que permite simular, en cierta medida, el proceso de relación y conexión que efectúa la mente humana.

Sin embargo, los sistemas hipermedia “clásicos” no consideran las características, intereses u objetivos de los usuarios, sino que interactúan de la misma manera siempre, muestran la misma información y enlaces a todos los usuarios, y no cuentan con mecanismos para ayudarlos en la navegación ni en la búsqueda de información relevante.

Por el contrario, los Sistemas Hipermedia Adaptivos (SHA) permiten configurar aplicaciones que presentan información y recorridos adecuados a las características de cada usuario, guiándolos en la navegación y en el descubrimiento y manejo de información relevante. Para ello representan las metas, preferencias y conocimientos de cada usuario a través de un modelo que emplean para llevar a cabo la adaptación, y el cual modifican según la interacción del usuario con el sistema.

Entre las diferentes áreas de aplicación de los SHA se encuentra la educación. Los Sistemas Hipermedia Adaptivos con fines Educativos (SHAE) personalizan el proceso de aprendizaje con la intención de facilitar la adquisición del conocimiento, presentando contenidos educativos y recorridos apropiados a las metas educativas, formación previa, características individuales o nivel de conocimiento de cada estudiante. Uno de los objetos de estudio de esta tesis, así como la parte central de este capítulo, es la definición del flujo de aprendizaje y de las técnicas de adaptación de este tipo de sistemas. Antes de profundizar en su aplicación en el ámbito educativo, resulta conveniente ofrecer una

² El primer paso para generar la idea del hipertexto lo dio, hace más de cincuenta años, Vannevar Bush con el dispositivo Memex (*MEMory EXtender*) y la publicación del artículo “*As we may think?*” (Bush, 1945). En 1965 Theodore H. Nelson acuñó el término definiéndolo como “texto estructurado que no puede ser impreso convenientemente” (Nelson, 1972).

visión general de los SHA. En consecuencia, el capítulo explica su naturaleza, características, áreas de aplicación, elementos que los componen, métodos y técnicas que emplean, taxonomía, y ventajas y desventajas. Tras ello, analiza diferentes SHAE y expone los elementos que emplean para realizar la adaptación, sus principales características, y sus técnicas de adaptación. Además, sintetiza la evolución en el desarrollo de este tipo de sistemas, presenta sus puntos débiles, y elabora consideraciones sobre su diseño. Finaliza con una serie de conclusiones y puntos de reflexión alrededor de este tema.

2.2. SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS

2.2.1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS

El objetivo de un SHA es que el sistema se adecue a las características del usuario y no al contrario, como sucede en los hipermedia “clásicos”, que muestran los mismos contenidos y enlaces a todos los usuarios (De Bra, Brusilovsky y Houben, 1999a). Para conseguirlo construyen un modelo que representa las metas, preferencias, características y conocimientos de cada usuario que emplean para realizar la adaptación, y modifican según la interacción de éste con el sistema. De esta manera estos sistemas son capaces de adecuar tanto el contenido como los enlaces a las necesidades específicas de cada usuario; Brusilovsky (1996) llama presentación adaptativa a lo primero y soporte a la navegación adaptativa a lo segundo.

La presentación adaptativa agrega explicaciones a los temas que son prerequisites, proporciona comparaciones con otros temas descritos en páginas que no se han visto con anterioridad, y/o facilita información adicional a usuarios avanzados. En otros casos, cambia el formato y estilos de presentación, selecciona diferentes medios (texto, imágenes, audio, vídeo, etc.), o altera la cantidad de información mostrada. El soporte a la navegación adaptativa, a su vez, agrega, cambia, elimina, ordena o anota enlaces, y/o los destinos a los que están dirigidos.

Es importante tener en cuenta que la diferencia crucial entre un SHA y un sistema adaptable es que éste último ofrece al usuario la posibilidad de personalizar el sistema

modificando el color, tipo de letra, tamaño de letra, etc., o eligiendo diferentes interfaces de acuerdo con su nivel (por ejemplo, experto, principiante, etc.), mientras que un SHA emplea un modelo del usuario para proveer adaptación automática (De Bra *et al.*, 1999a).

2.2.2. ANTECEDENTES

Las investigaciones en el campo de los SHA comenzaron en los primeros años de la década de los noventa con desarrollos en el área de los sistemas de información en línea –e.g. HYPERFLEX (Kaplan, Fenwick y Chen, 1993)–, y en los sistemas tutores inteligentes –e.g. ITEM/PG (Brusilovsky, Pesin y Zyryanov, 1993)–. Pero no es hasta 1995 cuando, gracias al uso generalizado de la Web, se expande el desarrollo de este tipo de sistemas. A partir de entonces, se consolidan, acumulan y diseminan experiencias, y se realizan investigaciones prácticas sobre el tema (Brusilovsky, 2001). Ejemplos de sistemas pioneros en esta etapa son WebWatcher (Armstrong, Freitag, Joachims y Mitchell, 1995) en los sistemas de recuperación de información, ELM-ART (Brusilovsky *et al.*, 1996a) en el área educativa, y PUSH (Höök, Karlgren, Wærn, Dahlbäck, Jansson, Karlgren *et al.*, 1996) en los sistemas de información en línea.

El creciente interés en el tema propició que, desde el año 2000, se lleve a cabo bienalmente la *International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, (AH)³, y se realicen, también, talleres de trabajo en conjunto con congresos como el *User Modeling International Conference* o la *World Wide Web Conference*.

En estas conferencias y talleres se destacan los diversos avances y evolución en el campo de la hipermedia adaptativa, las diferentes áreas en que se innova mediante su aplicación, la necesidad de llevarla a un número mayor de usuarios potenciales, y las dificultades que plantea para su adopción y evaluación.

³ Hasta ahora se han celebrado cuatro ediciones. La primera se llevó a cabo en el Instituto de Cultura de Trento (<http://ah2000.itc.it>), la segunda en la Universidad de Málaga (<http://polux.lcc.uma.es/AH2002/index.html>), y la tercera en la Universidad de Eindhoven (<http://www.ah2004.org>). La próxima cita es en el Colegio Nacional de Irlanda (<http://www.ah2006.org>).

2.2.3. ÁREAS DE APLICACIÓN

Antes de la propagación de la Web, las áreas de aplicación de los SHA eran la hipermedia educativa, los sistemas de información en línea, de recuperación de información, de ayuda en línea y para el manejo de vistas de información personalizadas, además del hipermedia institucional. En el conjunto de estas áreas de aplicación, la hipermedia educativa y los sistemas de información abarcaban las dos terceras partes de la investigación (Brusilovsky, 1996).

En la actualidad, estas áreas siguen predominando. Desde el año 2001 el área de recuperación de información –que abarca los sistemas para el manejo de vistas personalizadas– toma auge gracias al interés de la comunidad Web en el tema. No obstante, poco se ha desarrollado en el campo de los sistemas de ayuda en línea o en los hipermedia institucionales.

A continuación se detallan las principales áreas de aplicación de los SHA (Brusilovsky, 1996) (Brusilovsky, 2001):

- ❖ **Hipermedia educativa.** Esta área, la más popular, es producto del encuentro y evolución de los SHA y los sistemas tutores inteligentes. Busca que el estudiante comprenda el material de aprendizaje en un tiempo determinado, para ello considera su conocimiento y comprueba su nivel de destreza en el tema de estudio. Sistemas pioneros dentro de esta categoría incluyen: C-Book (Kay y Kummerfeld, 1994), ELM-ART (Brusilovsky *et al.*, 1996a), InterBook (Brusilovsky, Weber y Schwarz, 1996b), AST (Specht, Weber, Heitmeyer y Schöch, 1997), Multifunctional Books (Calvi y De Bra, 1997), y 2L670 (De Bra y Calvi, 1998a). Entre los ejemplos más recientes destacan: AHA! (De Bra y Calvi, 1998b), KBS-Hyperbook (Henze *et al.*, 1999), TANGOW (Carro *et al.*, 1999), MetaLinks (Murray, Shen, Piemonte, Condit y Thibedeau, 2000b), ALE (Specht *et al.*, 2002), e INSPIRE (Papanikolaoua *et al.*, 2003). Algunos de estos sistemas se recapitulan en el apartado 2.3 y se explican en el Apéndice A.
- ❖ **Sistemas de información en línea.** Su objetivo es facilitar a los usuarios, con diferentes niveles de conocimiento sobre el tema, referencias de información para ayudarlos a navegar y encontrar piezas relevantes de información. Esta clasificación

abarca un amplio abanico de aplicaciones, como las enciclopedias electrónicas, los sistemas de documentación en línea, los kioscos de información, los museos virtuales, las guías portátiles, y los sistemas de comercio electrónico. Un ejemplo de esta categoría es el sistema LISTEN (Zimmermann, Lorenz y Specht, 2003) que, utilizando como interfaz las guías auriculares de un museo, tienen en cuenta la posición del visitante, el tiempo y el objeto que observa para adaptar la información que escucha considerando sus preferencias, intereses y movimientos. Otro ejemplo es CiteSeer (<http://citeseer.nj.nec.com/cs>) (Ballacker, Lawrence y Giles, 2000) que genera automáticamente referencias a literatura científica que encuentra en la Web y utiliza un sistema de recomendaciones para adaptarse a los intereses del usuario.

❖ **Recuperación de información hipermedial.** Presenta al usuario enlaces que responden a consultas de información sobre un conjunto específico de documentos hipermedia o de la Web, para lo cual calcula automáticamente enlaces, los propone al sujeto y los anota para señalar los más relevantes. Esta área de aplicación se divide en cuatro apartados:

- **Sistemas orientados a la búsqueda.** Crean listas de enlaces a documentos cuyo contenido satisface criterios de búsqueda, teniendo en cuenta no sólo las palabras, sino también los intereses a corto y largo plazo de cada usuario, y el dominio de información. Se subdividen en sistemas clásicos de recuperación de información y filtros de búsqueda. Los primeros trabajan con corpus cerrados de información, mientras que los segundos lo hacen con corpus abiertos como, por ejemplo, la Web. Entre los ejemplos de este tipo de sistemas se encuentra Syskill & Webert (Pazzani, Muramatsu y Billsus, 1996), un agente inteligente que valora páginas web en función del interés que pueden tener para el sujeto. Éste evalúa las páginas presentadas y con esa información el sistema construye el modelo del usuario.
- **Sistemas orientados a la navegación.** Sugieren al usuario enlaces que le pueden resultar interesantes de explorar. Para ello toman en cuenta la información proporcionada por éste (la evaluación de páginas presentadas anteriormente, intereses, características, etc.) y la utilizan para manipular los enlaces presentados anotándolos, agregándoles claves visuales, o generando

listas de los más destacados. Un ejemplo de este tipo de sistemas es Personal WebWatcher (Mladenic, 2001) que observa las páginas web que ha consultado el usuario con el objetivo de proporcionarle enlaces anotados en los que puede estar interesado. Otro ejemplo es Letizia (Lieberman, 1995), un agente que ayuda al usuario a navegar en la Web llevando registro del comportamiento del sujeto (qué enlaces sigue, qué consultas realiza, si pide ayuda, etc.) e intentando anticipar ítems que sean de su interés. Este agente trabaja para un solo individuo, mientras que Let's Browse (Lieberman, van Dyke y Vivacqua, 1999) lo hace para la navegación colaborativa.

- **Sistemas para el manejo de vistas personalizadas.** Organizan la información encontrada de acuerdo a ciertas características, parámetros, objetivos o intereses. El ejemplo más común de este tipo de sistemas son los manejadores de marcadores (*bookmarks*), como PowerBookmarks (Li, Vu, Agrawal, Hara y Takano, 1999) que ayuda en la administración de marcadores utilizando los metadatos de los URL que ha seleccionado el usuario para indexarlos y clasificarlos. Además, emplea patrones de acceso para generar automáticamente marcadores y detectar enlaces rotos.
- **Servicios de información.** Recolectan en un período largo de tiempo documentos similares de un corpus abierto de documentos. Trabajan en comunidades de usuarios, lo que les da la oportunidad de aprender de éstos y del conjunto de documentos. Para ello proveen diferentes tipos de ayuda utilizando tecnologías basadas en la selección y en el contenido. Un ejemplo de esta última tecnología es el sistema AIS (*Adaptive Information Server*) (Billsus, Pazzani y Chen, 2000) que considera el patrón de acceso a las noticias de cada sujeto para proporcionarle las más interesantes.

Por su parte, Koch (2000) propone una clasificación de los SHA que, al igual que la de Brusilovsky, incluye los sistemas hipermedia instruccionales, los motores de búsqueda, y los sistemas de información en línea, pero agrega los sistemas de ayuda en línea y los asistentes personales. Los primeros auxilian al usuario cuando tiene algún problema o duda con una aplicación o sistema informático y, por tanto, siempre están vinculados a

otras herramientas o aplicaciones –un ejemplo conocido de este tipo de sistemas es el asistente de Microsoft Word®–. Los asistentes personales gestionan de manera individualizada un gran volumen de información cambiante, ayudando al sujeto a identificar información útil.

2.2.4. COMPONENTES

Un SHA contiene principalmente tres componentes: el dominio del conocimiento, el modelo del usuario, y el modelo de adaptación. La Figura 3 muestra un esquema general de cómo interactúan.

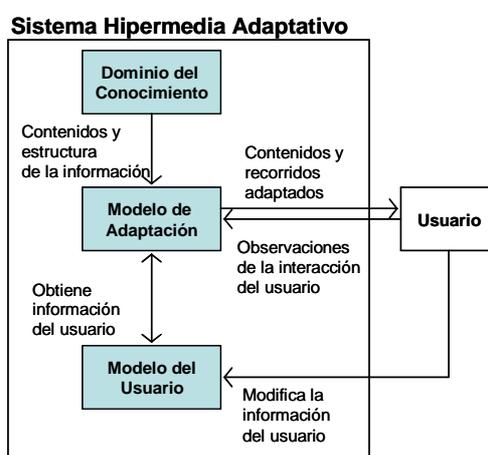


Figura 3. Diagrama de los componentes de un SHA

El modelo del dominio almacena y estructura, en forma de páginas o nodos de información, el conocimiento o tema de estudio del sistema. El modelo del usuario contiene información del usuario como sus características, intereses, objetivos, o datos sobre las interacciones que realiza con el sistema. El modelo de adaptación, por su parte, considera el modelo de usuario para adecuar los contenidos y recorridos en concordancia y lo modifica cuando el sujeto interactúa con el sistema.

Para modelar este tipo de sistemas las propuestas más populares son el modelo AHAM (*Adaptive Hypermedia Application Model*) (De Bra, Houben y Wu, 1999b) (Wu, 2002) –basado en el modelo Dexter (Halasz y Schwartz, 1990)–, y el modelo de referencia

Munich (Koch, 2000). Ambos enfoques argumentan que es importante que exista una clara separación entre los tres componentes que integran los SHA.

Siguiendo la misma línea, Henze y Nejdí (2003) definen un SHA como un cuádruplo que, además de los componentes anteriores, agrega uno nuevo (etiquetado como *Observaciones*) relacionado con la información obtenida de la interacción del usuario con el sistema. En consecuencia, dicho cuádruplo está compuesto por:

(DOCS, UM, OBS, AC)

En donde:

- DOCS = Documentos (o dominio del conocimiento).
- UM = Modelo del usuario.
- OBS = Observaciones (de la interacción del usuario con el sistema).
- AC = Componente de adaptación (o modelo de adaptación).

A continuación se explican con más detalle estos componentes.

2.2.4.1. MODELO DEL DOMINIO

El objetivo de este modelo es estructurar el conocimiento o información que contiene el sistema. Contiene el conjunto de conceptos o documentos y la información asociada a ellos, que almacena el sistema hipermedia. Esto incluye anotaciones (e.g. metadatos), gráficas del dominio que modelan la estructura de los documentos (e.g. estructura del documento, relaciones jerárquicas, etc.), o gráficas de conocimiento que lo describen en colecciones de documentos (e.g. ontologías del dominio).

Para estructurar el conocimiento normalmente se utilizan estructuras hipermediales que permiten definir nodos (o documentos), relaciones entre ellos y, en algunos casos, sus atributos. La Figura 4 muestra diferentes definiciones de estas estructuras (Carro, 2001).

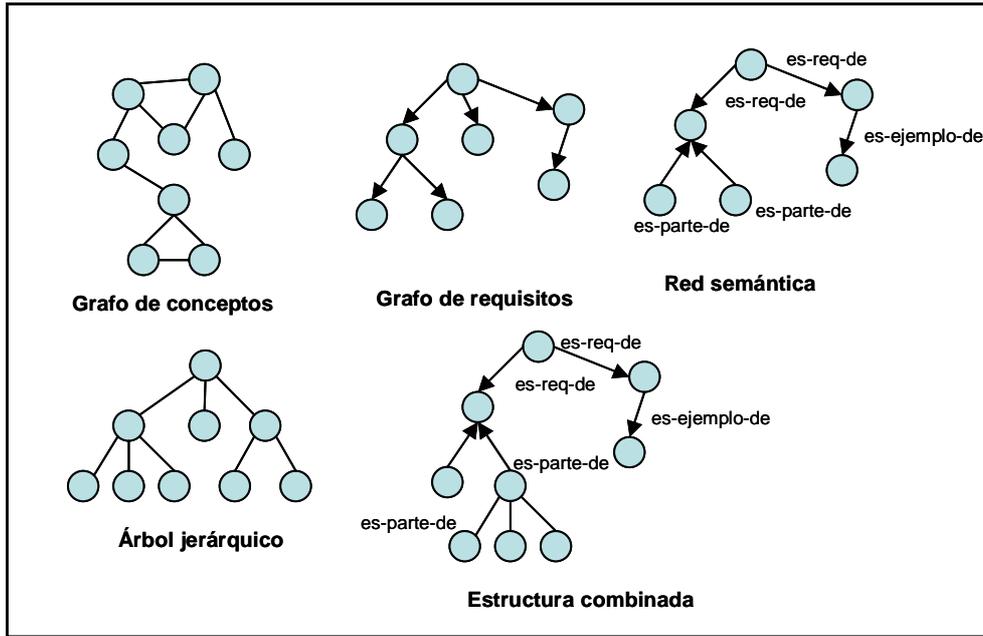


Figura 4. Estructura del dominio del conocimiento

El grafo de conceptos almacena la información por conceptos, las relaciones de éstos con otros conceptos, y sus atributos. Los conceptos pueden ser del tipo atómico, compuesto o de relación. Los primeros representan unidades mínimas de información, por tanto, siempre pertenecen a un concepto compuesto. Los segundos constituyen una secuencia de sub-conceptos y las funciones de construcción que especifican la forma en que éstos se agrupan. Los elementos que dependen de los sub-conceptos (los conceptos “hijos”) son o todos compuestos atómicos o todos conceptos compuestos. Un concepto compuesto que contiene sólo conceptos atómicos se suele llamar *página*, mientras que las partes de una página se llaman *fragmentos*.

Los conceptos relación son objetos que conectan uno o más conceptos mediante pares de valores de atributos. Pueden ser, por ejemplo, del tipo prerrequisito, en cuyo caso se hablaría de una estructura grafo de requisitos.

Por su parte, la red semántica también utiliza el mismo concepto que el grafo de conceptos, sin embargo considera el tipo de relación entre los nodos (es-similar, es-opuesto, es-parte-de, es-requisito-previo-de, etc.).

El árbol jerárquico, una variante de la red semántica, utiliza una red de nodos unidos entre si por el tipo de relación “es-parte-de”. Finalmente, la estructura combinada integra una o varias de las estructuras descritas.

2.2.4.2. MODELO DEL USUARIO Y OBSERVACIONES

La finalidad del modelo del usuario es representar y almacenar información sobre cada usuario que, posteriormente, se utiliza para realizar la adaptación. El tipo de información del usuario que almacena depende de la naturaleza del SHA. Comúnmente se consideran sus preferencias, conocimientos, intereses, recorridos o interacciones.

Este modelo se modifica considerando el componente *Observaciones* (OBS) que registra y monitorea el comportamiento del usuario con el SHA como documentos visitados, documentos visitados en un periodo de tiempo, exámenes o pruebas (Henze, 2003).

Para Gaudioso (2002) los modelos del usuario se clasifican según la manera en que modelan al usuario (si utilizan estereotipos o modelos más individualizados), las fuentes de información que consideran para realizar el modelado –si consideran información explícita por parte del usuario mediante formularios o pruebas de entrada, o información de la interacción del usuario obtenida por el sistema–, si el modelo contiene información muy específica que caduca en un plazo de tiempo o información general que sirve a largo plazo, o si la actualización del modelo se realiza de forma estática o dinámica.

La representación del conocimiento que el modelo de usuario almacena y estructura puede realizarse de diferentes maneras, entre las que se encuentran (Holt, Dubs, Jones y Greer, 1994):

- ❖ Modelo en capas (*Overlay model*). Trata el conocimiento del sujeto como un subconjunto del conocimiento de un experto sobre el tema. Para ello representa como una “capa” –que “cubre” el dominio del conocimiento– un valor estimado del nivel de conocimiento de cada individuo sobre cada concepto. Estos valores pueden representarse binaria, cualitativa o cuantitativamente (Brusilovsky, 1996).
- ❖ Modelo diferencial. Divide el conocimiento en el material que el usuario debería conocer y en el que no se esperaría que conociera.

- ❖ Modelo de perturbación. Presupone que el sujeto tiene conocimiento en cantidad y calidad diferente al de un experto.
- ❖ Otros. Entre los que se encuentran el modelo histórico, que registra el comportamiento del usuario dentro del sistema, y el modelo de estado vs. proceso que simula los pasos que sigue el usuario para seleccionar qué material consultar.

2.2.4.3. MODELO DE ADAPTACIÓN

El modelo de adaptación contiene la lógica y variables que se tomarán en cuenta para realizar la adaptación y las actualizaciones al modelo del usuario. Esto incluye las reglas de adaptación (e.g. sugerir un documento, generar caminos, etc.) y/o el tratamiento adaptativo que se llevará a cabo (e.g. enlaces ordenados o anotación de documentos considerando su utilidad para un usuario en particular).

Wu, De Bra, Aerts y Houben (2000), Henze y Nejdil (2003) y Van Rosmalen y Boticario (2005) coinciden en dividir el tratamiento y ejecución de las reglas de adaptación en dos niveles. En el primer nivel, de autor o de la etapa de diseño, se describe la funcionalidad adaptativa de las reglas y se crean las estructuras del dominio del conocimiento. En el segundo, el nivel sistema o de la etapa de ejecución, el mecanismo de adaptación se encarga de realizar las reglas definidas en el nivel de autor (por ejemplo, ordenar los enlaces según su utilidad para un usuario en particular, establecer anotaciones en los documentos, etc.). Además, en este nivel el sistema se encarga de observar el comportamiento del usuario –utilizando, en algunos casos, técnicas de inteligencia artificial como la minería de datos o *learning machine*– para almacenar en el modelo del usuario datos inferidos u observados que se tendrán en cuenta para realizar la adaptación.

2.2.5. ELEMENTOS QUE SE CONSIDERAN PARA REALIZAR LA ADAPTACIÓN

Dependiendo de la naturaleza del SHA, el modelo de adaptación y de usuario consideran diferentes elementos para realizar la adaptación. Brusilovsky (1996) establece que los cinco elementos que normalmente se utilizan para ello son el conocimiento, los

objetivos, las características del usuario, su experiencia en la navegación, y sus preferencias.

El conocimiento es el elemento más utilizado. Cuando un SHA lo emplea es necesario que reconozca los cambios que se producen en el conocimiento del usuario y actualice la información que tiene almacenada sobre éste. Para lograrlo, normalmente, se configura un modelo que contiene la estructura del tema representada como una red de conceptos y relaciones, y se utiliza un modelo del usuario en capas en el cual para cada concepto se almacena una estimación del nivel del conocimiento del usuario. Con base en ello, el sistema ejecuta la adaptación.

La adaptación a los objetivos se relaciona con la información que busca el usuario en la estructura hipermedial, y no con el usuario como individuo. Dependiendo del tipo de SHA los objetivos del usuario son diferentes. Por ejemplo, un usuario de un hipermedia educativo puede necesitar encontrar material complementario al tema de estudio, pero un usuario que utiliza un sistema hipermedia para recuperar información puede requerir encontrar enlaces relevantes sobre un producto.

La adaptación a las características del usuario se refiere a toda aquella información relacionada con la experiencia del usuario fuera del tema del SHA, como profesión, experiencia, punto de vista, perspectivas, etc. La adaptación a la experiencia del usuario en la navegación se enfoca en determinar qué tan familiar le resulta la estructura y la exploración, mientras que la adaptación a las preferencias de usuario se refiere a los enlaces por los que opta por encima de otros.

Por su parte Kobsa, Koenemann y Pohl (2001) mencionan que la personalización es una tarea intensiva de cómputo y almacenamiento de datos. En su opinión los elementos adaptables de un SHA son los datos del usuario, los datos de uso y del medio.

Dentro de los datos de usuario se encuentran las características demográficas del individuo, como los datos personales o geográficos, el grado de conocimiento de un usuario sobre los conceptos y relaciones del tema que se está tratando, sus habilidades y destrezas para realizar acciones, sus preferencias, intereses, metas y planes.

Los datos de uso están relacionados con la interacción que realiza el usuario con el sistema (i.e. el componente *Observaciones*). Este tipo de información incluye, por ejemplo,

las acciones que el usuario realiza o su opinión sobre ciertos elementos, la regularidad con la que el usuario interactúa con el sistema o la frecuencia y secuencia de las acciones.

Los datos del medio se refieren a información que no tiene que ver con el usuario en sí, sino con su ubicación en el momento de la interacción, o el software (versión del navegador, por ejemplo) y el hardware (ancho de banda, velocidad de procesamiento, etc.) que utiliza.

La Tabla 1 muestra una comparación entre los elementos adaptables que proponen Brusilovsky (1996) y Kobsa *et al.* (2001). Aunque no es posible equiparar las propuestas linealmente, existen elementos comunes.

Tabla 1. Elementos que se consideran para realizar la adaptación

Brusilovsky (1996)	Kobsa <i>et al.</i> (2001)
<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos. • Objetivos que se persiguen. • Características relacionadas con la experiencia del usuario en otros campos de estudio (profesión, experiencia, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos del usuario: características demográficas, grado de conocimiento sobre el tema, habilidades, preferencias, metas, etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en la navegación. • Preferencias del usuario: qué enlaces prefiere por encima de otros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de uso: cómo se realiza la interacción con el SHA (acciones que se realizan, opiniones sobre el sistema, frecuencia de acciones, etc.).
	<ul style="list-style-type: none"> • Datos del medio: información del entorno técnico del usuario que afecta el funcionamiento del SHA.

2.2.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ADAPTACIÓN

Conceptualmente, el comportamiento adaptativo se define mediante métodos y técnicas. Los primeros representan generalizaciones de una o varias técnicas de adaptación. Éstas, a su vez, ejecutan procedimientos para lograr que un SHA se adapte; se caracterizan por representar específicamente el conocimiento y por tener un algoritmo concreto de adaptación. Por tanto, una técnica puede emplearse para implementar diferentes métodos, sirviéndose de la misma representación del conocimiento (Brusilovsky, 1996).

A continuación se explican los métodos y técnicas relativos a la presentación adaptativa y al soporte a la navegación adaptativa. La Tabla 2 y la Tabla 3 muestran, para cada caso, qué técnicas se pueden utilizar con qué métodos, y viceversa.

2.2.6.1. PRESENTACIÓN ADAPTATIVA

2.2.6.1.1. Métodos

Como se mencionó anteriormente, la presentación adaptativa muestra prerequisites, explicaciones comparativas o adicionales, alternativas de explicación (i.e. presentar información de diferentes maneras), e información ordenada según las características del usuario. Para cubrir estos objetivos, se divide en los siguientes métodos:

- a) Explicaciones adicionales. Ocultar partes de información irrelevantes para el usuario considerando su nivel de conocimiento.
- b) Explicaciones de prerequisites. Insertar definiciones de los conceptos presentes en los prerequisites que son desconocidos por el usuario, y mostrarlos antes de presentar una explicación.
- c) Explicaciones comparativas. Mostrar semejanzas y diferencias entre conceptos cuando un concepto similar al presentado se conoce.
- d) Explicaciones de variantes. Almacenar diferentes versiones de algunas partes del contenido de la página para mostrar a cada sujeto la más apropiada según su modelo del usuario.
- e) Ordenación. Colocar descendientemente, según su grado de relevancia, la información más adecuada para los conocimientos y características del usuario.

2.2.6.1.2. Técnicas

Las técnicas de presentación adaptativa manipulan el contenido para adecuarlo a las características del usuario. La mayoría de ellas se usan para ajustar el texto, pero también se pueden emplear en contenidos multimedia (Koch, 2000). Se dividen en:

- a) Texto expansible. Cuando el usuario selecciona una palabra marcada (*hot word*) se muestra texto adicional.

- b) Texto condicional. Toda la información sobre un concepto se divide en partes que están asociadas a una condición relacionada con el nivel de conocimiento del usuario. Cuando la condición es verdadera el sistema muestra el texto correspondiente.
- c) Variantes de páginas o fragmentos. Existen diferentes versiones de la misma página o fragmento que explican los conceptos que contiene una página; el usuario obtiene aquellos que se ajustan mejor al conocimiento que posee sobre cada concepto.
- d) Técnica basada en marcos. La información sobre cada concepto se presenta utilizando marcos que contienen varias explicaciones, ejemplos, referencias, etc. Para determinar qué marco es más apropiado presentar al usuario se ejecutan reglas que consideran sus características.

Tabla 2. Métodos y técnicas de la presentación adaptativa

<i>Método</i>	Texto expansible	Texto condicional	Variantes de páginas o fragmentos	Técnica basada en marcos
Explicaciones adicionales	X	X		X
Explicaciones de prerrequisitos	X	X		X
Explicaciones comparativas	X	X		X
Explicaciones de variantes		X	X	X
Ordenación				X

2.2.6.2. SOPORTE A LA NAVEGACIÓN ADAPTATIVA

2.2.6.2.1. Métodos

Los métodos de soporte a la navegación adaptativa se encargan de ayudar a los sujetos cuando navegan, guiándolos, orientándolos o facilitándoles la posibilidad de crear vistas personalizadas según sus intereses. Se dividen en:

- a) Guía global. Asistir a los usuarios cuando tienen un objetivo de información que se encuentra en uno o varios nodos de la Web y necesitan navegar para encontrar información.

- b) Guía local. Sugerir los enlaces más relevantes a seguir desde el nodo actual.
- c) Orientación global. Mostrar al usuario su localización en la estructura hipermedial y su posición absoluta en él.
- d) Orientación local. Indicar al usuario qué está alrededor y cuál es su posición relativa en la estructura hipermedial, y ayudarlo a entender cuáles son los enlaces próximos para que decida correctamente qué camino seguir.
- e) Gestión de vistas personalizadas. Organizar un espacio de trabajo electrónico para los usuarios que necesitan acceso a una parte más pequeña de la estructura hipermedial.

2.2.6.2.2. Técnicas

Las técnicas para implementar los métodos del soporte a la navegación adaptativa presentan información relevante y apropiada para cada sujeto manipulando los enlaces que contienen las páginas. Existen diferentes maneras para ello. Los propuestos por Brusilovsky (1996) (2001) y Koch (2000) son:

- a) Guía directa. A partir de las características y objetivos del usuario el sistema decide cuál es el mejor enlace que éste puede seguir y lo presenta como única opción de navegación en forma de enlace o botón. Al ser la tecnología más simple restringe por completo la navegación libre, y es incapaz de orientar a aquellos que no siguen los enlaces propuestos.
- b) Ordenación adaptativa de enlaces. Considerando el modelo del usuario y alguna característica de valor, ordena los enlaces que contiene una página según la relevancia que tienen para el usuario. El inconveniente de esta tecnología es que puede desorientar al usuario ya que, debido a las características adaptativas del sistema, cada vez que entre a una misma página los enlaces que contiene podrían aparecer ordenados de diferente manera.
- c) Ocultamiento adaptativo de enlaces. Esconde, deshabilita o elimina los enlaces que no son relevantes para el usuario (e.g. no son significativos para los objetivos del sujeto, presentan información que no está preparado para comprender, etc.). La diferencia entre esconder, deshabilitar o eliminar un enlace consiste en que en el primer caso se mantiene el texto del enlace, en el segundo se elimina su funcionalidad pero se presenta como tal (Carro, 2001), y en el tercero se remueve para que no esté disponible y se le reemplaza, por ejemplo, por texto (Koch, 2000).

- d) Anotación adaptativa de enlaces. Marca o señala los enlaces para darle al usuario claves sobre su contenido, estado actual o relevancia. Estas claves pueden mostrarse en forma de texto, iconos, colores, viñetas, etc. Este tipo de adaptación puede ser dinámica, es decir, tomar en cuenta el estado del modelo del usuario, o ser independiente del usuario y, por tanto, estática. Algunos ejemplos de esta técnica son la anotación adaptativa booleana (visitado/no visitado; recomendado/no recomendado) o la metáfora del semáforo en donde cada color (rojo, amarillo, verde) representa el grado de conveniencia o pertinencia que tiene el enlace para el usuario.
- e) Generación adaptativa de enlaces. Esta tecnología de adaptación de alto nivel, incluye tres casos: descubrir nuevos enlaces útiles entre documentos y agregarlos al conjunto de enlaces existente, generar enlaces basados en la similitud entre elementos, y recomendar enlaces relevantes.
- f) Mapas adaptativos. La estructura de mapas hipermediales (i.e. estructuras gráficas de navegación) se modifica según el modelo del usuario.
- g) Navegación pasiva. Para ofrecer ayuda al usuario, se agregan enlaces no-explicitos (sin texto de enlace) cuando se detecta un patrón de conducta. Por ejemplo, si el usuario permanece inactivo durante un periodo de tiempo, o navega para adelante y para atrás repetidas veces (Koch, 2000).

Tabla 3. Métodos y técnicas del soporte a la navegación adaptativa

<i>Método</i>	<i>Técnica</i>						
	Guía directa	Ordenación	Ocultamiento	Anotación	Generación	Mapas	Navegación Pasiva
Guía global	X	X			X		X
Guía local	X	X	X	X	X	X	X
Orientación global			X	X	X	X	
Orientación local		X	X	X	X	X	
Gestión de vistas personalizadas	X	X	X	X			X

2.2.7. TAXONOMÍA

Brusilovsky (2001), revisando su propia clasificación (Brusilovsky, 1996), agrupa las tecnologías hipermedia adaptativas como muestra la Figura 5.

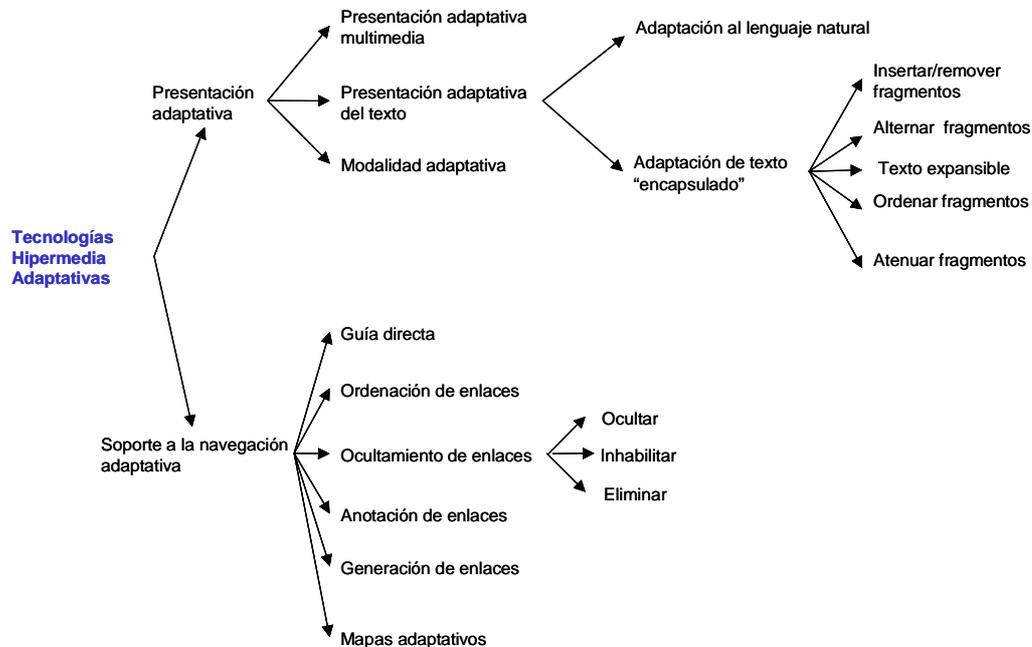


Figura 5. Taxonomía de las tecnologías hipermedia adaptativas (Brusilovsky, 2001)

Esta propuesta es ampliamente utilizada y referenciada en el campo de los SHA. Sin embargo, Bailey, Hall, Millard y Weal (2002) señalan que, desde su perspectiva, dividir la clasificación de las tecnologías de adaptación de acuerdo al contenido y a los enlaces no es del todo apropiado, ya que realmente ambos casos hablan de una secuencia de adaptación donde el contenido se adapta linealmente dentro del documento, y la navegación se adecua hiperestructuralmente entre los documentos. Además, la clasificación de adaptación al lenguaje natural no sólo se aplica en el contenido, sino también en la navegación, lo que refuerza más la idea de que el primer nivel de la taxonomía (presentación y navegación) no es adecuado.

Estos autores señalan también que todas las subcategorías de ocultamiento adaptativo de enlaces son estructuralmente equivalentes, ya que la implementación de una implica realizar las otras. Por otro lado, varias de las tecnologías de la presentación adaptativa

relacionadas con el texto se aplican a varios medios. Aunado a ello, la adaptación de la modalidad puede ser vista como una alteración de fragmentos, ya que contar con varias representaciones en diferentes medios implica seleccionar el mejor tipo de medio, lo que en realidad es un proceso de elección de fragmentos.

Igualmente, argumentan que la tecnología de adaptación de mapas es vaga y confusa, ya que desde un punto de vista estricto, adaptar un mapa requiere de técnicas adaptativas relacionadas con enlaces y alteración de fragmentos. Esta idea es equiparable a la expuesta por Koch (2000), que señala que el único rasgo diferencial de esta técnica es que se relaciona con la visualización gráfica de la estructura de navegación.

En nuestra opinión, otra observación que cabe señalar en relación a la separación de presentación adaptativa del texto y del material multimedia, es que el texto puede verse como otro elemento multimedia más, y en contraparte el material multimedia puede adaptarse mediante la inserción, alteración, u ordenación. De esto se desprende que no existe diferencia alguna entre adaptar el texto o el material multimedia, pues en realidad se trata de una adaptación de elementos u objetos de contenido.

También existen otras propuestas para clasificar las tecnologías hipermedia adaptativas, como la de Koch y Rossi (2002). Estos autores clasifican las técnicas de adaptación (que llaman personalización) separando el contenido de la presentación –no como en el caso de la taxonomía de Brusilovsky que agrupa estos dos rubros–, y considerando la personalización de enlaces. Además, la presentación del contenido, llamada personalización de la presentación, considera características adaptables (que no adaptativas). Cada categoría se define de la siguiente manera:

- ❖ Personalización del contenido. Seleccionar un tipo de información (texto, imágenes, videos, animaciones, etc.) dependiendo del modelo del usuario.
- ❖ Personalización de la presentación. Mostrar diferentes diseños de interfaz seleccionando diferentes tipos de medios, colores, tipo y tamaño de letra o tamaño de las imágenes. Entre los métodos de personalización de la presentación se encuentra el de multi-lenguajes, que se relaciona con la preferencia del lenguaje de interacción que prefiere el usuario, y el método de alternativas de composición o diseño que tiene que ver con las diferentes formas de presentar la información (por ejemplo, los colores, tamaños, tipos de letra, etc.). Por su parte, las técnicas de la personalización del

contenido, exceptuando la de texto extendido, son las mismas que la de la presentación adaptativa, aunque existe una técnica adicional llamada guía de estilos (*styleguiding*) que consiste en definir plantillas de presentación para utilizarlas con la técnica de alternativas de composición (Koch, 2000).

- ❖ Personalización de enlaces. Modificar la apariencia, la cantidad o el orden en que se presentan los anclajes (*anchors*), o el objetivo al que apunta el enlace. Nótese que en esta clasificación se hace una distinción entre enlace y anclaje, cuando usualmente ambos conceptos se manejan como adaptación de enlaces.

Otra propuesta, enfocada exclusivamente a los espacios de aprendizaje adaptativos, es la de Paramythis y Loidl-Reisinger (2004) que establecen un esquema de categorización enfocado a la función que realiza la adaptación. Esta clasificación considera la adaptación de los cursos y, como la propuesta de Koch y Rossi, cuestiones adaptables que no varían los contenidos (e.g. modificación de los tipos y tamaño de letra). Además incluye tecnologías adaptativas que se han desarrollado en los últimos años para efectuar búsquedas y encontrar materiales de aprendizaje ubicados en repositorios distribuidos, así como para crear espacios de colaboración adaptativos que facilitan la interacción y la comunicación entre diferentes personas y, potencialmente, fomenten la colaboración hacia objetivos comunes.

2.2.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ante el conjunto de características, posibilidades y áreas de aplicación que poseen los SHA, resulta fundamental conocer sus ventajas y desventajas.

La ventaja más destacada de estos sistemas es –según lo señalado anteriormente– su capacidad para comportarse de diferentes maneras de acuerdo con el usuario, para proveerle así de un espacio de interacción acorde con sus características. De esta manera, para cada usuario los contenidos y alternativas de navegación serán relevantes y comprensibles, y mostrarán recorridos significativos e información “lista” para consultarse (i.e. el sujeto cuenta con los conocimientos necesarios para comprenderla y el

estilo de presentación o formato son adecuados para él). Además, esto permitirá a los usuarios cierta libertad en el orden en que desean explorar la información.

En contraposición, la naturaleza y objetivo de estos sistemas conlleva dificultades que conviene no perder de vista durante su diseño.

Aunque el modelo del usuario es capaz de evolucionar (gracias a la interacción del usuario con el sistema, éste “aprende” del usuario) y asegurar que el sistema se comporte de acuerdo a las características del sujeto, éstas pueden variar con el tiempo, por lo cual es posible que el SHA presente los contenidos y enlaces de manera diferente en otras sesiones. Esto debe tenerse en cuenta para diseñar interfaces que minimicen la posible confusión o desorientación del usuario.

Otra desventaja es que la creación de contenidos en este tipo de sistemas demanda al autor definir diferentes versiones de páginas o nodos de información, estructurar el conocimiento adecuadamente, y determinar qué versión conviene a cada usuario (De Bra, 2000). Esto lo convierte en un proceso complicado, susceptible de errores, que requiere tiempo e implica altos costos.

Por último, la definición y verificación de los mecanismos de adaptación y observación que utiliza el modelo del usuario es un proceso complicado. Mientras que en muchos casos se utiliza simplemente una tabla para registrar la interacción del usuario, en otros se emplean técnicas de inteligencia artificial que requieren un alto grado de especialización por parte de los desarrolladores y mucho tiempo para comprobar su precisión.

Una vez detallados los atributos más significativos de los SHA, el resto de este capítulo se enfoca en mostrar las características y limitaciones de una de las áreas más populares de aplicación de los SHA, la hipermedia educativa.

2.3. SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS EN EL ÁMBITO DE LA EDUCACIÓN

Gracias a que la hipermedia estructura asociativamente piezas de información dispares – lo que simula, en cierta medida, el proceso de relación y conexión que efectúa la mente humana–, los sistemas que la utilizan pueden considerarse una alternativa eficaz para reforzar y soportar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y así intentar concordar la estructura del conocimiento que se desea transmitir con la manera en que los alumnos asocian y relacionan los conceptos o, mejor aún, fomentar que construyan su conocimiento a través de enlaces hipermediales.

Lo anterior, aunado a las características y posibilidades de la hipermedia adaptativa, permite configurar entornos educativos que presentan contenidos y recorridos adecuados a las aptitudes, intereses y preferencias de los alumnos.

El resto de esta sección presenta una recapitulación de diferentes SHAE, señalando sus características y diferencias. Sobre esta base plantea posteriormente su evolución y puntualiza sus puntos débiles.

2.3.1. RECAPITULACIÓN

La explicación de las características más destacadas de algunos SHAE desarrollados hasta el momento se incluye en el Apéndice A de esta tesis. Dicha recopilación detalla sus componentes, técnicas de adaptación y, en los casos en que aplica, los procesos y herramientas con que cuentan para crear contenidos y reglas de adaptación.

La Tabla 4 y la Tabla 5 sintetizan dichos ejemplos y los presentan cronológicamente de acuerdo con su fecha de creación. La Tabla 4 indica el dominio del conocimiento al que están dirigidos y los elementos que consideran para realizar la adaptación. La Tabla 5 resume el tipo de aprendizaje, estrategia pedagógica o enfoque didáctico que siguen, la manera en que estructuran el conocimiento, así como las particularidades de su modelo del usuario.

Tabla 4. SHAE: Elementos que consideran para realizar la adaptación

SHAE	Dominio	Elementos que consideran para realizar la adaptación
C-Book (Kay y Kummerfeld, 1994)	Ciencias computacionales. Programación en C.	Conocimientos previos del alumno sobre otros lenguajes de programación. Preferencia del alumno en la presentación de contenidos.
ELM-ART II (Brusilovsky <i>et al.</i> , 1996a)	Ciencias computacionales. Programación en LISP.	Conocimiento del estudiante. Estado del aprendizaje.
InterBook (Brusilovsky <i>et al.</i> , 1996b)	Independiente del dominio. Autoría de contenidos adaptativos.	Prerrequisitos. Conocimiento del estudiante. Estado del aprendizaje.
AST (Specht <i>et al.</i> , 1997)	Estadística.	Conocimiento del estudiante. Material consultado por el alumno. Preferencias del alumno (objetivos, estrategia de aprendizaje preferida, nivel de detalle deseado).
AHA! (De Bra y Ruiters, 2001)	Independiente del dominio. Herramientas de autor para crear aplicaciones adaptativas.	Atributos asociados con conceptos (e.g. acceso, conocimiento, intereses, visitado, estilos de aprendizaje, etc.).
KBS-Hyperbook (Henze y Nejd, 1999)	Independiente del dominio. Libros hipermedia.	Prerrequisitos. Conocimiento del estudiante. Preferencias del usuario.
TANGOW (Carro <i>et al.</i> , 1999)	Independiente del dominio. Autoría de cursos adaptativos.	Esteriotipos de estudiante (edad, lenguaje, conocimientos previos). Preferencias del estudiante en la estrategia de aprendizaje (teoría vs. práctica, nivel de detalle, etc.). Estilos de aprendizaje (utiliza el enfoque de Felder y Silverman (1988)).
MetaLinks (Murray <i>et al.</i> , 2000b)	Independiente del dominio. Autoría de contenidos didácticos.	Interacciones del estudiante con el sistema, las páginas que ha visitado y las herramientas que ha utilizado.
INSPIRE (Papanikolaou <i>et al.</i> , 2003)	Ciencias computacionales. Arquitectura computacional.	Conocimiento del estudiante (inadecuado, mediocre, competente, avanzado). Estilos de aprendizaje (utiliza el enfoque de Honey y Mumford (1992)).
ALE (Specht <i>et al.</i> , 2002)	Independiente del dominio (arquitectura y diseño). <i>Learning Management System.</i>	Conocimiento del estudiante. Preferencias del estudiante (e.g. estilo de aprendizaje, lenguaje). Estilo de aprendizaje (utiliza el enfoque de Felder y Silverman (1988)).

Tabla 5. SHAE: Principales características

SHAE	Aprendizaje	Estructura del conocimiento	Modelo del usuario
C-Book	Considera los conocimientos previos y preferencias en la presentación del contenido. El alumno define su propio conocimiento modificando el modelo del usuario.	Libro. Cada dominio del conocimiento, es un contexto estructurado según sus relaciones (vistas).	Considera los conocimientos previos del alumno y el tipo de presentación de los contenidos que prefiere. Almacena el dominio del conocimiento.
ELM-ART II	Modelo de aprendizaje episódico que representa el conocimiento procedimental. Soporte a la resolución de problemas. Ejercicios y pruebas cuyos resultados se toman en cuenta para juzgar o inferir el conocimiento del estudiante. El estudiante puede modificar su modelo del usuario.	Libro de texto electrónico y glosario.	Modelo en capas múltiple que almacena cuatro estados del conocimiento del usuario: visitado, aprendido, inferencia, y conocido.
InterBook	Modelo de aprendizaje episódico. El estudiante puede modificar su modelo del usuario.	Libro de texto electrónico y glosario. Maneja varios libros electrónicos sobre el mismo tema.	Modelo en capas que computa los estados educativos de cada concepto. Almacena las acciones que realiza el estudiante y las utiliza para aumentar o disminuir el nivel de los conceptos que se presentan.
AST	Definición de estrategias pedagógicas para cada alumno. Estrategias de diagnóstico del conocimiento mediante definición de evaluaciones.	Red formada por unidades de aprendizaje (lecciones, secciones, subsecciones, conceptos) que se asocian a conceptos y entre sí.	Modelo en capas que almacena preferencias para cada estudiante y unidades de aprendizaje realizadas. Se modifica cuando el estudiante realiza acciones, considerando el material de aprendizaje y las experiencias previas.
AHA!	Basado en la lectura de páginas y en la elaboración de pruebas.	Fragmentos, páginas y conceptos que contienen requisitos y reglas de adaptación para representar los vínculos entre éstos.	Conjunto de conceptos que contienen pares de valores de atributos. Se almacenan en una tabla que se modifica cada vez que el alumno navega por la aplicación.

SHAE	Aprendizaje	Estructura del conocimiento	Modelo del usuario
KBS-Hyperbook	Aprendizaje constructivista, mediante proyectos, trabajo en grupo, y discusiones. Ejercicios y pruebas cuyos resultados se toman en cuenta para inferir el conocimiento del estudiante.	Ítems del Conocimiento divididos en unidades de información y unidades de proyectos.	Basado en prerrequisitos. Modelo del usuario separado del dominio de la aplicación. Especifica el conocimiento del estudiante por grados.
TANGOW	Aprendizaje a través de lectura de explicaciones teóricas, observación de ejemplos, y realización individual o colaborativa de ejercicios.	Conceptos y actividades de aprendizaje definidos mediante tareas y organizados mediante reglas docentes.	Definido a través de estereotipos de usuario, cuestionario <i>Index of Learning Styles</i> (Felder y Soloman, 1999) y la interacción con el sistema. Se modifica cuando el alumno interactúa con el curso.
MetaLinks	Aprendizaje por descubrimiento, basado en encuestas y exploración de contenidos.	Nodos relacionados entre sí (de manera jerárquica o no). Párrafos de introducción.	Modelo histórico que almacena páginas visitadas y herramientas utilizadas.
INSPIRE	Busca facilitar el aprendizaje a través de un marco pedagógico basado en teorías del diseño instructivo y estilos de aprendizaje.	Estructura jerárquica que contiene objetivos de aprendizaje, conceptos, y materiales de aprendizaje.	Modelo en capas múltiple que refleja las características de los estudiantes como su conocimiento y estilo de aprendizaje.
ALE	Busca diseñar diferentes enfoques pedagógicos: aprendizaje significativo, los mapas del conocimiento, razonamiento basado en casos.	Objetos de aprendizaje de diferente nivel: unidades del curso, unidades de aprendizaje, elementos de aprendizaje y términos índice.	Modelo histórico que almacena las observaciones relacionadas con el estudiante y con el estatus de los objetos de aprendizaje.

Por su parte, la Tabla 6⁴ sintetiza las tecnologías de adaptación que utilizan los SHAE analizados. Como se observa, las técnicas más empleadas en la presentación adaptativa son la de variantes de páginas o fragmentos y la de texto condicional, mientras que, en el apartado de soporte a la navegación adaptativa, las técnicas más utilizadas son la guía directa, o secuenciación del currículum, y la anotación de enlaces.

Tabla 6. SHAE: Tecnologías de adaptación que emplean

	C-Book	ELM-ART II	InterBook	AST	AHIA!	KBS-Hyperbook	TANGOW	MetaLinks	INSPIRE	ALE
<i>Presentación Adaptativa</i>										
Texto expansible								X		
Texto condicional	X	X	X							
Variantes de páginas o fragmentos					X		X		X	
<i>Navegación Adaptativa</i>										
Guía Directa (o secuenciación del currículum)	X	X	X	X		X	X		X	X
Ordenación de enlaces		X	X							
Ocultamiento de enlaces										
Anotación de enlaces		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Generación de enlaces			X							

4 La tabla se estructura de acuerdo a las técnicas de adaptación presentadas en la sección “2.6 Métodos y técnicas de adaptación”, y resumidas en la Tabla 2 y en la Tabla 3. Incluye las técnicas que utilizan los SHAE analizados y excluye aquellas que no existan en la clasificación.

2.3.2. EVOLUCIÓN

A la vista de los sistemas reseñados en el apartado anterior, es interesante destacar la evolución de los sistemas adaptativos hipermedia aplicados al campo de la educación. El primer ejemplo, C-Book, que incorporaba ya el concepto de hipertexto aunque apareció poco antes del auge de la Web, está dedicado exclusivamente a impartir un curso específico. Además, utiliza estereotipos para modelar al estudiante, y le permite modificar su propio modelo del usuario, funcionalidad que posteriormente ha sido utilizada en otros SHAE.

ELM-ART II, dedicado también a la enseñanza de un tema de estudio específico, utiliza un modelo del estudiante más elaborado, conocido como modelo en capas múltiples. Este SHAE sirvió de base a los investigadores que lo idearon para diseñar sistemas como InterBook y AST. El primero aborda ya la creación de contenidos para SHAE, y el segundo estructura el conocimiento en tipos de unidades de aprendizaje, a la vez que las introduce junto con las estrategias de enseñanza —que incluyen reglas y evaluaciones— como ejes para realizar la adaptación.

AHA! incursiona en la definición de un modelo genérico para crear aplicaciones con características adaptativas basado en la creación de conceptos y reglas. En esta línea, KBS-Hyperbook fue precursor en considerar la vertiente pedagógica, utilizando un enfoque basado en el aprendizaje constructivista, y en la inclusión de objetivos de aprendizaje por alumno; además separa el modelo conceptual, los metadatos, las unidades de información y la estructura, lo que permite utilizarlo para diferentes dominios.

TANGOW introduce la creación de tareas y la definición de reglas docentes para generar cursos adaptativos considerando el perfil del estudiante y el tipo de interacción, además de incluir el estilo de aprendizaje como variable para realizar la adaptación. Por su parte, MetaLinks resulta un ejemplo de una arquitectura simple y funcional, que utiliza una base de datos destinada al usuario final y un modelo histórico para realizar la adaptación. Otra característica importante de este SHAE es la herramienta de autor con la que cuenta que, aunque no permite definir reglas de adaptación, está diseñada para crear contenidos de manera sencilla.

Por último, los dos ejemplos más recientes de SHAE, INSPIRE y ALE, enfatizan la importancia de la anotación estandarizada de objetos de aprendizaje, así como la necesidad de identificar los elementos de la estructura del dominio del conocimiento en diferentes niveles (conceptos, unidades del curso, unidades de aprendizaje, materiales, etc.). En el caso de INSPIRE, además, es importante destacar que incluye teorías del diseño instructivo para estructurar el conocimiento. ALE, a su vez, utiliza los metadatos de los objetos de aprendizaje para realizar la adaptación, y cuenta con una herramienta de autor avanzada que permite crear gráficamente cursos y utilizar plantillas, característica que insiste en la conveniencia de que estos sistemas evolucionen hacia una mayor facilidad de uso, como veremos enseguida.

2.3.3. PUNTOS DÉBILES

Hemos identificado como problemas esenciales de los SHAE en la actualidad la poca consideración que recibe la adaptación de la estrategia pedagógica, la definición de modelos únicos para diseñar los componentes y elementos educativos, y la incapacidad para intercambiar o reutilizar elementos educativos.

Al observar la evolución de los SHAE es posible apreciar con claridad los dos aspectos que comienzan a concentrar los esfuerzos de los investigadores. Por un lado, el desarrollo de herramientas que permitan a usuarios no especializados en la hipermedia adaptativa crear contenidos y cursos, lo que facilitará la difusión de estos sistemas. Por otro, la incorporación en el campo de los SHAE de las tendencias actuales en el desarrollo de la Web –como el empleo de metadatos estandarizados y la identificación de la estructura del dominio del conocimiento–, lo que redundará en la ampliación de sus posibilidades y su funcionalidad.

Resulta preocupante, sin embargo, lo poco que se ha considerado a los aspectos pedagógicos y didácticos al desarrollar los sistemas reseñados, y, por contra, la mucha atención que reciben las cuestiones técnicas, además de la tendencia de ver al proceso de enseñanza como una simple transferencia de conceptos. En este sentido, en la creación de SHAE resulta fundamental considerar los objetivos educativos que se pretenden alcanzar, la teoría de aprendizaje que se empleará, y el proceso mediante el cual los alumnos adquirirán el conocimiento. Estos aspectos deben analizarse y detallarse dentro

de equipos interdisciplinarios formados no sólo por informáticos (como en la mayoría de los ejemplos analizados), sino también por pedagogos y diseñadores instructivos.

Es necesario puntualizar también que, con excepción de AHA!, que recientemente se ha comenzado a utilizar como sistema de apoyo de una clase presencial, todos los desarrollos en esta área son experimentales, y existen pocos estudios –algunos ejemplos son (Specht y Kobsa, 1999) y (Weber y Brusilovsky, 2001)– que evalúen su efectividad. Razones para ello incluyen la falta de evidencia de sus beneficios y su alto costo de producción (Murray, 2004).

Asimismo, hasta el momento la definición del comportamiento adaptativo se encuentra a nivel sistema. Únicamente TANGOW y AHA! permiten al usuario final definir reglas de adaptación. No obstante en el primer caso se trata de establecer secuencias del currículo utilizando formas preestablecidas para ello, y en el segundo de especificar condiciones que únicamente permiten modificar los valores que se asignan a los conceptos. En ambos casos, las técnicas de adaptación que se utilizan están predefinidas, y la adaptación está vinculada con los conceptos que se desean transmitir y no con el proceso de aprendizaje.

Finalmente, cabe destacar que cada uno de los SHAE analizados sigue sus propias pautas de modelado y anotación de los elementos, y la definición de la lógica de adaptación se encuentra, usualmente, dentro de las páginas o nodos que representan al conocimiento. En consecuencia, resulta imposible pensar, de momento, en un contexto de intercambio y reutilización de recursos educativos con características adaptativas entre diferentes sistemas o aplicaciones. En nuestra opinión, este es otro aspecto al que deben brindar especial atención las nuevas propuestas de diseño de SHAE, pues permitirá minimizar su costo y tiempo de desarrollo y propiciará su diseminación en contextos de aplicación más amplios, a la vez que facilitará a los alumnos recursos educativos y perspectivas pedagógicas provenientes de diferentes fuentes.

2.4. CONCLUSIONES

La recapitulación de diferentes ejemplos de SHAE que se expuso en este capítulo muestra que, mientras los primeros SHAE determinaban el conocimiento del alumno teniendo en cuenta únicamente las páginas visitadas por éste, los más recientes utilizan pruebas y consideran su estilo de aprendizaje para llevar a cabo la adaptación; también señala la necesidad de desarrollar herramientas que permitan crear aplicaciones con características adaptativas, y de incluir objetos de aprendizaje y estándares de metadatos. Revela asimismo que, a pesar de esta evolución y de varios años de desarrollo del campo, existen escasas experiencias de la aplicación de SHAE en situaciones reales de aprendizaje, lo que determina que existan pocas evaluaciones que prueben sus beneficios. Este panorama justifica que cada vez se preste más atención a las herramientas de autor y al proceso de creación de los elementos que integran un SHAE.

Aunado a ello, debido a que cada SHAE utiliza definiciones propietarias para caracterizar los elementos y la lógica que siguen las técnicas de adaptación con las que cuenta, no existe un lenguaje común que facilite que estos sistemas procesen y compartan la semántica de las técnicas de adaptación, flujos educativos, dominio del conocimiento, o recursos didácticos. Sin duda, el siguiente paso en el diseño y desarrollo de los SHAE consiste en ampliar sus posibilidades mediante la inclusión de notaciones homogéneas, que permitan el intercambio y reutilización de sus componentes. Pero, además, resulta conveniente que los futuros desarrollos de estos sistemas consideren la adaptación de la estrategia pedagógica, e incorporen actividades o tareas relacionadas con objetivos de aprendizaje y prerrequisitos, y enfatizen el diseño del flujo de aprendizaje.

3. TECNOLOGÍAS DE MERCADO PARA METADATOS EDUCATIVOS

Para garantizar la reutilización e interoperabilidad de los componentes, dominio del conocimiento y reglas de adaptación de los SHAE es necesario definirlos siguiendo un estándar o especificación para metadatos educativos apropiado.

Esta tesis considera a la especificación IMS *Learning Design* (IMS LD) como el esquema de marcado más adecuado para describir de forma estandarizada el proceso de enseñanza, los componentes y las reglas de adaptación de los SHAE. Este capítulo justifica esta elección, y explica los elementos y características de esta especificación.

Primero proporciona una visión general de las tecnologías de marcado para metadatos educativos, para a continuación exponer las características generales y los elementos de IMS LD relevantes para el contexto de esta tesis. Después presenta otras iniciativas similares para el mercado de metadatos educativos y las compara, destacando sus puntos débiles. Por último, presenta las conclusiones de este capítulo.

3.1. INTRODUCCIÓN

La proliferación de plataformas web dirigidas a soportar entornos educativos ha generado nuevas concepciones sobre cómo los procesos de enseñanza y aprendizaje deben llevarse a cabo, ideas innovadoras para establecer cómo deben interactuar los agentes implicados, y nuevos requisitos relativos a cómo definir los elementos educativos para que sean interoperables, reutilizables e intercambiables entre diferentes sistemas y plataformas.

Antes de la eclosión de la Web, los entornos educativos se desarrollaban pensando en comunidades educativas específicas, en contextos cerrados, y con tecnologías propietarias. Conforme la Web evoluciona resulta evidente la posibilidad de intercambiar y compartir elementos como recursos, lecciones, cursos, o datos de los estudiantes. Para conseguirlo es necesario utilizar un lenguaje común que identifique las características de estos elementos independientemente de su origen.

En consecuencia, diferentes organizaciones, proveedores de software y hardware, universidades y centros de investigación de todo el mundo trabajan conjuntamente definiendo especificaciones y estándares que delimiten cómo los elementos instructivos deben anotarse para que sean interoperables y reutilizables. De esta manera se amplían las posibilidades de los procesos de aprendizaje soportados por tecnología para que ofrezcan formación personalizada y automatización de tareas, además de recursos educativos procedentes de diversas fuentes y en diversos formatos.

El objetivo de este capítulo es doble. Por un lado, presenta un panorama general de los estándares y especificaciones en el mercado de metadatos educativos para aplicaciones web vinculadas con la educación y, por otro, explica las principales características de la iniciativa más significativa para describir estandarizadamente los procesos de enseñanza y aprendizaje, la especificación IMS *Learning Design* (IMS LD, 2003), que en el siguiente capítulo se utilizará como alternativa para caracterizar estrategias de aprendizaje en los SHAE.

Para conseguirlo, este capítulo introduce, en la primera parte, las tecnologías para el mercado de metadatos educativos, explica qué es un estándar, una especificación y un perfil de aplicación, presenta los conceptos de objeto de aprendizaje y metadatos, y menciona los principales organismos involucrados en su desarrollo, evaluación y difusión. Posteriormente reseña brevemente los estándares, especificaciones y perfiles de aplicación más importantes.

La segunda parte se centra en la descripción estandarizada de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Comienza introduciendo el concepto de diseño instruccional, sus fines y características, y continúa presentando detalladamente IMS LD. Subsecuentemente, resume las características de otras iniciativas similares a esta especificación y las compara.

Finalmente, el capítulo indica algunos puntos débiles de estas tecnologías y presenta conclusiones.

3.2. TECNOLOGÍAS DE MERCADO PARA METADATOS EDUCATIVOS

Las tecnologías de mercado para metadatos educativos identifican y anotan de manera homogénea técnicas, métodos y elementos relacionados con la formación, con el objetivo de facilitar su intercambio, distribución y reutilización en diferentes sistemas y cursos. Mediante estas tecnologías se pueden identificar, por ejemplo, recursos de aprendizaje, perfiles de alumnos, pruebas y evaluaciones, repositorios digitales, formatos para el intercambio de recursos, competencias, lenguajes de modelado educativo, o vocabularios y glosarios.

Así, surgen iniciativas encaminadas a definir propuestas –conocidas como estándares, especificaciones o perfiles de aplicación, según sea el caso– que establecen cómo marcar elementos educativos por medio de la definición de sus atributos o características, los llamados metadatos educativos. A continuación, este apartado explica, a grandes rasgos, estas propuestas, introduce los conceptos de objeto de aprendizaje y metadatos, menciona los principales organismos involucrados en el desarrollo de este campo, y reseña algunas de las iniciativas en esta dirección.

3.2.1. ESTÁNDARES, ESPECIFICACIONES Y PERFILES DE APLICACIÓN

Frecuentemente los términos estándar y especificación se utilizan indistintamente, por lo cual es importante puntualizar su diferencia. Un estándar es una tecnología, formato o método que ha sido ratificado por un organismo oficial de estandarización, mientras que una especificación es una tecnología, formato o método que no ha sido aprobado por ningún organismo oficial de estandarización.

Un estándar para la definición de metadatos educativos busca alcanzar un acuerdo de las características que un elemento de aprendizaje (e.g. recurso didáctico), método o técnica, independientemente del sistema informático y el hardware que se utilice, debe tener para permitir que los ambientes de *e-learning*⁵ cuenten con las siguientes "habilidades" (e-Learning Consortium, 2002) (SCORM, 2004):

- ❖ Accesibilidad, para localizar materiales instructivos sea cual sea su ubicación física.
- ❖ Adaptabilidad, para ajustar la instrucción a las necesidades individuales de los estudiantes.
- ❖ Asequibilidad⁶, para aumentar la eficiencia y productividad disminuyendo el tiempo y costos del proceso.
- ❖ Durabilidad, para resistir los cambios tecnológicos sin la necesidad de rediseñar, codificar o configurar de nuevo.
- ❖ Manejabilidad, para monitorear información sobre el estudiante y los contenidos de aprendizaje.
- ❖ Reusabilidad, para integrar los componentes instructivos en diferentes aplicaciones, sistemas y contextos.

⁵ En este trabajo los términos *e-learning*, enseñanza asistida por ordenador y aprendizaje soportado por tecnología se utilizan indistintamente. Aunque el primero cubre un conjunto de servicios y funciones mucho más amplio, se toma esta acepción ya que en cualquier caso no afecta la aplicación de las tecnologías de marcado para metadatos educativos en estos contextos.

⁶ Aunque el diccionario de la Real Academia Española (2001) no reconoce las palabras "asequibilidad", "manejabilidad", ni "reusabilidad", este trabajo las emplea para expresar las *cualidades* de asequible, manejable y reusable, respectivamente.

En muchas ocasiones la implementación de estándares o especificaciones en contextos educativos concretos exige considerar diferentes particularidades de cada comunidad, región o país. Por esta razón se desarrollan perfiles de aplicación (en inglés, *application profiles*) que combinan y utilizan uno o más estándares o especificaciones para crear nuevos esquemas dirigidos a situaciones específicas pero que, sin embargo, no agregan nuevos elementos y se aseguran de mantener la interoperabilidad con los estándares o especificaciones originales (Duval, 2002).

3.2.2. OBJETOS DE APRENDIZAJE Y METADATOS

Dos conceptos importantes dentro de los estándares y especificaciones son los Objetos de Aprendizaje (OA) y los metadatos.

El término OA, en inglés *Learning Object*, se ha definido de diferentes maneras como:

1. Cualquier entidad, digital o no digital, que puede utilizarse para aprender, educar o formar (IEEE LOM, 2002).
2. Cualquier recurso digital que puede reutilizarse para soportar el aprendizaje (Wiley, 2002) .
3. Una entidad digital que puede utilizarse, reutilizarse y referenciarse durante el aprendizaje soportado por tecnología (Rehak y Mason, 2003).
4. Cualquier recurso digital, reproducible y susceptible de ser localizado, que se emplea para llevar a cabo actividades de aprendizaje o de soporte, y disponible para utilizarse por otros (Hummel, Manderveld, Tattersall y Koper, 2004).

Contrastando estas definiciones, encontramos que las marcadas con los números 1 y 2 (i.e. (IEEE LOM, 2002), (Wiley, 2002)) son muy amplias, mientras que las marcadas con los números 3 y 4 (i.e. (Rehak y Mason, 2003) (Hummel *et al.*, 2004)) presentan definiciones muy similares. Desde nuestro punto de vista, ésta última es la más adecuada ya que precisa que un OA debe ser un recurso digital, no sólo para el aprendizaje sino también para soportar la ejecución de actividades de aprendizaje, lo que incluye aquellas

que realiza el profesor dentro del proceso. Además, remarca que el recurso debe estar disponible para que otros lo utilicen, es decir, es necesario que se pueda compartir.

Algunos ejemplos de OA son páginas web, simulaciones realizadas en ordenador, documentos, figuras o gráficas digitales, *e-books*, lecciones o cursos completos. Es probable que en el futuro los OA sean una moneda de cambio. Se almacenarán en repositorios desde los cuales podrán localizarse y reutilizarse en diferentes cursos que, idealmente, se adaptaran a diferentes modelos educativos, temas, y niveles de estudio (Littlejohn, 2003).

Un OA puede localizarse y compartirse gracias a sus metadatos (i.e. datos sobre datos, en su definición más simple) que identifican información sobre el OA para conocer sus características. El uso de metadatos en el ámbito educativo tiene un papel importante en el desarrollo de los OA, ya que permite manipular fácilmente los recursos educativos tanto para que diferentes sistemas compartan recursos, como para que los usuarios busquen y reutilicen contenidos.

Es común que los metadatos sean vistos como descriptores. Sin embargo, no sólo cumplen funciones de identificación, pues también pueden contener información con fines administrativos y estructurales. Caplan (2003) define los tipos de metadatos como:

- ❖ Metadatos descriptivos. Permiten identificar cómo un recurso puede distinguirse de otro, descubrir cómo se encuentra un recurso, y seleccionar recursos que cubran necesidades particulares. Este tipo de metadatos sirve también para formar colecciones de recursos similares, de relación (con otros recursos), y para realizar funciones de evaluación.
- ❖ Metadatos administrativos. Su propósito es anotar información para facilitar la gestión de los recursos, lo que incluye información sobre cuándo y cómo fue creado el recurso, quién es el responsable del acceso o de la actualización del contenido, e información técnica como la versión de software o hardware necesarios para ejecutarlo.
- ❖ Metadatos estructurales. Su objetivo es identificar la estructura del recurso definiendo cada una de las partes que lo componen. Por ejemplo, un libro electrónico que contiene capítulos y páginas, puede etiquetarse con metadatos para identificar cada parte y la relación que guardan entre ellas. De manera similar, un curso compuesto

por diferentes lecciones o actividades de aprendizaje puede etiquetarse con metadatos para identificar la estructura del contenido.

Es importante subrayar que los metadatos para elementos educativos no son exclusivos de los OA. El concepto se aplica también para anotar métodos, técnicas o elementos relacionados con el proceso de aprendizaje como las características de alumnos, actividades de aprendizaje, evaluaciones, prerrequisitos, etc.

3.2.3. PRINCIPALES ORGANISMOS INVOLUCRADOS

En la definición de un estándar para el mercado de metadatos educativos participan organizaciones –compuestas por universidades, centros de investigación y compañías– que intentan considerar y conciliar diferentes criterios, intereses y perspectivas. Cuando se dieron los primeros pasos en el desarrollo de estándares, muchas organizaciones que ahora trabajan juntas, lo hacían por separado. Con el tiempo se han formado consorcios y organizaciones con un frente común, aunque aún existe cierta ambigüedad en cómo los diversos organismos involucrados actúan en el proceso o cómo colaboran entre ellos.

En teoría, el proceso de desarrollo de un estándar (véase la Figura 6) inicia con una contribución de la comunidad investigadora o con la identificación de necesidades de usuario. Los consorcios dedicados a generar especificaciones utilizan esta información para proponer una, que es evaluada y probada por usuarios y laboratorios. En el siguiente paso, un organismo de estandarización acreditado revisa las pruebas, define perfiles de aplicación y modelos de referencia, y produce un borrador de trabajo (*working draft*) que se somete a votación. Si es aprobado, la especificación recibe una certificación oficial de dicha organización, convirtiéndose así en estándar (e-Learning Consortium, 2003). Adicionalmente, la *International Standard Organization* (ISO) se encarga de asegurar, una vez que el estándar ha sido aceptado mundialmente, su permanencia. El Subcomité 36 (SC36, jtc1sc36.org) de esta organización es responsable del capítulo de los estándares para metadatos educativos. Hasta el momento, no obstante, no existe ningún estándar relacionado con *e-learning* aprobado por este organismo. Ello refleja la complejidad del proceso y la diversidad de intereses que hay en juego.

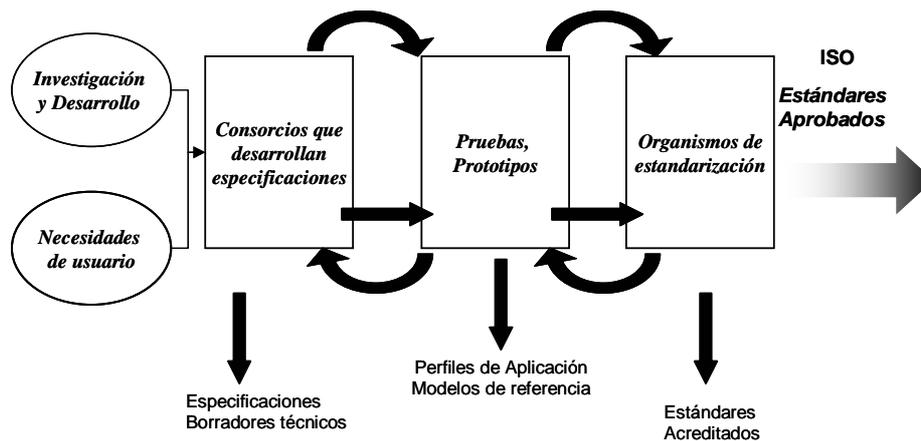


Figura 6. Proceso de desarrollo de un estándar (ADL, 2005)

Siguiendo el proceso descrito, se pueden clasificar las instituciones, consorcios y organizaciones involucradas en el desarrollo de estándares en:

- ❖ Investigadores y desarrolladores, como la Universidad Abierta de los Países Bajos (*Open University of the Netherlands*, OUNL), que creó la especificación *Educational Modelling Language* (OUNL-EML, eml.ou.nl), o el proyecto *PROMoting Multimedia in Education and Training in EUropean Society* (PROMETEUS, www.prometeus.org).
- ❖ Consorcios internacionales que definen especificaciones, como IMS (www.imsproject.org), o el *Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee* (AICC, www.aicc.org), y consorcios nacionales, como la iniciativa estadounidense para escuelas de educación básica *Schools Interoperability Framework* (SIF, www.sifinfo.org)⁷.
- ❖ Organizaciones que realizan pruebas y prototipos de especificaciones y las adecuan a sus necesidades, utilizando perfiles de aplicación como el *Advanced Distributed Learning* (ADL, www.adlnet.org), la *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE, www.ariadne-eu.org), o el *Canadian Core Learning Resource Metadata Protocol* (CanCore, www.cancore.ca).

⁷ En esta categoría también se puede ubicar la iniciativa *Dublin Core Metadata* (DCMI Metadata Terms, 2004) (<http://dublincore.org>) que, aunque no está relacionada directamente con metadatos educativos, es ampliamente utilizada ya que define una especificación basada en un conjunto de metadatos genérico, pequeño y manejable.

- ❖ Organizaciones de estandarización, que incluyen el *IEEE Learning Technology Standard Committee* (LTSC, ltsc.ieee.org), el *Learning Technology Workshop of the European Committee for Standardization* (CEN/ISSS LTS, www.cenorm.be/iss/wkshop/lt), o el *British Standards Institution* (BSI, www.bsi-global.com).

Cabe señalar que las diferentes organizaciones involucradas operan en diferentes fases del proceso de desarrollo de estándares y especificaciones (CETIS, 2005), y se enfocan en áreas similares. Además, el proceso no es lineal, y las aportaciones de los usuarios y de las comunidades de investigación se consideran en todas las fases, y no sólo al principio del proceso (Friesen, 2002).

3.2.4. BREVE RESEÑA DE ESTÁNDARES, ESPECIFICACIONES Y PERFILES DE APLICACIÓN

Como se mencionó anteriormente, la definición de estándares y especificaciones para el mercado de elementos educativos abarca diferentes aspectos relacionados con los ambientes de *e-learning*. La Tabla 7 muestra algunos ejemplos.

La forma y estructura de cada estándar o especificación varía, pero la mayoría incluye un modelo de datos que indica qué elementos son necesarios y cuáles opcionales, así como sus etiquetas, atributos, multiplicidad y tipo. La mayoría asegura la independencia del medio y la interoperabilidad de los elementos definidos utilizando como lenguaje de marcado XML (*eXtensible Markup Language*) (Bray, Paoli, Sperberg-MacQueen, Maler y Yergeau, 2004).

Tabla 7. Ejemplos de estándares y especificaciones para metadatos educativos

Aspecto	Estándar/Especificación/Perfil Aplicación	Siglas
Descripción de objetos de aprendizaje	IEEE Learning Object Metadata Standard* (IEEE LOM, 2002)	IEEE LOM
	IMS Learning Object Metadata† (IMS LOM, 2001)	IMS LOM
	Canadian Core Learning Resource Metadata Protocol+ (Friesen, Fischer y Roberts, 2004)	CanCore
	UK Learning Object Metadata Core+ (UK LOM, 2004)	UK LOM
	Learning Federation Metadata Application Profile+ (The Learning Federation, 2003)	n/a
Información del estudiante	IEEE Public And Private Information for learners‡ (IEEE PAPI, 2001)	IEEE PAPI
	IMS Learner Information Package† (IMS LIP, 2003)	IMS LIP
	IMS ePortfolio† (IMS EP, 2005)	IMS EP
Evaluaciones	IMS Question and Test Interoperability† (IMS QTI, 2004)	IMS QTI
Empaquetamiento de información	IMS Content Packaging† (IMS CP, 2004)	IMS CP
Repositorios objetos de aprendizaje	IMS Digital Repositories Interoperability† (IMS DR, 2003)	IMS DR
Diseño instructivo	Sharable Content Reference Model+ (SCORM, 2004)	SCORM
	IMS Learning Design† (IMS LD, 2003)	IMS LD
	IMS Simple Sequencing† (IMS SS, 2003)	IMS SS

(*) Indica que se trata de un estándar, (‡) de un borrador de estándar (o *Draft Standard*), (†) de una especificación, y (+) de un perfil de aplicación.

Una vez introducido el concepto de tecnologías de marcado para metadatos educativos, la siguiente sección profundiza en la descripción estandarizada de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Comienza definiendo el diseño instructivo y prosigue presentando IMS LD, una especificación que formaliza la descripción de los procesos de enseñanza y aprendizaje, detallando su objetivo, características, elementos que la componen, y las herramientas necesarias para utilizarla. Después, menciona otras iniciativas en la misma dirección y establece una comparación entre ellas.

3.3. LA DESCRIPCIÓN ESTANDARIZADA DE LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA

3.3.1. EL DISEÑO INSTRUCTIVO O LA DEFINICIÓN DE LA ENSEÑANZA

El término diseño instructivo (en inglés, *learning design*) se refiere al conocimiento que emplean los profesores o diseñadores cuando definen la instrucción (Koper, 2005). Tradicionalmente, este conocimiento se ha aplicado y difundido mediante modelos que prescriben cómo diseñar la enseñanza para que los estudiantes desarrollen sus habilidades cognitivas, emocionales y físicas. Para Reigeluth (1999b) estos modelos:

- ❖ Están dirigidos a la práctica.
- ❖ Describen métodos educativos y las situaciones en las que deben utilizarse.
- ❖ Están formados por diversos rasgos o componentes que pueden representarse de distintas maneras (i.e. tipos de métodos) y detallan los criterios que deben seguirse.
- ❖ Tienen naturaleza probabilística. Es decir, dado que existen demasiados factores que influyen en el proceso, no garantizan los resultados educativos y formativos deseados, sino la probabilidad de que tales resultados tengan lugar.
- ❖ Los valores (o filosofía) de los diseñadores juegan un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que subyacen a los objetivos que se persiguen y a los métodos que se ofrecen.

Surgido durante la etapa industrial, el diseño instructivo sigue una concepción del mundo objetivista que plantea que el conocimiento existe fuera del individuo y se estructura en entidades, atributos y relaciones entre entidades. El mundo se describe por medio de modelos teóricos y el entendimiento de una persona puede especificarse por medio de descripciones exógenas. En consecuencia, dentro de este enfoque, el objetivo de la instrucción es que el alumno describa el conocimiento utilizando las entidades y relaciones existentes, reduciendo el aprendizaje a la adquisición de información o reglas de un modelo experto preestablecido.

En contraposición, el enfoque constructivista del conocimiento sostiene que el conocimiento existe dentro del individuo; es él quien, basándose en su experiencia y conocimientos previos, construye su propia definición de entidades, atributos y relaciones existentes, por lo que la instrucción no se enfoca en transmitir principios, reglas o procedimientos, sino en desarrollar habilidades cognitivas para que los alumnos sean capaces de construir planes de respuesta para cada situación que se les presenta (Duffy y Jonassen, 1992).

Estos dos enfoques influyen en gran medida en las teorías de la instrucción que se siguen o diseñan en diferentes situaciones de aprendizaje. El enfoque objetivista, el más tradicional, incluye modelos –e.g. (Gagné y Briggs, 1979), (Merrill, 1994), (Reigeluth, 1999a)– que señalan la forma de presentar el contenido considerando los resultados de aprendizaje deseados. El enfoque constructivista, por su parte, busca facilitar la construcción del conocimiento a través de actividades de aprendizaje que permitan su transferencia a tareas de la vida real –e.g. (Spiro y Jihn-Chang, 1990) (Van Merriënboer, 1997)–.

Desde el punto de vista informático, el reto es diseñar herramientas que no se orienten únicamente en la creación de contenidos y recursos, sino que también soporten el modelado de diseños instructivos sin prescribir ningún enfoque en particular. Un reto adicional es, al mismo tiempo, garantizar que los recursos y elementos definidos puedan utilizarse, compartirse e intercambiarse entre diferentes lecciones o plataformas, y así reducir el tiempo y recursos empleados.

Precisamente éste es el objetivo de los lenguajes de modelado educativo (EML por sus siglas en inglés, *Educational Modeling Language*). Dos ejemplos de este tipo de tecnologías de marcado para metadatos educativos son IMS LD y OUNL-EML (Koper, 2001). Otra iniciativa muy popular es el perfil de aplicación SCORM (SCORM, 2004), pero su enfoque está centrado en definir contenidos interoperables para ambientes individuales de formación y no en modelar procesos de aprendizaje (actividades, flujos, personas, etc.)⁸.

⁸ Para más detalles sobre OUNL-EML y SCORM véanse, respectivamente, los apartados 3.3.3.2 y 3.3.3.1.

El resto de esta sección explica las características más importantes de IMS LD, prosigue explicando brevemente otras iniciativas en esta dirección, y finaliza comparándolas.

3.3.2. IMS LEARNING DESIGN (IMS LD)

3.3.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La especificación IMS *Learning Design* (IMS LD), un EML derivado de OUNL-EML, es un lenguaje de modelado educativo. Define una notación pedagógicamente neutral que permite crear diferentes diseños educativos reutilizables en diferentes cursos o contextos de aprendizaje. Esta especificación describe procesos que, con el fin de alcanzar un objetivo de aprendizaje, definen qué actividades realizarán alumnos y profesores, en qué momento, con qué recursos didácticos o servicios, y bajo qué condiciones. Concretamente, IMS LD pretende:

- ❖ Describir el proceso de enseñanza y aprendizaje de una Unidad de Aprendizaje (UdA o UoL por sus siglas en inglés, *Unit of Learning*).
- ❖ Anotar el significado y la funcionalidad pedagógica de los elementos (e.g. actividades, objetivos, métodos, etc.) de una UdA sin establecer un enfoque en particular.
- ❖ Marcar aspectos de personalización para que las actividades se puedan adaptar a las preferencias, conocimientos previos o necesidades educativas de los usuarios.
- ❖ Formalizar la descripción del diseño instructivo para que sea posible procesarlo automáticamente.
- ❖ Describir de forma abstracta el diseño instructivo para repetirlo en diferentes condiciones y con diferentes personas.
- ❖ Identificar, descontextualizar e intercambiar elementos de aprendizaje y reutilizarlos en otros contextos.
- ❖ Fomentar la interoperabilidad y el uso de información entre diferentes aplicaciones compatibles con IMS LD.

Siguiendo la práctica común del consorcio IMS, la especificación IMS LD consiste en:

- ❖ Un modelo conceptual que define los conceptos básicos y relaciones en un diseño de aprendizaje o LD⁹, por sus siglas en inglés, *Learning Design*.
- ❖ Un modelo de información que describe los elementos y atributos a través de los cuales el diseño de aprendizaje puede especificarse de manera precisa.
- ❖ Una serie de esquemas XML en donde el modelo de información es implementado (el llamado *binding*).
- ❖ Una guía de mejores prácticas e implementación.
- ❖ Un documento *binding* y un ejemplo XML, que ilustra un conjunto de requisitos para escenarios de aprendizaje y los modela.

Para disminuir la complejidad que supone su implementación, esta especificación se divide en tres niveles. La Figura 7 muestra el modelo de información de IMS LD y destaca los niveles en los que se divide.

- ❖ Nivel A. Es la parte central de la especificación, contiene el vocabulario básico que soporta la diversidad pedagógica, es decir, los elementos que configuran IMS LD: personas, actividades, recursos, métodos de aprendizaje, ejecuciones (llamados *plays*), actos y roles. Con estos elementos se definen actividades de aprendizaje –que pueden incluir objetos de aprendizaje, servicios y recursos– para que sean realizados por estudiantes y profesores.
- ❖ Nivel B. Agrega al Nivel A propiedades y condiciones para diseñar ambientes de aprendizaje personalizados y modelos colaborativos de aprendizaje. Las propiedades almacenan información sobre una persona (preferencias, resultados, etc.), un rol, o un diseño de aprendizaje. Si las propiedades son locales, son llamadas internamente y persisten durante una sola ejecución. Si son globales, son llamadas externamente, y pueden accederse desde diferentes ejecuciones. En cualquier momento, el estado de las propiedades puede determinar el flujo del aprendizaje.

⁹ Con el fin de presentar claramente los términos de IMS LD, se decidió utilizar en la redacción de este trabajo algunos términos en inglés.

- ❖ Nivel C. Agrega al Nivel B notificaciones que pueden dispararse automáticamente en respuesta a eventos del proceso de aprendizaje. Por ejemplo, si un estudiante envía un trabajo, el profesor puede recibir una notificación por correo electrónico.

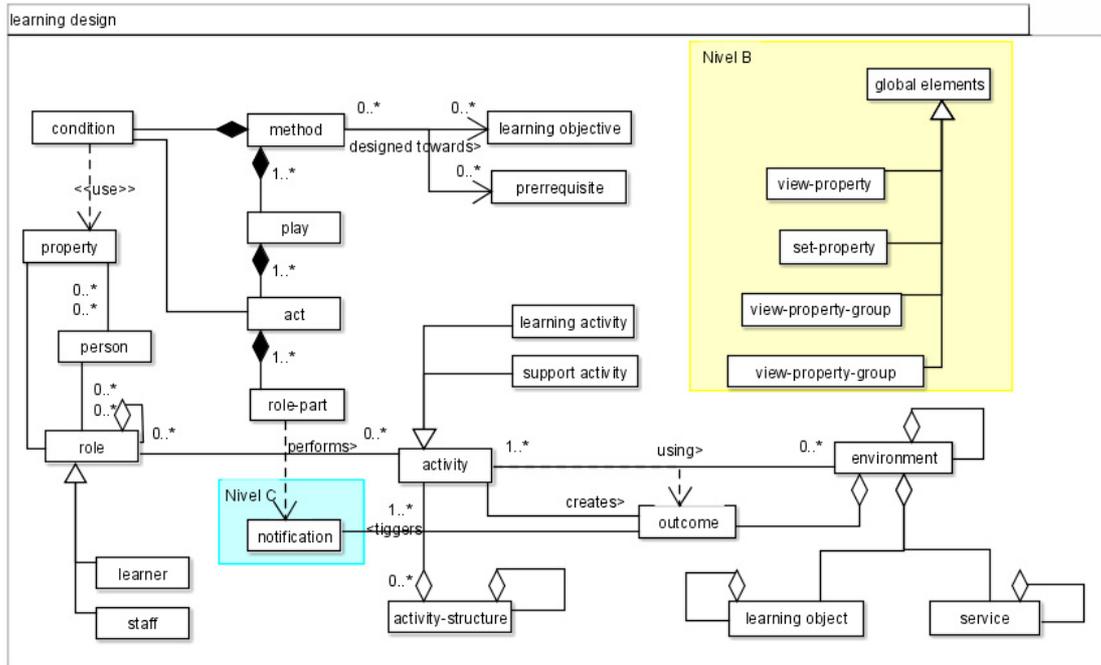


Figura 7. Modelo de información de IMS LD (2003)

La Figura 8¹⁰ muestra jerárquicamente los elementos de IMS LD. Estos incluyen objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, componentes (propiedades, roles, actividades, secuencias de actividades), y un método de aprendizaje que está formado por un *play* (la manera en que el método se ejecutará) y condiciones (enunciados *if-then-else*). La Figura 9 muestra un ejemplo básico de notación IMS LD.

¹⁰ El asterisco (*) representa que el elemento puede ocurrir más de una vez.

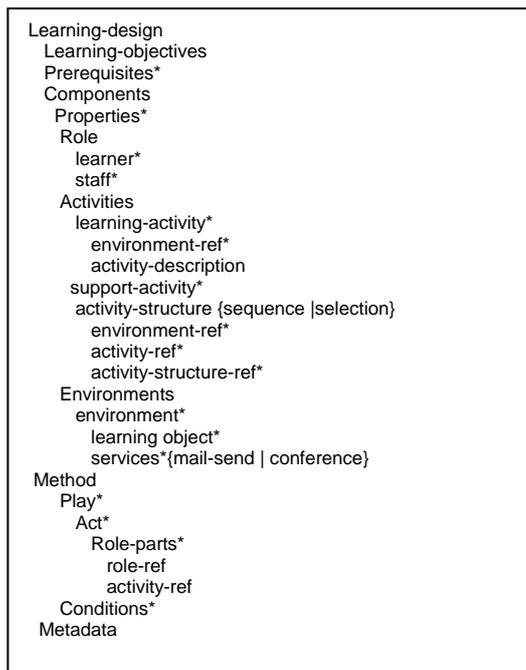


Figura 8. Estructura jerárquica de los elementos de IMS LD (2003)

```
<learning-design identifier="TecEduc">
  <title>Tecnología Educativa</title>
  <components>
    <roles>
      <learner identifier="R-Estudiante"/>
    </roles>
    <activities>
      <learning-activity identifier="LA-Introduccion"/>
      <learning-activity identifier="LA-Historia"/>
      <activity-structure identifier="AS-Introduccion"
        number-to-select="2" structure-type="sequence">
        <learning-activity-ref ref="LA-Introduccion"/>
        <learning-activity-ref ref="LA-Historia"/>
      </activity-structure>
    </activities>
  </components>
  <method>
    <play identifier="Ply-TecEduc">
      <title>Evento de Aprendizaje</title>
      <act identifier="Act-Intro">
        <title>Información inicial</title>
        <role-part identifier="RP-Inicial">
          <role-ref ref="R-Estudiante"/>
          <activity-structure-ref ref="AS-Introduccion"/>
        </role-part>
      </act>
    </play>
  </method>
  ...
</learning-design>
```

Figura 9. Ejemplo de marcado utilizando IMS LD

3.3.2.2. ELEMENTOS PRINCIPALES

A continuación se explican de forma general los principales elementos de IMS LD (IMS LD, 2003) (Olivier y Tattersall, 2005). No obstante, existen elementos de la especificación que no son relevantes para el contexto de esta propuesta, por lo cual no se detallan en este apartado. Estos elementos incluyen aquellos no necesarios para definir la estructura del dominio o la adaptación de los SHAE como los servicios de comunicación o de indexación.

- Unidad de Aprendizaje (UdA, *Unit of Learning*)

Una UdA representa una unidad de formación completa y auto-contenida, como por ejemplo, un curso o una lección. Contiene, además del LD, todos los recursos asociados a él, lo que incluye pruebas o exámenes, recursos de aprendizaje, e información para configurar servicios (i.e. videoconferencia, correo electrónico e índices).

La definición de un LD incluye únicamente el proceso de enseñanza y aprendizaje, pero no define ni contiene los materiales o recursos que dicho proceso utiliza. Para ello es

necesario definir una UdA que se encarga de unir el LD y los recursos asociados utilizando un mecanismo de empaquetamiento; IMS LD recomienda para este propósito seguir la especificación IMS CP e incluir dentro de su manifiesto (*manifest*) el LD y los recursos asociados y, posteriormente, generar un paquete (i.e. incluir todos los elementos en un archivo comprimido en formato .zip) para facilitar el intercambio y reutilización de una UdA.

Un paquete bajo la especificación IMS CP es considerado una UdA únicamente si contiene en la parte de organización (dentro del manifiesto) un elemento IMS LD válido. En consecuencia, una UdA incluye un manifiesto, un LD, recursos, (sub)manifiestos, y archivos físicos. La Figura 10 muestra la estructura de una UdA utilizando IMS CP.

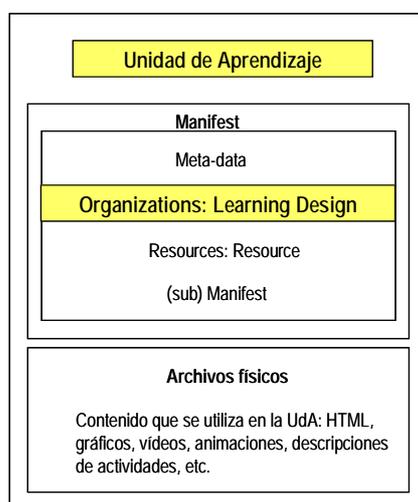


Figura 10. Estructura de una UdA en IMS LD incluida en IMS CP (IMS LD, 2003)

Diseño de Aprendizaje (LD, *Learning Design*)

Un LD describe un método de enseñanza que permitirá a los estudiantes, mediante la realización de determinadas actividades dentro de un contexto con fines instructivos, conseguir ciertos objetivos de aprendizaje.

IMS LD es considerado un meta-lenguaje ya que no prescribe ningún enfoque de diseño instructivo en particular, y permite crear de manera flexible flujos de enseñanza que contemplen diferentes necesidades e intereses. En consecuencia, con esta especificación el diseñador instructivo puede definir procesos de enseñanza utilizando sus propios

principios pedagógicos, variables del dominio del conocimiento y del contexto que juzgue necesarias.

El elemento LD es el componente raíz de la especificación. Proporciona una estructura semántica del proceso de enseñanza y los recursos asociados. A continuación se explican sus principales elementos.

A. Objetivos de aprendizaje (*Learning objectives*)

Los objetivos de aprendizaje son los resultados que, una vez finalizada la UdA, deben cumplir los estudiantes. Se definen en diferentes niveles:

- ❖ A nivel UdA (o nivel global), sin indicar los sub-objetivos de las actividades de aprendizaje.
- ❖ A nivel actividad de aprendizaje. Los objetivos de la UdA serán, en este caso, todos los objetivos de aprendizaje definidos a nivel actividad de aprendizaje.
- ❖ En ambos niveles.

B. Prerrequisitos (*Prerequisites*)

Los prerrequisitos son las condiciones previas necesarias que deben cubrir los estudiantes antes de llevar a cabo la UdA o una actividad de aprendizaje, ya que, al igual que los objetivos de aprendizaje, se definen a nivel UdA y/o a nivel actividad de aprendizaje.

Tanto los prerrequisitos como los objetivos de aprendizaje pueden describirse utilizando la especificación IMS RDCEO (2002) (*IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective*), pero también pueden hacer referencia a recursos simples (i.e. a un texto) que contengan la descripción del prerrequisito o del objetivo de aprendizaje.

C. Componentes (*Components*)

Los componentes agrupan los diferentes elementos que se utilizarán en la UdA. Con el objetivo de eliminar componentes duplicados dentro de diferentes métodos de enseñanza, éstos se definen de forma independiente para poder utilizarlos dentro de

diferentes métodos. Empleando la metáfora de una receta de cocina para esclarecer los términos, los componentes representan la lista de ingredientes, mientras que el método simboliza las instrucciones de preparación.

Los elementos que incluye el elemento componentes son roles, propiedades, actividades, y contextos, a continuación se describen.

C.1. Roles (*Roles*)

Los roles permiten identificar a los participantes de la UdA. Existen dos tipos generales: estudiante (*learner*) y el profesorado o personal de apoyo (*staff*). Dentro de éstos se definen sub-tipos que permiten reconocer los diferentes roles que juegan estudiantes (e.g. avanzado, basado en tareas, etc.) y profesores o administradores (e.g. tutor, asistente, mentor, etc.). En casos de aprendizaje colaborativo (*peer-to-peer*) también los estudiantes podrían pertenecer a este rol.

C.2. Propiedades (*Properties*)

Las propiedades, que están disponibles únicamente en los niveles B y C de IMS LD, son un componente esencial para personalizar, monitorear, evaluar e interactuar con estudiantes y profesores.

Las propiedades se clasifican en locales y globales. Las primeras sólo pueden manejarse y utilizarse dentro de una UdA. Incluyen propiedades locales (<loc-property>), que contienen el mismo valor para todos los usuarios, de roles (<locrole-property>), que contienen el mismo valor para los usuarios de un rol, y personales (<locpers-property>), que tienen un valor diferente para cada usuario.

Las propiedades globales, a su vez, se dividen en personales (<globpers-property>), y globales (<glob-property>). Las personales contienen información sobre el usuario (e.g. modelo del usuario, portafolio, etc.) y las globales un único valor para todos los usuarios en todas las UdA.

C.3. Actividades (*Activities*)

Las actividades son las acciones que llevará a cabo un rol dentro de un contexto específico. Existen dos tipos: actividades de aprendizaje y actividades de soporte. A continuación se describen.

C.3.1. Actividades de aprendizaje (*Learning activity*)

Las actividades de aprendizaje representan las acciones o tareas que se llevarán a cabo para alcanzar un objetivo de aprendizaje.

Una actividad de aprendizaje consiste en una descripción de la actividad, que indica al usuario la acción a desempeñar, y en varios elementos opcionales. Normalmente, la descripción de la actividad es un texto, pero también puede tratarse de un archivo de audio, vídeo, etc. Sin importar el formato que tenga, se utiliza el elemento <item> (proveniente de IMS CP) para hacer referencia a la descripción de la actividad de aprendizaje.

Los elementos opcionales que puede contener una actividad de aprendizaje incluyen el título, los metadatos, los objetivos de aprendizaje y los prerrequisitos, y el elemento <complete-activity> que indica cuándo se considerará que la actividad se ha completado. En este caso, el nivel A de IMS LD permite dos opciones: cuando el usuario lo decida <user-choice> o cuando se llegue a un límite de tiempo <time-limit>. El nivel B permite considerar, además, la actividad completada cuando una propiedad tenga un determinado valor <when-property-value-is-set>.

Otro elemento opcional que pueden incluir las actividades de aprendizaje es <on-completion> que contiene las acciones que deben ejecutarse una vez que la actividad se completó. En el nivel A de IMS LD este elemento sólo cuenta con el elemento <feedback-description> que contiene la retroalimentación que se mostrará una vez se haya completado la actividad. En el nivel B el elemento se extiende e incluye el elemento <change-property-value>, y en el nivel C incluye la opción de enviar notificaciones una vez que la actividad se haya completado.

C.3.2. Actividades de soporte (*Support activity*)

Una actividad de soporte es una actividad que se lleva a cabo para ayudar a un rol a completar una o más actividades de aprendizaje. Contiene casi los mismos elementos que una actividad de aprendizaje, excluye los objetivos de aprendizaje y los prerrequisitos, e incorpora el elemento <role-ref> que indica qué rol será el encargado de realizar la tarea de soporte, ya que en la práctica una actividad de este tipo puede repetirse para cada usuario. En consecuencia, las actividades de soporte, al contrario que las actividades de

aprendizaje que sólo se ejecutan una vez, pueden repetirse tantas veces como sea necesario.

C.3.3. Estructura de actividades (*Activity structure*)

Una estructura de actividades es un contenedor que incluye una o más actividades de aprendizaje, actividades de soporte, estructuras de actividades, u otra UdA.

Además, contiene atributos que indican si se trata de una estructura tipo secuencial o por selección. En el primer caso el estudiante debe cumplir el orden preestablecido por el diseñador, y en el segundo el estudiante decide el orden que desea seguir.

C.4. Contexto (*Environment*)

Un contexto es una colección estructurada de objetos de aprendizaje, servicios y sub-contextos dentro de la cual una actividad de aprendizaje se lleva a cabo.

Los contextos se definen mediante objetos de aprendizaje, servicios (correo, videoconferencia, índices) y sub-contextos. Como se mencionó anteriormente, esta propuesta excluye el elemento servicios que no influyen para el diseño de la adaptación. Por tanto a continuación se explica los objetos de aprendizaje que sí son relevantes para el contexto de esta propuesta.

C.4.1. Objeto de aprendizaje (OA, *Learning object*)

Para la familia de especificaciones IMS, un objeto de aprendizaje se define como cualquier recurso digital o no digital que puede reproducirse y referenciarse para ejecutar actividades de aprendizaje o de soporte.

Los objetos de aprendizaje se representan, siguiendo IMS CP, en el elemento <resources> y utilizando el elemento <item>.

D. Método de enseñanza (*Method*)

El método contiene dos características esenciales en IMS LD: la forma en que se ejecutará la UdA, el elemento <play>, y las condiciones que regirán dicha ejecución, el elemento <conditions>.

D.1. Ejecución del aprendizaje (*Play*)

La parte central del diseño instruccivo está representado en este elemento. Un *play* especifica qué roles efectuarán qué actividades en qué orden. Se modela siguiendo la metáfora de una obra de teatro que se divide en diferentes actos en donde los actores llevan a cabo diferentes roles.

Por tanto, un *play* en IMS LD está compuesto por una secuencia de actos (el elemento <act>). Cada acto, incluye diferentes actividades que deben ejecutarse por diferentes actores que interpretan papeles (el elemento <role-part>). Cuando un acto se completa, comienza el siguiente acto hasta que los objetivos del LD se consigan.

D.2. Condiciones (*Conditions*)

Las condiciones, disponibles sólo en los niveles B y C de la especificación, se utilizan de manera conjunta con las propiedades para personalizar el LD. Son reglas que influyen en el flujo de un *play*.

Las condiciones tienen el formato:

IF {expresión} THEN {acción}

Por tanto, una acción se realizará si una expresión es verdadera o falsa. Las acciones que se pueden definir en el nivel B son mostrar o esconder un elemento (por ejemplo, una actividad de aprendizaje, un *play*, etc.), o cambiar el valor de una propiedad y, en el nivel C, notificar a un rol.

Las expresiones, por su parte, pueden incluir operadores lógicos (e.g. y, o, mayor que, menor que, etc.), de cálculo (e.g. suma, resta, etc.), referencias a algún elemento del LD (e.g. roles, actos, actividades, etc.), y operadores para cambiar el valor de las propiedades.

También existen otros dos elementos que, aunque no pertenecen a la estructura jerárquica de IMS LD, permiten consultar el valor de las propiedades o incluir recursos de aprendizaje. En el primer caso se trata de los elementos globales (*global elements*) y en el segundo de los ítems (*item model*):

- ❖ Elementos globales (*global elements*). Están disponibles en los niveles B y C de la especificación, permiten definir, cambiar y ver el valor de una propiedad o de un

conjunto de propiedades. Están diseñados para incluirse como contenido XML utilizando *namespaces* (e.g. para incluirlos en XHTML (Pemberton, Austin, Axelsson, Çelik, Dominiak, Elenbaas *et al.*, 2002)).

- ❖ Ítems (*item model*). Estos elementos genéricos, provenientes de IMS CP, se utilizan cuando un componente, objeto de aprendizaje o prerrequisito necesita un recurso. Pese a ello, no pierden su valor semántico ya que identifican el elemento que incluyen. Por ejemplo, en el siguiente caso, es claro que se trata de un objetivo de aprendizaje con el identificador “o123”:

```
<learning-objectives><item identifierref="o123"/></learning-objectives>
```

3.3.3. OTRAS INICIATIVAS RELACIONADAS CON IMS LD

Esta sección explica brevemente algunas de las iniciativas que buscan formalizar el diseño de los procesos de la enseñanza asistida por ordenador. En particular, se presenta el modelo de referencia SCORM desarrollado por el *Advanced Distributed Learning* (ADL), el método de modelado EML-OUNL desarrollado por la *Open University of the Netherlands* (OUNL), y la recomendación AGR-010 desarrollada por el *Aviation Industry Computer-based Training Committee* (AICC).

3.3.3.1. SHARABLE CONTENT OBJECT REFERENCE MODEL (SCORM)

SCORM es un proyecto del ADL, una iniciativa del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que promueve la cooperación entre los diferentes agentes involucrados en el desarrollo de estándares para *e-learning* (SCORM, 2004).

SCORM define un modelo de referencia, o perfil de aplicación, basado en especificaciones y estándares definidos por terceros, que establece una colección de libros técnicos. Estos libros son: el de introducción (*Overview book*) (SCORM, 2004), el del modelo de contenido (*Content Aggregation Model book*) (SCORM CAM, 2004), el de secuenciación y navegación (*Sequencing and Navigation book*) (SCORM SN, 2004), y el de ejecución (*Run-Time Environment book*) (SCORM RTE, 2004).

El libro SCORM CAM identifica los componentes del aprendizaje, indica cómo empaquetarlos y cómo definir reglas de secuencia. Incluye especificaciones para modelar el contenido (derivadas de AICC), el marcado de metadatos educativos (tomada del estándar IEEE LOM), el intercambio de recursos educativos electrónicos entre sistemas mediante paquetes de cursos (empleando IMS CP), y la secuenciación de información (utilizando IMS SS).

El modelo de contenido describe tres elementos: *Assets*, objetos de contenido intercambiables (SCO por sus siglas en inglés, *Sharable Content Objects*) y organizaciones de contenido (*Content Organization*). El elemento más básico es el *Asset*, que representa cualquier pieza de información electrónica. Un SCO es una colección de uno o más *Assets* que pueden utilizarse en diferentes contextos de aprendizaje, mientras que una *Content Organization* representa la estructura de actividades y su relación con otras actividades.

Basándose en IMS SS, el libro SCORM SN incluye secuencias para estructurar actividades de aprendizaje (i.e. árboles de actividades), estrategias de secuenciación, y descripciones de cómo ejecutar y procesar eventos de navegación.

Por su parte, el libro SCORM RTE utiliza el IEEE *Application Profile Interface* (IEEE API, 2003) para comunicar información en tiempo de ejecución del sistema a los SCO, y el IEEE *Data Model* (2003) para definir el conjunto de elementos que se comunicarán de los SCO al sistema (e.g. información de objetivos de aprendizaje, resultados de una evaluación, etc.).

3.3.3.2. OUNL-EDUCATIONAL MODELLING LANGUAGE (OUNL-EML)

Desarrollado a partir de 1998 por la OUNL y utilizado desde el 2003 para producir cursos en línea en universidades, educación vocacional y módulos de formación (Rawlings, van Rosmalen, Koper, Rodríguez-Artacho y Lefrere, 2002), OUNL-EML es un método de notación para ambientes de aprendizaje *e-learning*, basado en un meta-modelo pedagógico que considera los ambientes de aprendizaje como un proceso en donde el diseño didáctico juega un papel primordial (Koper, 2001).

Este método reconoce y separa los recursos de sus metadatos y del sistema. Es capaz de producir caminos individualizados de aprendizaje, aprendizaje basado en competencias, y

contenido adaptado a las características de los estudiantes (Mortimer, 2002). Su enfoque se fundamenta en la idea de que el aprendizaje no está centrado en los objetos de aprendizaje, sino en actividades en donde los estudiantes resuelven problemas, interactúan con dispositivos y trabajan juntos en situaciones sociales y laborales (Koper, 2001).

La unidad de estudio es el componente básico y más elaborado del diseño. Representa una colección de actividades que se asignan a uno o más individuos que juegan un rol específico en un ambiente determinado de aprendizaje o trabajo. Las actividades se ordenan como una secuencia, de tal manera que diferentes “camino” pueden seguirse por medio de un método.

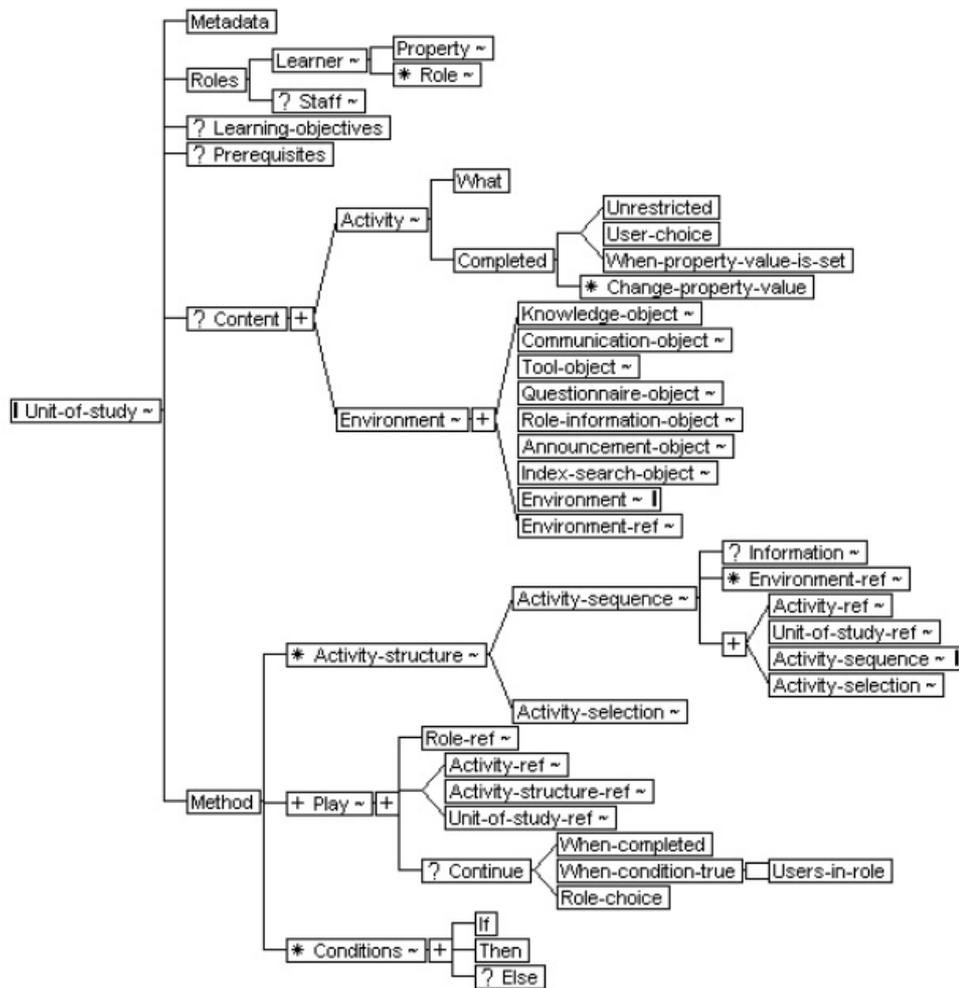


Figura 11. Estructura de OUNL-EML (Koper, 2001)

En su forma más básica, una unidad de estudio está compuesta por (véase la Figura 11): metadatos, que contienen datos sobre la unidad de estudio; roles que representan las actuaciones que ejecutarán estudiantes y demás personal involucrado en el proceso, como profesores, administradores, moderadores, etc.; objetivos de aprendizaje y prerrequisitos; contenido, que incluye actividades y un contexto de enseñanza (*environment*) el cual contiene los elementos (objetos, herramientas, evaluaciones, cuestionarios, etc.) necesarios para realizar las actividades; y el método de enseñanza que comprende la didáctica, presentación, procesos y estructura de la unidad de aprendizaje.

3.3.3.3. AICC-GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS (AGR)

La *Aviation Industry Computer-Based Training Committee* (AICC) desarrolla guías para la realización, distribución y evaluación de educación basada en ordenador especialmente dirigidas al entrenamiento en la industria de la aviación (AICC, 2005).

Esta organización ha desarrollado diferentes guías y recomendaciones llamadas, por sus siglas en inglés *Guidelines and Recommendations*, AGR. Por ejemplo, la AGR-006 pretende asegurar la interoperabilidad e intercambio de lecciones y datos entre sistemas educativos basados en ordenador, mientras que la recomendación AGR-010 lo hace para cursos sobre plataforma web.

AGR-100 define tres componentes básicos para la instrucción basada en Web: bloques de cursos, prerrequisitos, y niveles de complejidad. Los primeros describen la estructura del curso utilizando unidades asignables (lecciones), bloques de unidades asignables y objetivos, que son necesarios para definir prerrequisitos.

Existen tres niveles de complejidad. El nivel 1 describe el contenido del curso y su estructura, el nivel 2 agrega prerrequisitos simples y terminaciones (i.e. elementos cuya finalización afecta a otros elementos), y el nivel 3 incluye expresiones lógicas y describe prerrequisitos y terminaciones complejas (nivel 3a), y agrega objetivos de aprendizaje a la estructura (nivel 3b).

La estructura de cada curso está formada por un conjunto de archivos (véase la Tabla 8) que incluyen ciertos elementos. Para generar un curso se crea un archivo de texto separado por comas con una extensión específica.

Tabla 8. Estructura de los cursos en AGR-010

Archivo	Contiene
Curso	Información del curso, su comportamiento y una descripción que incluye palabras clave utilizadas para definir metadatos
Unidad asignable	Información relativa a las unidades asignables en el curso. Cada una cuenta con su propio registro
Descriptor	La lista de los elementos del curso
Estructura del curso	Información básica sobre la estructura del curso
Relación de los objetivos	Definiciones de las relaciones existentes entre los elementos del curso
Prerrequisito	Requisitos para los bloques y las unidades asignables
Requisitos de finalización	Información que señala cuando un estatus específico debe asignarse a una unidad, bloque u objetivo

3.3.4. PARTICULARIDADES DE ESTAS INICIATIVAS

La Tabla 9 muestra las características más relevantes de IMS LD y demás iniciativas para describir los procesos de enseñanza y aprendizaje explicadas en esta sección. Aunado a ello, es importante destacar que:

- ❖ IMS LD modela el proceso de aprendizaje basado en actividades y está abierto a cualquier teoría de aprendizaje. Ambas características son esenciales para definir la experiencia del aprendizaje. Sin embargo, es una especificación relativamente reciente y no se ha utilizado ni probado lo suficiente. Además, no considera directamente las características de los usuarios o la evaluación, para ello es necesario utilizar otras especificaciones de la familia IMS (i.e. IMS LIP e IMS QTI, respectivamente), ni incluye la definición de contenidos educativos.
- ❖ SCORM, como su nombre lo indica, es un modelo de referencia, por tanto actúa como perfil de aplicación integrando otros estándares y especificaciones. Utiliza el modelo de datos para considerar la evaluación y las características de los estudiantes. Sin embargo, su enfoque es técnico, no modela procesos de enseñanza colaborativos, y no cuenta con una guía para diseñar la instrucción o la evaluación. No obstante, dado que es una iniciativa patrocinada por el gobierno estadounidense, cuenta con considerables montos de inversión para su desarrollo y disseminación.

- ❖ OUNL-EML modela el proceso de aprendizaje basado en actividades de aprendizaje y está abierto a cualquier teoría de aprendizaje; aunque es un método más completo que su predecesor IMS LD, también es más complejo. Integra aspectos como secuencias de actividades, roles, características, seguimiento y evaluación de los estudiantes, y anotación de contenidos educativos. No obstante, desde febrero de 2003, cuando se aprobó la especificación final de IMS LD, OUNL-EML dejó de desarrollarse y mantenerse (Tattersall y Koper, 2003).
- ❖ AICC AGR-010 es la especificación más antigua. Su enfoque inicial fue distribuir contenidos instructivos en microcomputadores y ordenadores centrales. Es por ello que está basada en archivos y orientada a la estructura de cursos. Definir y mantener cursos como un conjunto de archivos resulta complicado y difícil de administrar. Además, esta especificación no toma en cuenta el proceso de aprendizaje, por lo que estrictamente no puede considerarse como un EML. Aunque está diseñada para la formación aeronáutica también se ha utilizado en otros contextos de aprendizaje.

Tabla 9. Características de diferentes iniciativas que describen mediante metadatos el proceso de enseñanza y aprendizaje

	IMS LD v1	SCORM v1.3.1	EML	AICC AGR-010
Características instructivas				
Enfocado en	Diseño instructivo	Estructura del contenido y secuencias del contenido	Unidades de estudio	Estructura del curso y evaluación
Modelado del proceso de aprendizaje	Actividades de aprendizaje	Hasta cierto punto (actividades, objetivos, etc.)	Actividades de aprendizaje	No definido
Teoría del aprendizaje	Abierto a cualquier teoría de aprendizaje	Permite diseñar diferentes diseños instructivos	Abierto a cualquier teoría de aprendizaje	No contempla
Características pedagógicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prerrequisitos ▪ Objetivos ▪ Método ▪ Componentes (e.g. actividades, secuencias, roles, etc.) ▪ Los derivados de IMS LOM (e.g. tipo de interactividad, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivos asociados en el modelo de datos con los SCO ▪ Actividades ▪ Los derivados de IEEE LOM (e.g. tipo de interactividad, nivel de interactividad, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prerrequisitos ▪ Objetivos ▪ Método ▪ Contenidos (e.g. actividades, secuencias, roles, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prerrequisitos ▪ Objetivos
Estructura del contenido	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Assets</i> ▪ SCO ▪ <i>Content Organization</i> 	<p>Objetos de aprendizaje (<i>knowledge objects</i>) que pueden incluir figuras, audio, tablas, propiedades, etc.</p> <p>Pueden incluir referencias a recursos externos que se encuentran en Internet</p>	Unidad asignable, bloque, objetivo

	IMS LD v1	SCORM v1.3.1	EML	AICC AGR-010
Características del estudiante	No (Puede utilizarse IMS LIP)	Hasta cierto punto (puede utilizarse el elemento preferencias del modelo de datos)	Sí	Sí (demográficas)
Seguimiento estudiante	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluación del estudiante	No (Puede utilizarse IMS QTI)	Hasta cierto punto (puede utilizarse el elemento <i>store</i> del modelo de datos)	Sí	Sí
Características Técnicas				
Web Semántica ¹¹	Sí	Sí	Sí	No
Parte de una colección de estándares/especificaciones	Sí	No	No	Sí (hasta cierto punto)
Batería de pruebas (<i>Test suite</i>)	No	Sí	Sí (<i>player</i>)	Sí
Comunicación	Basada en web	Basada en web	Basada en web	Basada en archivos; HTTP; API
Otras características				
Definido por	Academia, vendedores, IEEE LTSC, ADL	Departamento de defensa estadounidense, academia, vendedores, AICC, IEEE LTSC, IMS	Academia (OUNL)	Gobierno estadounidense, vendedores
Año de aprobación	2003	2004	No aplica	1998

¹¹ La Web Semántica (Berners-Lee *et al.*, 2001) en el contexto educativo implica definir los recursos u objetos de aprendizaje independientemente de la estrategia de enseñanza y aprendizaje.

3.4. PUNTOS DÉBILES

Hasta el momento, la utilización de especificaciones o estándares entre los posibles usuarios potenciales (i.e. profesores, diseñadores instructivos, vendedores, instituciones educativas, etc.) está poco difundida. Su diseminación y, por tanto, su éxito a largo plazo, depende de su calidad, utilidad práctica y valor en el “mundo real” (Walker, 2003), cuestiones que, en la mayoría de casos, están por comprobarse, ya que muchas especificaciones se han aprobado recientemente y se encuentran en la fase inicial de aplicación, como en el caso de IMS LD y la última versión de SCORM.

En consecuencia, dar por hecho la utilidad de los estándares para el mercado de metadatos educativos para los ambientes de *e-learning* es arriesgado, y existen diversas cuestiones al respecto sobre las que conviene reflexionar.

En primer lugar, es evidente la confusión sobre el significado del término OA, su alcance y grado de granularidad. Las diferencias entre las definiciones propuestas causan desorientación entre los usuarios potenciales (Friesen y Nirhamo, 2003), provocando que no se entienda o se malinterprete su objetivo, o que se consideren una cuestión exclusiva del ámbito de la investigación, alejada de los contextos prácticos.

Aunado a ello, y debido a que existen demasiadas organizaciones involucradas en el proceso de desarrollo de un estándar, los usuarios potenciales encuentran difícil entender de qué manera cooperan unas con otras, si un estándar o especificación puede volverse obsoleto, y/o cuál resulta más adecuado para una situación particular (Koper, 2004). Por esta razón perciben también la estandarización de los recursos y elementos utilizados en procesos de aprendizaje soportados por tecnología como una cuestión alejada de los contextos reales de aprendizaje.

No hay que perder de vista, además, que las tecnologías de marcado para metadatos educativos es un área de investigación relativamente reciente. Por ende, su grado de adopción es muy bajo y la complejidad técnica que presentan está fuera del alcance de los usuarios no expertos. Uno de los principales problemas para la adopción de este tipo de tecnología es, incuestionablemente, la falta de herramientas de autor para definir

elementos educativos que cumplan con los estándares o especificaciones, y que, a su vez, sean fáciles de utilizar y oculten los metadatos a los usuarios (Duval y Hodgins, 2004). En esta línea, algunos estudios sugieren desarrollar herramientas que permitan realizar búsquedas, recomendar, clasificar, y automatizar entregas de OA similares a las diseñadas con propósitos comerciales como, por ejemplo, Google, Amazon o eBay (Rehak, 2004). Idealmente los metadatos no deberían preocupar a los usuarios finales, sino sólo aportarles beneficios.

La importancia de lo anterior radica en que, de manera errónea, muchas veces se pretende difundir y presentar los estándares y especificaciones como tecnologías dirigidas a cualquier tipo de público. Estas tecnologías en realidad están orientadas a expertos en el diseño instructivo y a especialistas informáticos, y son un medio para que el ordenador procese automáticamente la información, pero no pretenden que el usuario común las emplee directamente, sino que cuente con mecanismos que faciliten su labor sin que sea necesariamente conciente de su existencia.

En cuanto a los atributos didácticos de las tecnologías de marcado, Friesen y Nirhamo (2003) sostienen que una especificación “pedagógicamente neutral”, como se definen IEEE LOM, SCORM o IMS LD, no puede ser al mismo tiempo pedagógicamente relevante. Por su parte, Downes (2003) argumenta que existe incompatibilidad con los principios de diseño de la instrucción, ya que un diseño instructivo no puede reutilizarse en otros contextos porque su definición inicial está dirigida a una experiencia de aprendizaje concreta que emplea objetos de aprendizaje específicos para contextos precisos. Aunque estas afirmaciones se contraponen frontalmente con los objetivos de reutilización de especificaciones como IMS LD y SCORM, desde nuestra perspectiva es importante puntualizar que una especificación se define como “pedagógicamente neutral” porque no prescribe ningún enfoque de enseñanza en particular, lo que permite diseñar flujos de aprendizaje según se considere necesario. La relevancia pedagógica está en la lógica del diseño del aprendizaje y en cómo se lleve a cabo el proceso, no en la especificación que se utilice. Además, aunque es mejor definir procesos de aprendizaje específicos para el tipo de alumnos y el contexto al que van dirigidos, también es cierto que es posible reutilizar elementos diseñados para otros cursos –cosa que ocurre en la práctica muy a menudo–, y modificar diseños y recursos creados por otros para incorporarlos en los propios.

Por otro lado, la investigación en el campo de los estándares es una pieza fundamental para su desarrollo y madurez. Por ejemplo, se han realizado evaluaciones del estándar IEEE LOM que establecen que existen problemas al codificar los valores y al realizar búsquedas utilizando metadatos (Farance, 2003). También se ha evidenciado que las etiquetas relacionadas con cuestiones educativas, pese a que se trata de un estándar para OA, se utilizan muy poco (Friesen y Nirhamo, 2003). Esto se debe a que se trata de un estándar complejo, formado por muchos elementos que se pueden simplificar (i.e. elementos más pequeños y sin tantos sub-elementos) utilizando otros esquemas de notación, como por ejemplo Dublin Core (DCMI Metadata Terms, 2004).

Son necesarias también investigaciones encaminadas a definir mecanismos automáticos que generen metadatos para OA, y que los gestionen inteligentemente mediante técnicas de filtrado, filtrado colaborativo, minería de datos, reconocimiento de patrones o recomendadores sociales (Hodgins, 2004). Igualmente, se precisan estudios empíricos sobre la aplicación, uso y reutilización de especificaciones de OA, diseños instructivos y perfiles de usuario. Se confía también en que el uso y adopción de estándares y especificaciones en diferentes situaciones y contextos genere propuestas para optimizarlos.

Parece evidente, por último, que las organizaciones y consorcios involucrados en el desarrollo de estándares y especificaciones deben organizar y financiar programas de difusión y entrenamiento, así como talleres de evaluación y mesas de trabajo en donde se propongan mejoras. En dichos talleres deben dirigirse tanto a usuarios actuales y potenciales, como a investigadores vinculados al campo de las tecnologías de mercado.

3.5. CONCLUSIONES

Aunque tanto la adopción como la investigación en el área de las tecnologías de mercado se encuentran en sus primeras fases de desarrollo, y resulta una quimera pretender que exista un único estándar para anotar todos los elementos y condiciones que se pueden dar en cada contexto educativo, es innegable que se obtendrían importantes beneficios si

en vez de anotar los metadatos con etiquetas creadas por cada desarrollador, se opta por utilizar alguna especificación, estándar o perfil de aplicación existente.

No hay que perder de vista que, en líneas generales, la siguiente generación de sistemas *e-learning* debe sustentarse, de una u otra manera, en mecanismos para el intercambio, reutilización y personalización de elementos educativos. Ello dará un valor agregado a dichos sistemas y redituará en beneficios para los alumnos, profesores, instituciones e inversores.

Al presentar la especificación IMS LD, este capítulo estableció sus características, y justificó su elección para la anotación de reglas adaptativas y flujos de aprendizaje en los SHAE por encima de otras iniciativas –también expuestas en este capítulo–, con base en varias de sus características.

En primer lugar, IMS LD permite anotar el significado y la funcionalidad pedagógica de los elementos instructivos sin definir ningún enfoque en particular; al mismo tiempo, está orientada a definir la enseñanza como un proceso en donde interactúan alumnos y profesores con actividades y objetos de aprendizaje, y no sólo con contenidos. Además cuenta con elementos de personalización que permiten ajustar los flujos de aprendizaje según los criterios que el diseñador instructivo juzgue convenientes. Otra característica importante de IMS LD para el contexto de esta tesis es la separación e independencia que establece entre el contenido, su estructura y elementos del diseño instructivo, de manera que permite identificarlos, descontextualizarlos e intercambiarlos en otros contextos. Definir SHAE conforme a la especificación IMS LD permitirá también que puedan interoperar con otros sistemas que utilicen esta especificación, e incorporarlos en otras aplicaciones.

Estas son las características que esta tesis pretende aportar a los SHAE. Así, por un lado, estos sistemas considerarán el diseño instructivo y, por otro, podrán intercambiarse y reutilizarse ente diferentes cursos y contextos. Una vez seleccionada la especificación IMS LD, el siguiente capítulo profundiza en su idoneidad para la definición de SHAE.

4. DISEÑOS INSTRUCTIVOS ADAPTATIVOS

Una vez explicadas las características de los SHAE y sus puntos débiles, este capítulo presenta nuestra propuesta para definirlos utilizando como tecnología de marcado la especificación IMS LD. El objetivo es paliar algunos de los problemas que afectan la eficiencia y difusión de estos sistemas, como la poca consideración que recibe el diseño instructivo, la ausencia de un esquema de marcado común, y la imposibilidad de reutilizar sus componentes y de establecer comunicación entre diferentes sistemas.

El núcleo de la propuesta consiste en la definición de unidades de aprendizaje con características adaptativas, lo que hemos llamado Diseños Instructivos Adaptativos. Estas unidades permiten proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje personalizado, según una o más condiciones definidas previamente por el diseñador de la instrucción.

Este capítulo justifica este enfoque, presenta las características de los Diseños Instructivos Adaptativos y su proceso de creación. Además, ejemplifica dicho proceso empleando un escenario de aprendizaje. Finalmente, relaciona esta tesis con otros trabajos en la misma dirección, y expone las conclusiones de este capítulo.

4.1. INTRODUCCIÓN

Como se expuso en el segundo capítulo, el área de los SHAE está en constante evolución y desarrollo. No obstante, también presenta importantes problemas que lastran su desempeño y precisan soluciones.

Entre ellos se encuentran la poca consideración que recibe la adaptación de la estrategia pedagógica, así como la definición de modelos únicos para diseñar los componentes y elementos educativos. Esto último provoca que un SHAE no pueda “entender” la semántica de las reglas de adaptación, dominio del conocimiento, o recursos didácticos de otros SHAE, y, en consecuencia, no sea capaz de intercambiar o reutilizar elementos educativos –como actividades, estrategias, contenidos, reglas de adaptación o diseños instructivos–.

Esta tesis plantea como alternativa de solución a estas cuestiones la definición de SHAE utilizando una notación común, la especificación IMS LD. Ello permitirá introducir en estos sistemas el concepto de diseño instructivo, necesario para considerar el proceso de aprendizaje y no sólo contenidos, además de un método de marcado genérico que permitirá reutilizarlos e intercambiarlos.

Este capítulo fundamenta la propuesta anterior, y explica cómo llevarla a cabo mediante la creación de Diseños Instructivos Adaptativos (DIA) como componentes de los SHAE. Comienza justificando la utilización de IMS LD en los SHAE, la caracterización de este tipo de sistemas bajo dicha especificación, y las ventajas y desventajas de este enfoque. Posteriormente, explica el modelo propuesto, detalla cada uno de sus componentes y lo ejemplifica utilizando un escenario de aprendizaje. Después contrasta esta propuesta con otras similares y concluye con reflexiones alrededor del tema.

4.2. JUSTIFICACIÓN

Hemos identificado como problemas esenciales de los SHAE la poca consideración que recibe la adaptación de la estrategia pedagógica, la definición de modelos únicos para diseñar los componentes y elementos educativos, y su incapacidad para intercambiar o reutilizar elementos educativos. A continuación se exponen tres características de IMS LD mediante las cuales estos problemas pueden solventarse.

En primer lugar, IMS LD puede emplearse para anotar el diseño instructivo en los SHAE, lo que permite establecer un esquema conceptual común, y asegurar que se defina clara y separadamente el flujo de aprendizaje y sus componentes (i.e. actividades de aprendizaje, recursos, etc.). En este sentido, como argumenta Koper (2004), IMS LD puede considerarse una ontología del proceso de enseñanza y aprendizaje, que permite establecer un acuerdo común para definir en los SHAE la representación del conocimiento y sus entidades y relaciones. Esto garantiza un entendimiento común y compartido entre sistemas y aplicaciones.

Aunado a esto, y según lo explicado en el capítulo anterior, una de las características más destacadas de IMS LD es su potencial para anotar características adaptativas que contemplen, por ejemplo, las preferencias del estudiante, sus conocimientos previos, y/o sus necesidades educativas. Aunque el nivel A de IMS LD contiene algunos elementos que permiten personalizar ciertas cuestiones básicas –como la selección de actividades de aprendizaje–, para definir características e interacciones individualizadas es imprescindible utilizar el nivel B, ya que en éste existen los elementos <properties> y <conditions> que permiten, en conjunto, diseñar comportamientos adaptativos.

El nivel B de IMS LD permite, por ejemplo, almacenar información sobre los usuarios mediante el elemento <properties>, definir y ver la información que contienen empleando el elemento <global elements>, y manejar y cambiar sus valores a través del elemento <conditions> (Koper y Burgos, 2005). Este último (que incluye subelementos como <if>, <show>, <hide>) permite adaptar actividades de aprendizaje, actos, *plays*, etc. Elementos como <when-property-value-is-set> y <when-condition-true>, a su vez, ayudan en la definición de características adaptativas. El elemento <role-parts>, que describe qué actividades realizará un rol en un acto, puede utilizarse en cambio para

agrupar a estudiantes en estereotipos, de manera que cada *role-part* cubra una serie de actividades de aprendizaje dirigidas a alumnos que compartan características (e.g. estilo de aprendizaje, conocimientos, etc.).

La tercera característica relevante de IMS LD para resolver los problemas antes citados es que garantiza la reutilización de los componentes, ya que separa las actividades de aprendizaje de los recursos que emplean. En este contexto, reusabilidad se refiere a la posibilidad de utilizar un mismo componente educativo o recurso en diferentes UdA, escenarios educativos o plataformas. Así, el mismo diseño instructivo puede poblarse con distintos recursos o componentes para emplearlo en diferentes contextos de aprendizaje (Richards, 2005), o un conjunto de actividades puede empaquetarse para utilizarse en cursos que persigan diferentes objetivos (McAndrew y Weller, 2005).

Una vez expuestas las razones por las cuales consideramos que las características de IMS LD resultan apropiadas para marcar los metadatos educativos de los SHAE, el resto de este apartado detalla cómo esta especificación, y otras de la familia IMS, pueden utilizarse para modelar estos sistemas.

4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SHAE UTILIZANDO IMS LD

Para definir los elementos de un SHAE tomamos como base la propuesta de Henze y Nejdil (2003) para caracterizar los SHA que se explicó en el segundo capítulo (véase el apartado 2.2.4).

Así, los elementos de un SHAE se pueden modelar con IMS LD, y la familia de especificaciones IMS, de la siguiente forma:

- ❖ DOCS (*Documentos*). Utilizando los elementos de IMS LD <components> (i.e. actividades de aprendizaje y secuencias de actividades) y <act>, y en el caso de los recursos de aprendizaje, empleando IMS LOM (nótese que en este caso el modelado estará basado en actividades de aprendizaje y no en documentos que contienen conceptos).

- ❖ UM (*Modelo del usuario*). Utilizando los elementos de IMS LD que incluye el elemento <properties>: <locpers-property>, <globpers-property> y <localrol-property>. Empleando IMS LIP para almacenar y recuperar características del estudiante, e IMS QTI para obtener, vía pruebas, las características, conocimientos, y preferencias de los estudiantes.
- ❖ OBS (*Observaciones*). Utilizando los elementos de IMS LD <properties>, <on-completion> y <time-limit>. Empleando IMS QTI para obtener, vía pruebas, las características, conocimientos, y preferencias de los estudiantes.
- ❖ AC (*Componente de adaptación*). Utilizando el elemento de IMS LD <conditions> para definir reglas adaptativas que incluyan valores del Modelo del Usuario (UM) y Observaciones (OBS) y Documentos (DOCS) (utilizando elementos como <learning-activity>, <activity-sequence> y <act>, según sea el caso). Este componente debe actualizar el modelo del usuario (o el repositorio IMS LIP si es el caso).

4.2.2. ELEMENTOS PARA REALIZAR LA ADAPTACIÓN EN IMS LD

En el segundo capítulo se explicaron los elementos propuestos por Brusilovsky (1996) y Kobsa *et al.* (2001) para realizar la adaptación en el área de los SHA. En el campo del diseño instructivo, Koper (2005) divide las condiciones del aprendizaje en:

- ❖ Objetivos de aprendizaje: conocimientos, habilidades, actitudes, competencias.
- ❖ Características del estudiante: conocimientos previos, motivación, circunstancias personales.
- ❖ Características del medio: ancho de banda, síncrono/asíncrono, lineal/interactivo, tipos de medios.
- ❖ Características del trabajo: individual, en grupo, en casa, en la escuela.

Existen elementos comunes en estas propuestas. Por tanto, para definir mediante IMS LD el conjunto de elementos que se considerarán para realizar la adaptación, creemos necesario combinar las categorías establecidas por Koper (2005), los elementos

propuestos por Brusilovsky (1996) y Kobsa *et al.* (2001), y los que utilizan los SHAE examinados en el segundo capítulo y detallados en el Apéndice A.

La Tabla 10 muestra nuestra propuesta al respecto. Los elementos incluidos en esta tabla pueden modelarse utilizando el elemento <properties> de IMS LD. No obstante, las características del medio es más conveniente definir las bajo la especificación IMS LOM dado que ésta cubre las propiedades de los objetos de aprendizaje y de su entorno. Nótese, además, que las características del trabajo que menciona Koper no están incluidas en la tabla. Esto se debe a que esta propuesta no cubre técnicas de adaptación que consideren si el aprendizaje se desarrolla en la casa o en la escuela, ni técnicas para espacios de colaboración adaptativos que tomen en cuenta si el aprendizaje se lleva a cabo en grupo o individualmente.

Tabla 10. Elementos para realizar la adaptación utilizando IMS LD

ID	Categoría	Opciones	Tipo de dato	Ejemplos
[LOB]	<i>Learning Objectives</i> Objetivos de aprendizaje		Carácter, Booleano	Conocimientos, actitudes, habilidades, competencias
[LD]	<i>Learner Demographics</i> Características demográficas del estudiante	Edad	Entero	
		Lenguaje	Carácter, Booleano	Español, inglés, alemán
[LC]	<i>Learner Characteristics</i> Características del estudiante	Conocimiento inicial	Carácter, Entero, Booleano, Porcentaje	
		Estilo de aprendizaje	Carácter, Booleano	Dimensiones propuestas por Felder y Silverman (1988): sensitivo/intuitivo, visual/verbal, secuencial/global
[LP]	<i>Learner Preferences</i> Preferencias del estudiante	Nivel de detalle	Carácter, Booleano	Básico, medio, alto
		Estilo de aprendizaje	Carácter, Booleano	Dimensiones propuestas por Honey y Mumford (1992) : <i>Activist, Pragmatist, Reflector, Theorist</i>
		Tipo de interactividad	Carácter, Booleano	Lineal/interactivo
		Estrategia de aprendizaje	Carácter, Booleano	Teoría/práctica; aprendizaje por descubrimiento ; aprendizaje basado en casos de estudio
[MC]	<i>Media Characteristics</i> Características del medio	Características técnicas	Booleano, Entero	Sistema operativo, ancho de banda, hardware
		Comunicación	Carácter, Booleano	Síncrona/asíncrona
		Tipo de medio	Carácter, Booleano	Vídeo, texto, gráfico
		Tipo de interactividad	Carácter, Booleano	Lineal/interactiva

4.2.3. TÉCNICAS DE ADAPTACIÓN E IMS LD

Gracias a que IMS LD permite diseñar flujos de aprendizaje que consideren diversas posibilidades de interacción, es posible emplear esta especificación en la definición de técnicas de adaptación. Por ejemplo, para diseñar técnicas como la de variantes de páginas o fragmentos se pueden mostrar o esconder secuencias de actividades de aprendizaje. De la misma manera que, para diseñar métodos de la navegación adaptativa, se pueden tomar como base los valores de algunas propiedades y marcar, mediante el atributo “class” de XHTML, los enlaces que llevan a diferentes actividades de aprendizaje.

La definición de la adaptación, además, puede establecerse a partir de diferentes elementos de la estructura del LD, como a nivel *play*, acto, *role-part*, actividad de aprendizaje o secuencia de actividades. Para describir el comportamiento adaptativo se debe utilizar principalmente el elemento <conditions> para establecer las situaciones y consideraciones en que se realizará la adaptación, así como los elementos relacionados con las propiedades (<locpers-property>, <locrole-property>, <globpers-property>) que permiten conocer los valores de los atributos que se tomarán en cuenta para ejecutar la adaptación. Igualmente, es útil el elemento <on-completion> para determinar cuáles son las acciones que deben realizarse una vez que la acción se ha completado.

En consecuencia, los elementos de IMS LD que estructuran el flujo del aprendizaje pueden utilizarse para modelar técnicas de adaptación. La Tabla 11 ilustra algunos ejemplos. Considera además los elementos para realizar la adaptación, provenientes de los establecidos anteriormente en la Tabla 10, las características u opciones posibles según los atributos de la especificación, y los tipos de anotación de enlaces que utilizan algunos de los SHAE recapitulados en el segundo capítulo, y detallados en el Apéndice A. La separación entre elementos se muestra utilizando la conjunción OR, representada con “|”, y el conjunto de elementos que se puede considerar para realizar la adaptación (o propiedades) como un vector, representado como “[]”.

Los elementos de la estructura de IMS LD presentados en la segunda columna pueden considerarse “envoltorios”. Es decir, si se selecciona un elemento *play*, entonces la técnica de adaptación se realizará para todos los elementos incluidos en dicho *play*. De la

misma manera que si una secuencia de actividades se elige, la técnica de adaptación se realizará para todos los elementos incluidos en dicha secuencia (e.g. actividad de aprendizaje, actividad de soporte, secuencia de actividades). Si una actividad de aprendizaje se selecciona, entonces únicamente ésta será susceptible de adaptación ya que no agrupa otros sub-elementos.

Como se mencionó anteriormente, la Tabla 11 toma los mismos elementos para realizar la adaptación definidos previamente en la Tabla 10, pero incluye el elemento prerequisite, [PRE], también de la estructura del flujo de aprendizaje de IMS LD. Esto con el objetivo de poder definir técnicas de adaptación que consideren el cumplimiento previo de un requisito para llevar a cabo, por ejemplo, una actividad o una técnica de adaptación.

Tabla 11. Técnicas de adaptación e IMS LD

Técnica de adaptación	Elemento	Elementos para realizar la adaptación (propiedades)	Tipo / Opciones
Guía directa o secuencia del currículo	<i>Play</i> Acto <i>Role-Part</i> Secuencia de actividades Actividad de aprendizaje	[LOB] [PRE] [LC] [LP] [LD] [MC]	<i>Tipo:</i> {Secuencia Selección} <i>Opciones:</i> {Cuando se complete En un límite de tiempo}
Mostrar/ocultar enlaces	<i>Play</i> Acto <i>Role-Part</i> Secuencia de actividades Actividad de aprendizaje	[LOB] [PRE] [LC] [LP] [LD] [MC]	
Anotar enlaces	<i>Play</i> Acto <i>Role-Part</i> Secuencia de actividades Actividad de aprendizaje	[LOB] [PRE] [LC] [LP]	<i>Tipo:</i> {Metáfora del semáforo Booleano Iconos}
Variantes de páginas o fragmentos	<i>Play</i> Acto <i>Role-Part</i>	[LOB] [PRE] [LC] [LP] [LD]	

Para mostrar la utilidad de IMS LD para diseñar técnicas de adaptación supongamos un escenario de aprendizaje en el cual los estudiantes con un conocimiento inicial menor que cinco puntos serán considerados principiantes, y se les mostrará una actividad de aprendizaje complementaria.

Dado este escenario, se puede modelar una técnica adaptativa de guía directa (definida en el primer renglón de la Tabla 11) que muestre una actividad de introducción al tema si el

estudiante tiene un conocimiento inicial menor que cinco. Esta técnica puede modelarse de la siguiente manera:

(a) Definiendo una actividad de aprendizaje complementaria (“*LA-Introduction*”) (i.e. la actividad de aprendizaje es un elemento que se encuentra en la segunda columna de la Tabla 11):

```
<imsld:learning-activity identifier="LA-Introduction">
  <imsld:title>Introduction for beginners </imsld:title>
  <imsld:activity-description>
    <imsld:item identifierref="LO-Introduction"/>
  </imsld:activity-description>
</imsld:complete-activity>
</imsld:learning-activity>
```

(b) Definiendo una propiedad global que contenga el conocimiento inicial del estudiante (“*PP-InitialKnowledge*”) (el conocimiento inicial es un elemento con el cual se puede realizar la adaptación. Pertenece al [LC] que se encuentra en la tercera columna de la Tabla 11):

```
<imsld:globpers-property identifier="PP-InitialKnowledge">
  <imsld:datatype datatype="integer"/>
  <imsld:initial-value>0</imsld:initial-value>
</imsld:globpers-property>
```

(c) Definiendo una condición que considere una propiedad que contenga el conocimiento inicial del estudiante (“*PP-InitialKnowledge*”) y muestre la actividad de aprendizaje complementaria (“*LA-Introduction*”):

```
<imsld:if>
  <imsld:is>
    <imsld:less-than>
      <imsld:property-ref ref="PP-InitialKnowledge"/>
      <imsld:property-value>5</imsld:property-value>
    </imsld:less-than> </imsld:is>
  <imsld:then>
<imsld:show>
  <imsld:learning-activity-ref ref="LA-Introduction"/>
  </imsld:show>
</imsld:then>
</imsld:if>
```

Siguiendo con el ejemplo, una técnica de ocultamiento de enlaces (definida en el segundo renglón de la Tabla 11) que esconda la ruta avanzada de estudio a aquellos estudiantes que tengan un conocimiento inicial menor que cinco puntos se puede modelar de la siguiente forma:

(a) Definiendo una estructura de actividades (“*AS-Advanced*”) que agrupe dos actividades de aprendizaje para alumnos avanzados (“*LA-Intro-AD*” y “*LA-History-AD*”):

```
<imsld:activity-structure identifier="AS-Advanced">
  <imsld:title> Route for advanced students </imsld:title>
  <imsld:learning-activity-ref ref = "LA-Intro-AD" />
  <imsld:learning-activity-ref ref = "LA-History-AD" />
</imsld:activity-structure>
```

(b) Definiendo una condición que considere el valor de la propiedad conocimiento inicial definida anteriormente (“*PP-Initial-Knowledge*”) para esconder al estudiante la estructura de actividades (“*AS-Advanced*”).

```
<imsld:if>
<imsld:is>
<imsld:less-than>
  <imsld:property-ref ref="PP-InitialKnowledge"/>
  <imsld:property-value>5</imsld:property-value>
</imsld:less-than>
</imsld:is>
<imsld:then>
  <imsld:hide>
    <imsld:activity-structure ref="AS-Advanced"/>
  </imsld:hide>
</imsld:then>
</imsld:if>
```

De la misma manera, una técnica de anotación de enlaces (definida en el tercer renglón de la Tabla 11) que considere la percepción del estudiante sobre su nivel de destreza en el tema, y marque con viñetas la estructura de actividades (e.g. amarillo para recomendado) puede modelarse como sigue:

(a) Definiendo una condición que tenga en cuenta una propiedad que contenga el nivel de destreza del estudiante (“*PP-Level*”) y muestre el atributo *class*:

```

<imsld:if>
<imsld:is>
  <imsld:property-ref ref="PP-Level"/>
  <imsld:property-value>A</imsld:property-value>
</imsld:is>
  <imsld:then>
    <imsld:show>
      <imsld:class class="AdvancedSt" with-control="true" title="Advanced
Students"/>
    </imsld:show>
  </imsld:then>
</imsld:if>

```

(b) Preguntando al estudiante, en tiempo de ejecución, su nivel de destreza en el tema utilizando un archivo XHTML externo:

```

<p> ¿Cuál es tu nivel de conocimiento en este tema? </p>
<p> A. Avanzado</p>
<p> B. Principiante</p>
<p> Respuesta: <set-property ref='PP-Level' of='self' /></p>

```

(c) En tiempo de ejecución, un *player* de IMS LD utiliza la condición para mostrar la estructura (“*AS-Advanced*”) y la marca con viñetas amarillas:

```

<div class="AdvancedSt" style='color:yellow'>
  <a href = "AS-Advanced"></a>
  </img>
</div>

```

4.2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR IMS LD EN LOS SHAE

Aunque IMS LD no es una especificación dirigida exclusivamente al diseño de SHAE y, por ende, puede restringir la libertad en la creación de flujos de aprendizaje con características adaptativas, desde nuestra perspectiva la incorporación de esta especificación en la definición de SHAE tiene las siguientes ventajas:

- ❖ Incorpora una notación existente (i.e. ontología) para describir el conocimiento que se desea transmitir y las estrategias pedagógicas.

- ❖ Asegura la separación entre las estrategias pedagógicas, la lógica adaptativa y los contenidos.
- ❖ Enfatiza la importancia del diseño de estrategias de enseñanza en SHAE y sirve como guía para describir enfoques pedagógicos que se adecuen a las características de los estudiantes y al conocimiento que se desea transmitir.
- ❖ Aumenta la eficiencia del diseño de la instrucción y reduce el costo y tiempo de desarrollo en los SHAE, gracias a la reutilización e intercambio de diseños instructivos entre diferentes sistemas de este tipo.
- ❖ Permite agregar rápidamente recursos y diseños instructivos con características adaptativas en diferentes cursos, lecciones y aplicaciones.
- ❖ Permite reutilizar elementos creados para un curso en otros cursos.
- ❖ Uniformiza el diseño de la instrucción a nivel institucional si se proveen diseños instructivos (LD) a profesores para que adjunten sus propios recursos educativos.
- ❖ Posibilita la realización de pruebas y prototipos en poco tiempo (e.g. se edita un LD y se evalúa su comportamiento utilizando una herramienta compatible con IMS LD).

No obstante, aunque IMS LD puede emplearse para modelar y anotar SHAE, resulta difícil con esta especificación soportar múltiples interacciones y asegurar que el flujo de aprendizaje se cumpla (Towle y Halm, 2005). Además, diseñar comportamientos adaptativos complejos no es sencillo. Por ejemplo, en la versión actual de IMS LD no es posible anotar contenidos del aprendizaje –para llevar a cabo métodos presentación adaptativa con técnicas de texto expansible o texto condicional–, o definir roles que consideren las características de los estudiantes (i.e. conocimientos, preferencias, etc.).

Aunado a lo anterior, en IMS LD no es posible diseñar comportamientos adaptativos dinámicos. Ello se debe a que para distribuir UdA que cumplan con esta especificación es necesario utilizar el esquema de representación IMS CP que está centrado en el manifiesto, lo que obliga a establecer previamente las condiciones para ejecutar el flujo de aprendizaje. Una solución para esto es definir las condiciones de personalización, propiedades y elementos de la estructura del aprendizaje, como entidades independientes y almacenarlos en diferentes repositorios. Después, en tiempo de ejecución, se pueden

construir dinámicamente flujos de aprendizaje considerando las particularidades de los estudiantes y su interacción con el sistema. Así, las interacciones en el proceso de aprendizaje se realizan del estudiante al sistema y no, como sucede actualmente debido a las características de la especificación, del sistema al estudiante.

Otra solución para ello es, como plantean Paquette, Marino, De la Teja, Léonard, y Lundgren-Cayrol (2005b), suprimir los niveles B y C de IMS LD –restringiendo la especificación al nivel A– de tal forma que las condiciones de personalización puedan almacenarse fuera de la definición de la UdA.

En ambas soluciones el primer paso es definir los elementos de IMS LD de manera independiente. Ello facilitará, además, su reutilización e intercambio entre diferentes cursos y contextos, y evitará crear el mismo elemento (e.g. actividades de aprendizaje, roles) para diversas UdA.

En esta línea se dirige una parte importante de esta tesis: diseñar de manera independiente, y utilizando IMS LD, los elementos del flujo de aprendizaje, reglas de adaptación y condiciones. Para posteriormente integrarlos en la etapa de diseño de SHAE como componentes que contienen la definición del proceso de aprendizaje y sus características adaptativas. Dichos componentes, llamados Diseños Instructivos Adaptativos, se detallan en el siguiente apartado.

4.3. DISEÑOS INSTRUCTIVOS ADAPTATIVOS (DIA)

4.3.1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS

Un Diseño Instructivo Adaptativo (DIA) es una UdA que contiene elementos que permiten proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje que considera una o más condiciones de personalización definidas previamente.

Con el objetivo de permitir su reutilización, los DIA están semánticamente estructurados y diseñados de acuerdo con IMS LD. Es decir, los elementos de un DIA son los mismos que los de IMS LD (con excepción de los objetos de aprendizaje que siguen la

especificación IMS LOM). Por tanto, estos componentes pretenden combinar las características de personalización y reusabilidad de esta especificación.

La Figura 12 contiene un ejemplo del DIA¹² denominado *Hypermedia Introduction*. Incluye una propiedad de personalización (“*P-Initial-Knowledge*”) que almacena el conocimiento previo del estudiante sobre el tema que está integrada en una condición que considera su valor para desplegar una actividad de soporte (“*Learning Activity*”, LA1) o una introducción sobre hipertexto (LA2). Esta separación entre los elementos permite que existan tres formas de reutilizar un DIA:

1. DIA como plantilla que aprovechan los autores para adjuntar sus propios recursos, propiedades, actividades de aprendizaje, condiciones, etc., para así crear DIA adecuados a sus necesidades. El ejemplo de la Figura 12 podría considerarse como plantilla si las actividades LA1.doc y LA2.html se eliminan, y los autores agregan las actividades y recursos que deseen.
2. Elementos de un DIA intercambiables con otros DIA. La manera en que se estructura un DIA –mediante la metáfora del Lego explicada en el siguiente apartado– permite a los autores crear nuevos DIA utilizando componentes definidos previamente. Por ejemplo, la actividad de aprendizaje L1 (“*Background of Hypermedia*”) de la Figura 12 podría incluirse también en otro DIA como actividad sobre la evolución de la Web. Del mismo modo, que la condición “*IF P-Initial-Knowledge < THRESHOLD*” puede incluirse en diferentes DIA.
3. DIA para cubrir nuevos requisitos o situaciones de aprendizaje. Por ejemplo, en el DIA de la Figura 12 se puede incluir una nueva propiedad que considere el conocimiento final del estudiante (e.g. “*P-Final-Knowledge*”), y utilizarla en una condición si su valor es menor al límite establecido para mostrar actividades de aprendizaje complementarias.

¹² El esquema mostrado sigue la misma estructura que la empleada por Towle y Halm (2005). Sólo se muestran las partes más relevantes.

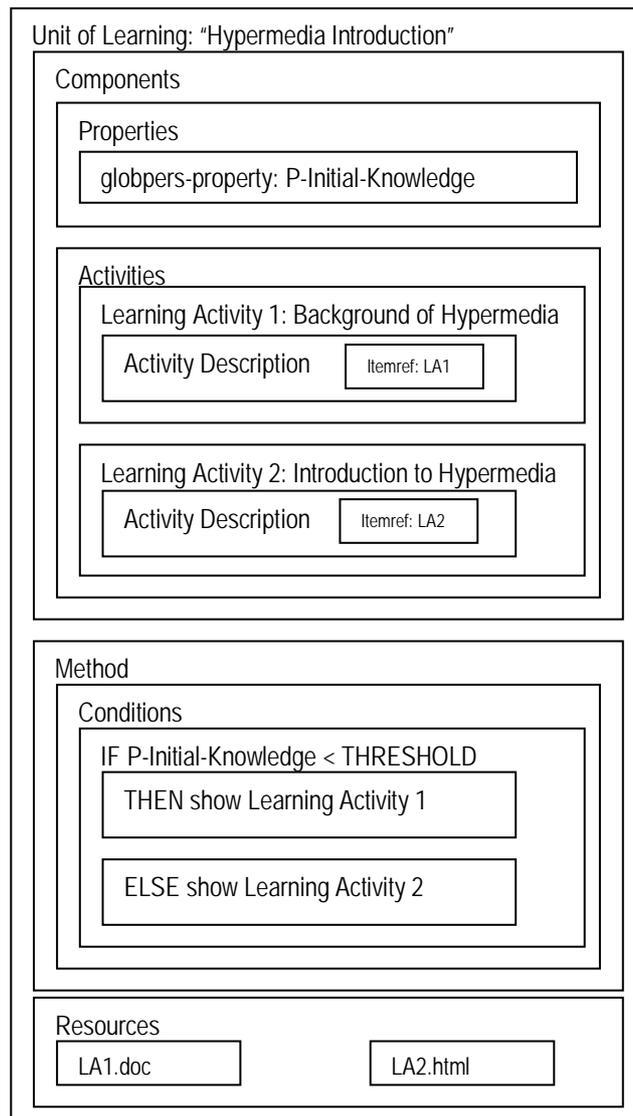


Figura 12. DIA: Ejemplo

4.3.2. LA METÁFORA DEL LEGO

La definición de un DIA sigue la metáfora del Lego (Berlanga y García, 2005b). Desde nuestra perspectiva, esta separación es crucial para permitir la reutilización e intercambio de los diferentes componentes ya que de esta forma cada elemento de IMS LD, como los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, componentes (i.e. actividades de aprendizaje y estructuras de actividades), propiedades de personalización, actos, *plays*, reglas de adaptación (i.e. condiciones), y métodos se definen y almacenan como objetos

independientes. Esto permite a los autores reutilizar e intercambiar un DIA, pero también cada uno de sus componentes en diferentes contextos, lecciones, y cursos.

La Figura 13 representa el enfoque del Lego con el que se definen los DIA. Cada tipo de elemento es almacenado en diferentes repositorios y cada color representa los diferentes pasos del proceso de creación. Para facilitar la legibilidad, la figura no muestra todas las relaciones posibles. La Tabla 12 contiene para cada elemento en qué elementos puede incluirse, qué elementos incluye, y en qué elementos de IMS LD se pueden adjuntar objetos de aprendizaje.

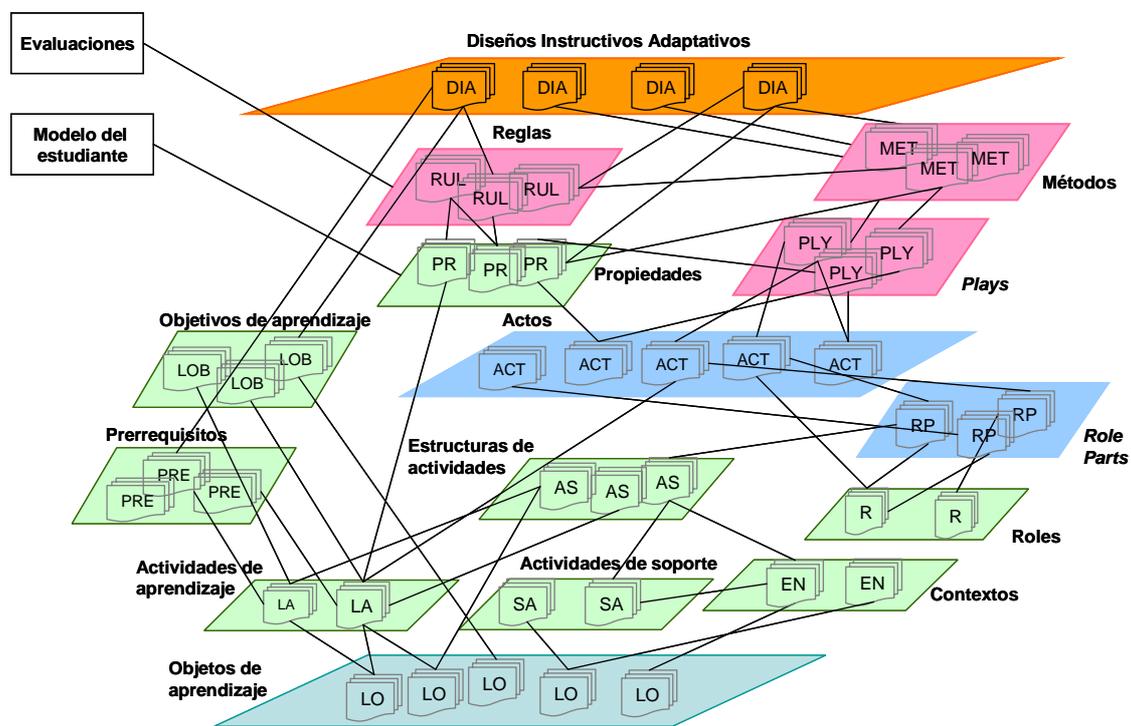


Figura 13. DIA: Metáfora del Lego

Tabla 12. DIA: Elementos y sus relaciones

ID	Nombre	Puede incluirse en	Puede incluir	Objeto de Aprendizaje en elemento(s) de IMS LD
LO	Objeto de aprendizaje (<i>Learning Object</i>)	LO, LOB, PRE, LA, SA, AS, EN, R, ACT, PLY, MET	LO	<item>
LOB	Objetivo de aprendizaje (<i>Learning objective</i>)	LA, DIA	LO	<item>
PRE	Prerrequisito (<i>Prerequisite</i>)	LA, DIA	LO	<item>
LA	Actividad de aprendizaje (<i>Learning activity</i>)	AS, RP, RUL	LO, LOB, PRE, EN, PP	<activity-description> <feedback-description>
SA	Actividad de soporte (<i>Support activity</i>)	AS, R, RP, RUL	LO, RP, EN, PP	<activity-description> <feedback-description>
AS	Estructura de actividades (<i>Activity structure</i>)	RP, AS, RUL	LO, LA, EN, SA, AS, DIA	<information>
EN	Contexto (<i>Environment</i>)	EN, LA, SA, AS, RP, RUL	LO, EN	<learning-object>
R	Rol (<i>Role</i>)	RP, ACT	LO, SA	<information>
RP	<i>Role-Part</i>	ACT, SA	R, LA, SA, EN, AS, PP, DIA	
ACT	Acto (<i>Act</i>)	PLY	LO, RP, PP, R, DIA	<feedback-description>
PLY	Ejecución (<i>Play</i>)	MET, RUL	LO, ACT, PP	<feedback-description>
PP	Propiedades (<i>Properties</i>)	RUL, LA, SA, RP, ACT, PLY, MET, DIA		
RUL	Reglas (o condiciones) (<i>Rules</i>)	MET, DIA	PP, EN, LA, SA, AS, PLY, MET, DIA	
MET	Método (<i>Method</i>)	RUL, DIA	LO, PLY, RUL, PP	<feedback-description>
DIA	Diseño Instructivo Adaptativo (DIA)	RP, ACT, AS, RUL	LOB, PRE, PP, RUL, MET	

Por ejemplo, si un autor crea el objeto de aprendizaje *LO-y*, éste puede incluirse en la regla adaptativa *RUL-x*, que a su vez puede integrarse en el método *MET-z*, de la misma forma que la regla *RUL-x* puede incorporarse en el método *MET-z*. De esta manera los diferentes componentes de un DIA pueden reutilizarse e intercambiarse entre diferentes SHAE, aplicaciones y herramientas. Además, la definición de un nuevo método de instrucción no implica la anotación de elementos (e.g actividades de aprendizaje, roles, objetivos, etc.) creado previamente para otros DIA.

Nótese que la Figura 13 muestra a las propiedades conectadas al modelo del estudiante, con el fin de administrar, actualizar y recuperar información del usuario, y a las reglas de adaptación vinculadas al repositorio de evaluaciones para establecer reglas que consideren resultados obtenidos a partir de evaluaciones. Idealmente, el modelo del usuario y el repositorio de evaluaciones deben definirse bajo IMS LIP e IMS QTI, respectivamente.

Es importante destacar que la metáfora del Lego no implica que cada elemento pueda combinarse con cualquier otro elemento o disponerse de cualquier manera –un enfoque criticado por Wiley (2002)–. Todo lo contrario, la combinación de elementos sigue las relaciones mostradas en la Tabla 12 y el modelo de información de IMS LD.

4.3.3. DEFINICIÓN

La Figura 14 muestra las fases de definición de un DIA. El resto de esta sección las detalla, y la siguiente ejemplifica la definición de un DIA utilizando un escenario de aprendizaje.

4.3.3.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE

Como se mencionó anteriormente, el término objeto de aprendizaje puede emplearse de diferentes maneras. En este contexto se define como cualquier recurso digital que se desee incluir en un elemento de un DIA (la última columna de la Tabla 12 muestra qué elementos pueden incluir objetos de aprendizaje). Por ejemplo, si una actividad de aprendizaje incluye una imagen, primero esta última debe definirse como objeto de aprendizaje –ello, además, facilitará que después se pueda agregar en otras actividades–.

Después, cuando se define la actividad en cuestión se le agregará el objeto de aprendizaje que contiene las características de la imagen.

La definición de un objeto de aprendizaje conlleva, además, a establecer los metadatos que lo caracterizan. Lo mismo ocurre con otros elementos del DIA como los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, roles, actividades de aprendizaje, etc. Para ello, aunque se puede emplear cualquier esquema de marcado, IMS recomienda utilizar IMS LOM.

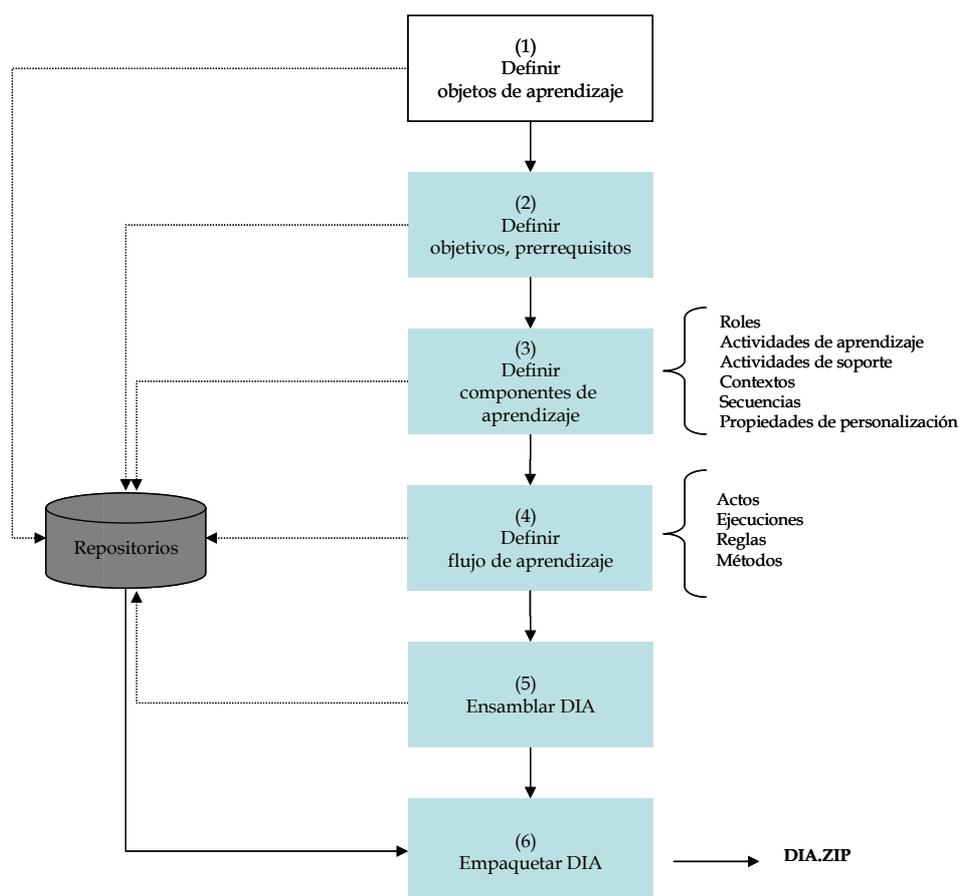


Figura 14. DIA: Fases de definición

4.3.3.2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y PRERREQUISITOS

Los objetivos de aprendizaje contienen los resultados esperados. Se definen independientemente de un diseño o actividad de aprendizaje en concreto, con lo cual una vez creados pueden incluirse tanto a nivel DIA como a nivel actividades de aprendizaje.

Es decir, un DIA puede utilizar el mismo objetivo de aprendizaje que en otro diseño instruccivo se incluye a nivel actividad de aprendizaje. Esto ayuda a reutilizarlos en diferentes elementos, diseños o lecciones.

Para definir los objetivos de aprendizaje es necesario indicar su título, el recurso educativo con el que están relacionados (i.e. objeto de aprendizaje o URL) y sus metadatos.

Por su parte, los prerrequisitos representan las condiciones previas necesarias para llevar a cabo el DIA o una actividad de aprendizaje. Para definirlos es necesario indicar su título, recurso educativo al que están relacionados (i.e. objeto de aprendizaje o URL) y sus metadatos.

Con el objetivo de reutilizarlos en diferentes elementos los prerrequisitos, al igual que los objetivos de aprendizaje, se definen sin que se les relacione con un diseño o actividad de aprendizaje en particular.

4.3.3.3. COMPONENTES DE APRENDIZAJE

En este paso se definen los componentes de aprendizaje, es decir, los roles, actividades de aprendizaje, secuencias de actividades de aprendizaje, actividades de soporte, contextos, y propiedades de personalización. A continuación se detalla cada uno de estos elementos.

4.3.3.3.1. Roles

Los roles representan los participantes del DIA. Éstos pueden ser estudiantes o personal de soporte, como profesores, tutores o monitores. Para definirlos se indica su nombre, tipo (estudiante o *staff*) y sus metadatos.

4.3.3.3.2. Actividades de aprendizaje

Las actividades de aprendizaje son la parte central del flujo de aprendizaje. Establecen las acciones que se llevarán a cabo para alcanzar un objetivo de aprendizaje. Para definir las es necesario:

- ❖ Indicar sus propiedades, que incluyen el título, metadatos, y las condiciones bajo las que se considerará que la actividad de aprendizaje se ha completado. Las opciones que IMS LD tiene para ello son: (i) el estudiante decide, (ii) un límite de tiempo determinado, (iii) sin restricción.
- ❖ Seleccionar los objetivos de aprendizaje deseados de los definidos previamente en el paso anterior.
- ❖ Seleccionar los prerrequisitos deseados de los definidos previamente en el paso anterior.
- ❖ Describir la actividad de aprendizaje, indicando su nombre, recursos relacionados y metadatos.
- ❖ Describir la retroalimentación, indicando su nombre, recursos relacionados y metadatos.

4.3.3.3.3. Actividades de soporte

Las actividades de soporte son las tareas realizadas por el personal que apoya o guía el proceso de aprendizaje. Para definir las es necesario:

- ❖ Indicar sus propiedades, que incluyen el título, metadatos, y las condiciones bajo las que se considerará que la actividad de soporte se ha completado. Las opciones que establece IMS LD son: (i) el estudiante decide, (ii) un límite de tiempo determinado, (iii) sin restricción.
- ❖ Seleccionar, si procede, el o los roles para los que la actividad de soporte se llevará a cabo. Si esta opción se activa, se realizará la actividad de soporte para cada estudiante que pertenezca al rol elegido.
- ❖ Describir la actividad de soporte, indicando su nombre, recursos relacionados y metadatos.
- ❖ Describir la retroalimentación, indicando su nombre, recursos relacionados y metadatos.

4.3.3.3.4. Estructuras de actividades de aprendizaje

Estos elementos agrupan actividades o estructuras de actividades de aprendizaje, e indican si se presentarán al estudiante de forma secuencial o por selección. En el primer caso el estudiante debe cumplir el orden preestablecido por el diseñador, mientras que en el segundo es el alumno quien decide el recorrido que desea seguir. Para definir una estructura de aprendizaje es necesario:

- ❖ Definir sus propiedades, lo que incluye su título, tipo (secuencial, selección) y las condiciones bajo las que se considerará que la estructura se ha completado: si se deben realizar determinado número de actividades o si todas las actividades deben cubrirse.
- ❖ Indicar información relacionada, seleccionando el recurso que la contiene (objeto de aprendizaje o URL) y sus metadatos.
- ❖ Crear la nueva estructura, seleccionando las actividades y estructuras que la formarán. Las actividades y estructuras elegibles son las definidas previamente.

4.3.3.3.5. Contextos

Los contextos, o *environment*, contienen los objetos de aprendizaje¹³ o sub-contextos que se utilizarán en las actividades de aprendizaje. Para definirlos es necesario:

- ❖ Indicar sus propiedades, que incluyen el título y los metadatos.
- ❖ Seleccionar el objeto de aprendizaje, URL, o sub-contexto deseado, de los definidos previamente.

4.3.3.3.6. Propiedades de personalización

Las propiedades son variables (e.g. estilo de aprendizaje, conocimientos, preferencias, etc.) que se considerarán para ajustar el DIA a las características de los alumnos. Son variables abiertas, es decir, no existe ninguna restricción al respecto, es posible crear

¹³ Como se mencionó anteriormente, los contextos también pueden incluir el elemento *service* (correo, conferencia o indexación). No obstante, están fuera del alcance de este trabajo.

cualquier tipo de propiedad. Posteriormente, éstas se pueden incluir en el flujo de aprendizaje dentro de reglas y técnicas de adaptación.

Para definir las es necesario indicar su título, URL u objeto de aprendizaje, tipo de dato, restricciones, valor inicial y metadatos.

4.3.3.4. FLUJO DE APRENDIZAJE

4.3.3.4.1. *Role-parts* y actos de aprendizaje

Los actos contienen las actividades que realizarán los roles. Cada acto se identifica con un *role-part*, o “papel”, que asigna una actividad de aprendizaje a un rol. La función del *role-part* es servir de enlace entre el método y los componentes de aprendizaje (Olivier y Tattersall, 2005).

Para definir un acto de aprendizaje, es necesario:

- ❖ Definir los *role-parts* que incluye, indicando su nombre y seleccionando el rol y las actividades o estructuras de aprendizaje que deben llevar a cabo. Los roles, las actividades y estructuras que se pueden elegir son las definidas previamente (i.e. en la definición de componentes de aprendizaje).
- ❖ Especificar las propiedades del acto, señalando su título y las opciones bajo las cuales se considerará que se ha completado.
- ❖ Describir la retroalimentación, indicando su título, recursos relacionados y metadatos.

4.3.3.4.2. *Plays*

Los *plays*, o ejecuciones del aprendizaje, indican qué roles deben realizar qué actos en qué orden. Para definirlos es necesario:

- ❖ Definir las propiedades del *play*, indicando su título, las opciones bajo las cuales se considerará que se ha completado, y sus metadatos.
- ❖ Seleccionar los actos de aprendizaje que forman parte del *play*. Los actos de aprendizaje elegibles son los definidos previamente en el paso anterior.
- ❖ Definir la retroalimentación, indicando su título, recursos relacionados y metadatos.

4.3.3.4.3. Reglas y técnicas de adaptación

En la mayoría de los casos, en los SHAE las reglas y técnicas de adaptación están predefinidas y no pueden modificarse o definirse por los autores. En contraste, en esta propuesta, el objetivo es dar libertad a los diseñadores para que seleccionen y escojan las características y variables que consideren adecuadas para llevar a cabo la adaptación. Por esta razón, las reglas de adaptación están definidas bajo un formalismo que permite a los autores seleccionar los elementos y las funciones que se utilizarán para ajustar el flujo del DIA a las características de los estudiantes y a la naturaleza del conocimiento que se desea transmitir.

Se han establecido dos formas de diseñar la adaptación: definiendo reglas o seleccionando elementos para establecer técnicas para el soporte a la navegación. Las reglas están dirigidas a usuarios con conocimientos avanzados de IMS LD, mientras que la selección de técnicas pretende guiar a los usuarios que tengan pocos conocimientos sobre esta especificación. Además, en ambos tipos la adaptación se define como un elemento independiente, lo que permite reutilizarla en otros DIA o sistemas compatibles con IMS LD.

A continuación se explican las reglas de adaptación y, posteriormente, las técnicas de adaptación para el soporte a la navegación.

4.3.3.4.3.1. Reglas de adaptación

Las reglas de adaptación son enunciados que contienen las condiciones que se tomarán en cuenta para ajustar el DIA.

Este tipo de definiciones están dirigidas a diseñadores instructivos o profesores expertos en el manejo de IMS LD que necesitan un esquema flexible y abierto para crear propiedades de personalización y reglas de adaptación.

Existen tres tipos de reglas: (1) enunciados adaptativos; (2) técnicas de adaptación de libre definición; y (3) estereotipos de estudiante. Cabe destacar que, como se verá más adelante, los enunciados adaptativos son la base para definir técnicas de adaptación de libre definición y estereotipos de estudiante.

4.3.3.4.3.1.1 Enunciados adaptativos

Estos enunciados, que definen las condiciones necesarias para ejecutar una acción adaptativa, utilizan el conjunto de elementos propuesto en la Tabla 13 (que se explica más adelante) y se definen de la siguiente manera (notación BNF):

(1) **<adaptive-statement>** ::= IF <condition> THEN <action>

En donde:

<conditon> → Condición que se tomará en cuenta para realizar la acción.
 <action> → Acción que se realizará si la condición se cumple.

(2) **<condition>** ::= <element-set> [<unitary-op-set>] "("<expression>
 ")" [<binary-op-set> <condition>]

En donde:

<element-set> → Elemento que se considerará en la adaptación. Puede incluir cualquier elemento del conjunto *element-set*.
 <unitary-op-set> → *Unitary operation set*. Operación que permite negar la expresión. Incluye la operación unitaria “not” del subconjunto *unitary-op-set*.
 <expression> → Expresión que se evaluará para determinar el valor de la condición.
 <binary-op-set> → *Binary operation set*. Operación que permite anidar varias condiciones. Puede incluir cualquier operación binaria del subconjunto *binary-op-set*.

(3) **<expression>** ::= [<spec-element> | <data-set>] “,” [<value> |
 <binary-op-set> “,” <value>] [“,” <relational-op-
 set> “,” <value>]

En donde:

- <spec-element> → *Specific Element*. Elemento específico que se tomará en cuenta en la expresión.
- <data-set> → Conjunto de datos (i.e. características del estudiante, atributos de los elementos de instrucción o consideraciones de tiempo) que se tomarán en cuenta en la expresión. Estos datos están agrupados en el subconjunto *data-set*.
- <value> → Valor del dato que se está evaluando.
- <binary-op-set> → *Binary operation set*. Operación que permite anidar varias condiciones. Puede incluir cualquier operación binaria del subconjunto *binary-op-set*.
- <relational-op-set> → *Relational operation set*. Operación relacional que compara el valor del <spec-element> o el de <data-set> con un valor. Puede incluir cualquier operación relacional del subconjunto *relational-op-set*.

(4) **<action>** ::= <action-set> "(" <expression> ")" [**<binary-op-set>** <action>]

En donde:

- <action-set> → Acción que se ejecutará. Puede incluir cualquier elemento del conjunto *action-set*.
- <expression> → Expresión que contendrá la acción.
- <binary-op-set> → *Binary operation set*. Operación que permite anidar varias condiciones. Puede incluir cualquier operación binaria del subconjunto *binary-op-set*.

(5) **<spec-element>** ::= specific-element-identified-by-its-id
(learning-design-structure-set; student-set)

En donde:

- <spec-element> → *Specific Element*. Elemento específico que se desea utilizar en la expresión.
- <specific-element-identified-by-its-id> → *Specific element identified by its identification*. Elemento específico (e.g. actividad de aprendizaje, secuencia, prerrequisito, etc.) seleccionado por su identificador.
- <learning-design-structure-set> → Elemento del DIA que se tomará en cuenta en la expresión (i.e. prerrequisito, objetivo de aprendizaje, actividad de aprendizaje, etc.). Su valor se toma del subconjunto *learning-design-structure-set*.

<student-set> → Elemento del subconjunto *student-data-set* que se tomará en cuenta en la expresión.

(6) <value> ::= [<data-set> | <integer> | <string> | <percentage> | <boolean>]

En donde:

<data-set> → Elemento del conjunto *data-set* que se tomará en cuenta.

<integer> → *Integer*. Valor tipo entero.

<string> → *String*. Valor tipo carácter.

<percentage> → *Percentage*. Valor tipo porcentaje.

<boolean> → *Boolean*. Valor tipo Booleano.

Como se aprecia en las fórmulas, los elementos que contienen –presentados en la Tabla 13– están agrupados dentro de conjuntos (*set*) o subconjuntos (*subset*) con el objetivo de ayudar a los autores a identificar fácilmente los elementos de la estructura de IMS LD, y las características del estudiante o de la actividad de aprendizaje que desean utilizar para definir el enunciado adaptativo. Por ejemplo, el conjunto *element-set* indica a los autores que para definir un enunciado adaptativo pueden seleccionar cualquier elemento que se encuentra dentro de dicho conjunto (i.e. prerequisite, objetivo de aprendizaje, actividades de aprendizaje, secuencia de actividades, actividad de soporte o estudiantes).

El fundamento de estos conjuntos considera, por un lado, explotar las posibilidades de IMS LD para intercambiar y reutilizar la definición de reglas adaptativas dentro de diferentes diseños instructivos y, por otro, dar a los autores una forma flexible de crear enunciados adaptativos que, además, puedan incluir condiciones anidadas. Además, esta definición facilitará su manipulación para anotarlos en IMS LD, y hará posible que el formalismo pueda utilizarse en diferentes SHAE, editores y *players* que cumplan con IMS LD.

Muchos de los elementos de la Tabla 13 son elementos de IMS LD, pero otros (i.e. *recommended*, *visited*, *knowledge*, *learning style*, etc.) se incluyen para ayudar a crear enunciados adaptativos. No obstante, estos últimos también pueden definirse en términos de IMS LD. La Tabla 14 muestra algunos ejemplos de cómo los elementos de la Tabla 13 pueden anotarse con IMS LD.

Nótese, al mismo tiempo, que los conjuntos *student-data-set* y *attributes-data-set* no son parte de IMS LD; el SHAE o un repositorio IMS LIP deben determinar su valor. El *student-data-set* se incluye con el fin de permitir la definición de reglas que consideren el conocimiento del estudiante (no sólo actividades o páginas visitadas), y su estilo de aprendizaje (que es necesario considerar para definir estrategias instructivas efectivas (Merrill, 2002)).

Por su parte, el subconjunto *attributes-data-set* facilita el proceso de creación y el seguimiento de los estudiantes. Incluye elementos para definir enunciados adaptativos relacionados con el soporte a la navegación adaptativa, pero excluye técnicas como la adaptación de mapas o la generación automática de enlaces. Para realizar esta investigación consideramos conveniente reducir el número de opciones para adecuarlas a las posibilidades actuales de IMS LD.

Tabla 13. Conjuntos de elementos propuestos para definir enunciados adaptativos

Conjunto	Subconjunto	Elementos del subconjunto	Elementos de IMS LD
element-set	learning-design-structure-set	Prerequisite Learning-objectives Learning-activities Activity-structure Support-activity	<prerequisites> <learning-objectives> <components>:<activities>:<learning-activity> <components>:<activities>:<activity-structure> <components>:<activities>:<support-activity>
	student-element-set	Student	<components>:<roles>
data-set	student-data-set	<i>Initial-Knowledge</i> ; <i>Current-Knowledge</i> ; <i>Final-Knowledge</i> ; <i>Learning-style</i>	
	attributes-data-set	<i>Recommended</i> (learning-activity; act; play; unit-of-learning) <i>Visited</i> (learning-activity; act; play; unit-of-learning) <i>Completed</i> (learning-activity; act; play; unit-of-learning) Activity-structure-sequence Activity-structure-selection	
	time-data-set	Time-unit-of-learning-started Date-time-activity-started	<method>:<conditions>:<if>:<expression>:<time-unit-of-learning-started> <method>:<conditions>:<if>:<expression>:<date-time-activity-started>
logic-set	binary-op-set	And Or	<method>:<conditions>:<if>:<expression>:<and> <method>:<conditions>:<if>:<expression>:<or>
	unitary-op-set	Not	<method>:<conditions>:<if>:<expression>:<not>
relational-set	relational-op-set	Greater-than; Less-than; Equal; Greater-or-equal-than; Less-or-equal-than	<method>:<conditions>:<if>:<expression>:<greater-than> <less-than> <equal> <greater-or-equal-than> <less-or-equal-than>
action-set		Show Hide	<method>:<conditions>:<if>:<then>:<show> <method>:<conditions>:<if>:<then>:<hide>

Tabla 14. Ejemplos de anotación de los conjuntos de elementos propuestos

Elemento	Definición
Prerrequisito <i>Prerequisite</i>	<pre><imsld:prerequisites> <imsld:item identifier="PREQ-Initial" identifierref="RES-Pre-Introduction" /> </imsld:prerequisites></pre>
Objetivo de aprendizaje <i>Learning Objective</i>	<pre><imsld:learning-objectives> <imsld:item identifier="LO-AEHS" identifierref="RES-Introduction"/> </imsld:learning-objectives></pre>
Actividad de aprendizaje <i>Learning-activity</i> <i>(learning-design-structure)</i>	<pre><imsld:learning-activity identifier="LA-Introduction-AEH"> <imsld:activity-description> <imsld:item identifier="I-AEH-intro" identifierref="RES-AEHS-lesson-intro"/> </imsld:activity-description> ... </imsld:learning-activity></pre>
Secuencia de actividades <i>Activity Sequence</i>	<pre><imsld:activity-structure identifier="AS-introduction-AEHS" structure-type="sequence"> <imsld:title> Introduction AEHS </imsld:title> <imsld:learning-activity-ref ref="LA-introduction-AEH"/> </imsld:activity-structure></pre>
Estudiante <i>Student</i>	<pre><imsld:roles> <imsld:learner identifier="R-learner"/> </imsld:roles></pre>
Conocimiento inicial <i>Initial-knowledge</i> <i>(student-data-set)</i>	<pre><imsld:globpers-property identifier="P-I-knowledge"> <imsld:datatype datatype="integer"/> <imsld:initial-value>0</imsld:initial-value> </imsld:globpers-property></pre>
Recommend <i>(attributes-data-set)</i>	<pre><imsld:locpers-property identifier="P-Recommend"> <imsld:datatype datatype="boolean"/> <imsld:initial-value>>false</imsld:initial-value> </imsld:locpers-property> <!-- La propiedad Recommend se incluye en la definición de la actividad de aprendizaje y su valor puede modificarse cuando la actividad se complete --> <imsld:learning-activity> <imsld:learning-activity identifier="Introduction-AEH"/> ... <imsld:on-completion></pre>

Elemento	Definición
	<pre> <imsld:change-property-value> <imsld:property-ref ref="P-Recommend" /> <imsld:property-value>>false</imsld:property-value> </imsld:change-property-value> </imsld:on-completion> ... </imsld:learning-activity> </pre>
<i>Visited</i>	<pre> <imsld:locpers-property identifier="P-Visited"> <imsld:datatype datatype="boolean"/> <imsld:initial-value>>false</imsld:initial-value> </imsld:locpers-property> <imsld:learning-activity> <imsld:learning-activity identifier="Introduction-AEH"/> ... <imsld:on-completion> <imsld:change-property-value> <imsld:property-ref ref="P-Visited"/> <imsld:property-value>>true</imsld:property-value> </imsld:change-property-value> </imsld:on-completion> ... </imsld:learning-activity> </pre>
<i>Complete</i>	<pre> <imsld:learning-activity identifier="Introduction-AEH"> ... <imsld:complete-activity> <imsld:user-choice/> </imsld:complete-activity> </imsld:learning-activity> <!-- Otra alternativa --> <imsld:learning-activity identifier="Introduction-AEH"> ... <imsld:complete-activity> <imsld:when-property-value-is-set> <imsld:property-ref ref="P-Visited"/> <imsld:property-value>True</imsld:property-value> </imsld:when-property-value-is-set> </imsld:complete-activity> </imsld:learning-activity> </pre>

Elemento	Definición
<i>Sequence</i>	<pre><imsld:activity-structure identifier="AS-introduction-AEHS" structure-type="sequence"> <imsld:title> Introduction AEHS </imsld:title> <imsld:learning-activity-ref ref="LA-introduction-AEH"/> </imsld:activity-structure></pre>
<i>Selection</i>	<pre><imsld:activity-structure identifier="AS-introduction-AEHS" structure-type="selection"> <imsld:title> Introduction AEHS </imsld:title> <imsld:learning-activity-ref ref="LA-introduction-AEH"/> <imsld:learning-activity-ref ref="LA-history-AEH"/> </imsld:activity-structure></pre>
<i>Or</i>	<pre><imsld:method> ... <imsld:conditions> <imsld:if> <imsld:is> <imsld:property-ref ref="P-Visited"/> <imsld:property-value>True</imsld:property-value> </imsld:is> <imsld:or> <imsld:is> <imsld:property-ref ref="P-Completed"/> <imsld:property-value>True</imsld:property-value> </imsld:is> </imsld:or> </imsld:if> </imsld:conditions> </imsld:method> ...</pre>
<i>Show (action-set)</i>	<pre><imsld:method> <imsld:conditions> ... <imsld:then> <imsld:show> <imsld:learning-activity-ref ref="LA-Intro-AEH"/> </imsld:show> </imsld:then> </imsld:conditions> </imsld:method></pre>

4.3.3.4.3.2. Técnicas de adaptación de libre definición

El objetivo de las técnicas de adaptación de libre definición es permitir a los autores crear técnicas a partir de enunciados adaptativos para configurar el comportamiento del DIA cuando los estudiantes interactúen con él.

Este tipo de técnicas pueden definirse para adaptar el contenido o los enlaces. Como su definición está basada en los enunciados adaptativos, utilizan la misma colección de elementos presentados en la Tabla 13.

La siguiente fórmula define las técnicas de adaptación de libre definición:

```
(7) <adaptive-technique> ::= TECHNIQUE "<" <name-technique> ">" "="  
      <adaptive-statement>
```

En donde:

<name-technique>→ Nombre de la técnica.

<adaptive-statement>→ Enunciado adaptativo que representa la técnica.

4.3.3.4.3.3. Estereotipos de estudiante

La creación de estereotipos de estudiante permite al diseñador instruccivo agrupar a los estudiantes considerando una o más características o variables.

Como en las técnicas de libre definición, la definición de estereotipos de estudiante se basa en enunciados adaptativos, pero también en el elemento *role-part* de IMS LD. Como se ha mencionado, este elemento puede utilizarse para definir estereotipos, de tal forma que cada *role-part* agrupe un conjunto de actividades de aprendizaje indicadas para cubrir las necesidades formativas de un tipo de estudiante (e.g. estilo de aprendizaje, conocimientos, etc.).

La siguiente fórmula define los estereotipos de estudiante:

```
(8) <student-stereotype> ::= STEREOTYPE"<" <name-stereotype> ">" "="  
                                <adaptive-statement>
```

En donde:

<name-stereotype> → Nombre del estereotipo.

<adaptive-statement> → Enunciado adaptativo que representa el estereotipo.

4.3.3.4.3.4. Ejemplos de reglas de adaptación

Como se ha argumentado, la colección de elementos de la Tabla 13 permite crear enunciados adaptativos según el formalismo propuesto. Por ejemplo, un enunciado adaptativo que sugiera a los estudiantes con conocimiento inicial menor que cinco una actividad de aprendizaje de introducción al tema, puede definirse utilizando la siguiente fórmula:

```
IF <student>: (initial-knowledge, less-or-equal-than, 5) THEN show  
    (learning-activity-introduction)
```

En donde:

Student → proviene del *student-element-set* que se encuentra en el *element-set*.

Initial-Knowledge → proviene del *student-data-set* que se encuentra en el *data-set*.

Less-or-equal-than → proviene del *relational-op-set* que se encuentra en el *relational-op-set*.

Show → proviene del *action-set*.

Learning-activity-introduction → proviene del *learning-design-structure-set* que se encuentra en el *element-set*.

Internamente, la creación de este enunciado adaptativo comienza con la definición de dos propiedades. Una propiedad global que contiene el conocimiento inicial del estudiante (“*P-I-Knowledge*”) y una propiedad local llamada “*Recommend*”. Después, utilizando el elemento <conditions> de IMS LD, se define una regla que considera el valor de las propiedades para mostrar (o esconder) la actividad de introducción. La Figura 15 contiene un extracto de la anotación de este enunciado.

```

<imsld:learningDesign identifier="LD_Intro-AEHS">
...
<imsld:components>
  <imsld:properties>
    <imsld:globpers-property identifier="P-I-Knowledge">
      <imsld:datatype datatype="integer"/>
      <imsld:initial-value>0</imsld:initial-value>
    </imsld:globpers-property>
    <imsld:locpers-property identifier="P-Recommend">
      <imsld:datatype datatype="boolean"/>
      <imsld:initial-value>>false</imsld:initial-value>
    </imsld:locpers-property>
  </imsld:properties>

  <imsld:roles>
    <imsld:learner identifier="R-learner"/> </imsld:roles>
  <imsld:learning-activity identifier="LA-Intro-AEH">
    <imsld:activity-description>
      <imsld:item identifier="I-AEH-intro" identifierref="RES-AEHS-lesson-intro"/>
    </imsld:activity-description>
  </imsld:learning-activity>
...
<imsld:method>
...
  <imsld:conditions>
    <imsld:if>
      <imsld:is>
        <imsld:property-ref ref="P-I-Knowledge"/>
        <imsld:property-value>5</imsld:property-value>
      </imsld:is>
      <imsld:then>
        <imsld:show>
          <imsld:learning-activity-ref ref="LA-Intro-AEH"/>
        </imsld:show>
      </imsld:then>
    </imsld:if>
  </imsld:conditions>
  ...
</imsld:method>
</imsld:learningDesign>

```

Figura 15. Ejemplo de notación de enunciado adaptativo (extracto)

Posteriormente, este enunciado adaptativo puede incluirse en una técnica de adaptación de libre definición. Por ejemplo, la siguiente fórmula incluye el enunciado adaptativo previamente definido en una técnica de guía directa:

TECHNIQUE <direct-guidance> = IF Student (initial-knowledge, less-or-equal-than, 5) THEN show (learning-activity-introduction)

De la misma manera, un estereotipo de estudiante que permita agrupar a los estudiantes considerando una o más de sus características puede definirse utilizando la siguiente fórmula:

```
STEREOTYPE <advanced>= IF Student (initial-knowledge, greater-or-  
equal-than, 90%)
```

Cabe mencionar que los enunciados adaptativos además pueden considerar el estilo de aprendizaje del estudiante. Por ejemplo, el siguiente enunciado toma en cuenta el conocimiento inicial de estudiante y su estilo de aprendizaje, según la teoría propuesta por Kolb (1984) (i.e. 10% de la dimensión “*Pragmatist*”):

```
IF Student (initial-knowledge, less-than, 50%) AND Student (learning-  
style, “Pragmatist”, greater-than, 10%) THEN show-menu  
(prerequisites)
```

Una vez descritas las reglas de adaptación y sus diferentes tipos, el siguiente apartado profundiza en el segundo tipo de reglas que se pueden definir, las técnicas adaptativas para el soporte a la navegación.

4.3.3.4.4. Técnicas adaptativas para el soporte a la navegación

Como se mencionó en el segundo capítulo, las técnicas adaptativas para el soporte a la navegación manipulan los enlaces para presentar a cada usuario información relevante y apropiada. Estas técnicas incluyen guiado directo, remover/mostrar enlaces, anotación de enlaces, etc.

Indudablemente, esta técnica es una de las más utilizadas (véase el apartado 2.3 y en especial la Tabla 6). En consecuencia, se considera importante que los autores novatos en IMS LD puedan definir este tipo de técnicas de adaptación de manera sencilla.

Como se explicó en la primera parte de este capítulo, si se utilizan los elementos para realizar la adaptación mostrados en la Tabla 10 y las definiciones de técnicas de adaptación presentadas en la Tabla 11 es posible modelar técnicas de adaptación para soportar la navegación.

Esta última tabla muestra las características de las técnicas adaptativas que se pueden definir. Presenta los elementos de IMS LD que pueden seleccionarse, las propiedades que

pueden utilizarse para realizar la adaptación, y las opciones para cada técnica de adaptación. En consecuencia, para definir una técnica de adaptación es necesario seleccionar:

- ❖ El elemento de IMS LD que se considerará para realizar la adaptación. Los elementos disponibles son los que aparecen en la segunda columna de la Tabla 11. Si se selecciona un elemento de orden superior, todos los elementos que contiene se incluirán en la técnica de adaptación. Por ejemplo, si se selecciona un acto, todas las actividades de aprendizaje y secuencias de actividades que incluye se anotarán con la misma técnica de adaptación.
- ❖ La característica o variable en que se basará la adaptación. Los elementos disponibles son los que aparecen en la Tabla 10 –que son los mismos que aparecen en la tercera columna de la Tabla 11–, por tanto, es necesario seleccionar la categoría (segunda columna de la Tabla 10), los elementos que se presentan como opciones de dicha categoría (tercera columna de la Tabla 10), el tipo de dato (cuarta columna de la Tabla 10) y, si es el caso, el valor del elemento y la prueba o forma de dónde se obtendrá.
- ❖ Las opciones y tipos de la técnica de adaptación que se presentan en la cuarta columna de la Tabla 11. Por ejemplo, un autor puede definir una técnica de anotación seleccionando el tipo “metáfora del semáforo” que muestre una secuencia de actividades específica a los estudiantes cuyo nivel de conocimiento sea alto, o seleccionar una técnica del tipo “icono” para presentar en un *play* claves visuales a los estudiantes cuyo idioma sea el español y su conocimiento sea avanzado.

Considerando los tres puntos anteriores es posible definir interfaces que guíen al usuario (i.e. diseñador instructivo, profesor, etc.) en la creación de técnicas de adaptación, generen para cada técnica un elemento RUL, y que lo almacenen como objeto independiente para que resulte posible incluirlo en diferentes métodos instructivos (Berlanga y García, 2005d). En el siguiente capítulo se presenta una propuesta al respecto.

Desde el punto de vista del diseño instructivo, es recomendable que al definir este tipo de técnicas los autores tengan en cuenta estudios empíricos sobre los efectos de la anotación adaptativa, como los realizados por Specht y Kobsa (1999), que evidenciaron que los

estudiantes con conocimientos previos elevados sobre el tema de estudio prefieren métodos adaptativos no restrictivos, mientras que aquellos que demuestran conocimientos previos deficientes se benefician más de métodos y técnicas adaptativas más restrictivas (e.g. guía directa).

De la misma forma, es necesario presentar a los alumnos técnicas adaptativas relevantes para sus características. Por ejemplo, mostrar técnicas de anotación adaptativa a estudiantes expertos, y técnicas de ocultamiento de enlaces a principiantes.

Una vez que se han definido las reglas de adaptación que incluirá el DIA, el siguiente paso es crear el método de aprendizaje.

4.3.3.4.5. Método de aprendizaje

Los métodos de aprendizaje indican qué *plays* y reglas de adaptación formarán parte del flujo de aprendizaje. Para definirlos es necesario:

- ❖ Definir sus propiedades, indicando su título, las opciones bajo las cuales se considerará que se ha completado (i.e. cuando un evento en particular finalice, en un límite de tiempo, sin restricción), si se modificará el valor de una propiedad cuando finalice el método, y sus metadatos.
- ❖ Seleccionar los *plays* que incluirá el método. Los elegibles son aquellos definidos previamente.
- ❖ Seleccionar las reglas de adaptación. Las disponibles son las creadas en el paso anterior.
- ❖ Definir la retroalimentación, indicando su título, recursos relacionados y metadatos.

4.3.3.5. ENSAMBLAR DIA

En este paso se seleccionan los componentes que formarán el DIA con lo cual se finaliza su definición. Un DIA terminado contiene el método de instrucción para ciertos objetivos de aprendizaje y prerrequisitos, por lo que es necesario:

- ❖ Definir sus propiedades, indicando su título, versión, URL relacionada, y metadatos.

- ❖ Seleccionar el objetivo de aprendizaje de los definidos previamente.
- ❖ Seleccionar los prerrequisitos de los definidos previamente.
- ❖ Seleccionar el método de instrucción de los definidos previamente.

4.3.3.6. EMPAQUETAR DIA

En este paso se debe generar de manera automática un paquete conforme a la especificación IMS CP que contenga el DIA seleccionado y las referencias a los recursos utilizados.

Este proceso generará un archivo .zip, que posteriormente podrá ejecutarse en sistemas o aplicaciones compatibles con IMS LD. De esta manera, los usuarios pueden compartir y reutilizar sus DIA con diferentes compañeros, herramientas y SHAE. Por ejemplo, el motor de código abierto CopperCore (2005)¹⁴ puede procesar un archivo DIA.zip, que después se puede utilizar como un diseño instructivo adaptativo en un SHAE o en un sistema gestor de *e-learning* (LMS por sus siglas en inglés, *Learning Management System*) que cumpla con la especificación IMS LD.

4.4. EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE UN DIA

Esta sección ilustra el modelado de un DIA. Primero explica el escenario de aprendizaje¹⁵ siguiendo un enfoque basado en el de Gorissen y Tattersall (2005), la guía de mejores prácticas e implementación de IMS LD, y cuestiones especiales para modelar la adaptación. Posteriormente, ejemplifica la creación de un DIA según los pasos de definición detallados anteriormente en el apartado 4.3.3).

¹⁴ El apartado 5.4.1 contiene una breve descripción de este motor.

¹⁵ Este ejemplo se basa en la lección de repostería que se imparte dentro de la carrera profesional de alimentos y bebidas del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) de México.

4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE APRENDIZAJE

- ❖ *Título:* Identificar tipos y cantidades de los ingredientes comúnmente utilizados en la repostería.
- ❖ *Objetivo:* Al terminar la lección el alumno identificará los tipos de repostería y sus ingredientes por medio de su clasificación y características.
- ❖ *Prerrequisitos:* No tiene.
- ❖ *Pedagogía/ tipo de aprendizaje:* Aprendizaje activo (o *learning by doing*).
- ❖ *Estilos de aprendizaje:* Visual/verbal. Según Felder y Silverman (1988), los estudiantes visuales recuerdan mejor lo que ven, mientras que los verbales recuerdan mejor lo que oyen.
- ❖ *Tipos de recursos educativos involucrados:* hipermedia, vídeo y gráficos.
- ❖ *Tipos de evaluaciones:* inicial, final y estilo de aprendizaje.
- ❖ *Roles:* Estudiante, Tutor.
- ❖ *Propiedades de personalización:* Conocimiento inicial, conocimiento final y estilo de aprendizaje.
- ❖ *Técnicas de adaptación:* Los enunciados adaptativos que se definirán tendrán en cuenta:
 - El conocimiento inicial y el estilo de aprendizaje del alumno para mostrar ciertas actividades de aprendizaje.
 - El conocimiento final y el estilo de aprendizaje del alumno para mostrar ciertas actividades de aprendizaje complementarias.
- ❖ *Pasos en el proceso de aprendizaje:*
 - (1) Evaluación. El estudiante contesta dos exámenes que determinan su:
 - (a) Conocimiento inicial sobre la elaboración de recetas básicas y conceptos de repostería y pastelería.
 - (b) Estilo de aprendizaje según la prueba propuesta por Felder y Soloman (1999).
 - (2) Conceptos básicos. Si el conocimiento inicial del estudiante según la prueba (a) del paso anterior es menor a 5 puntos, entonces:

- Si el estilo de aprendizaje del estudiante según la prueba (b) del paso anterior es verbal, entonces:
 - Ve un vídeo que presenta los conceptos de repostería y pastelería.
 - Si el estilo de aprendizaje del estudiante según la prueba (b) del paso anterior es visual, entonces:
 - Lee un hipertexto que explica los conceptos y características de la repostería y pastelería.
- (3) Conceptos centrales (Ingredientes-verbal). Si el conocimiento inicial que demuestra el estudiante según la prueba (a) del paso anterior es mayor a 5 y su estilo de aprendizaje según la prueba (b) es verbal, entonces:
- Ve un gráfico interactivo sobre los tipos y propiedades de los ingredientes básicos.
- (4) Conceptos centrales (Ingredientes-visual). Si el conocimiento inicial que demuestra el estudiante según la prueba (a) del paso anterior es mayor a 5 y su estilo de aprendizaje según la prueba (b) es visual, entonces:
- Lee un hipertexto sobre los tipos y propiedades de los ingredientes básicos.
- (5) Investigación. Cada estudiante:
- Utiliza la información sobre los ingredientes (pasos 3 ó 4 según el caso) y elabora una guía de observación.
 - Visita un mercado para aplicar la guía realizada, verificar los indicadores, y comprobar la calidad de los ingredientes. Precisa las variantes entre la guía y el mercado.
 - Presenta la información a sus compañeros y la completa con conclusiones finales.
 - Es monitoreado por el tutor.
 - Contesta el examen final.
- (6) Soporte complementario. Si el estudiante obtiene menos de 8 puntos en el examen final:

- Si su estilo de aprendizaje es verbal, entonces volverá al paso 3, revisará la información y repetirá el proceso.
- Si su estilo de aprendizaje es visual, entonces volverá al paso 4, revisará la información y repetirá el proceso.

La Figura 16 muestra el flujo de este escenario de aprendizaje.

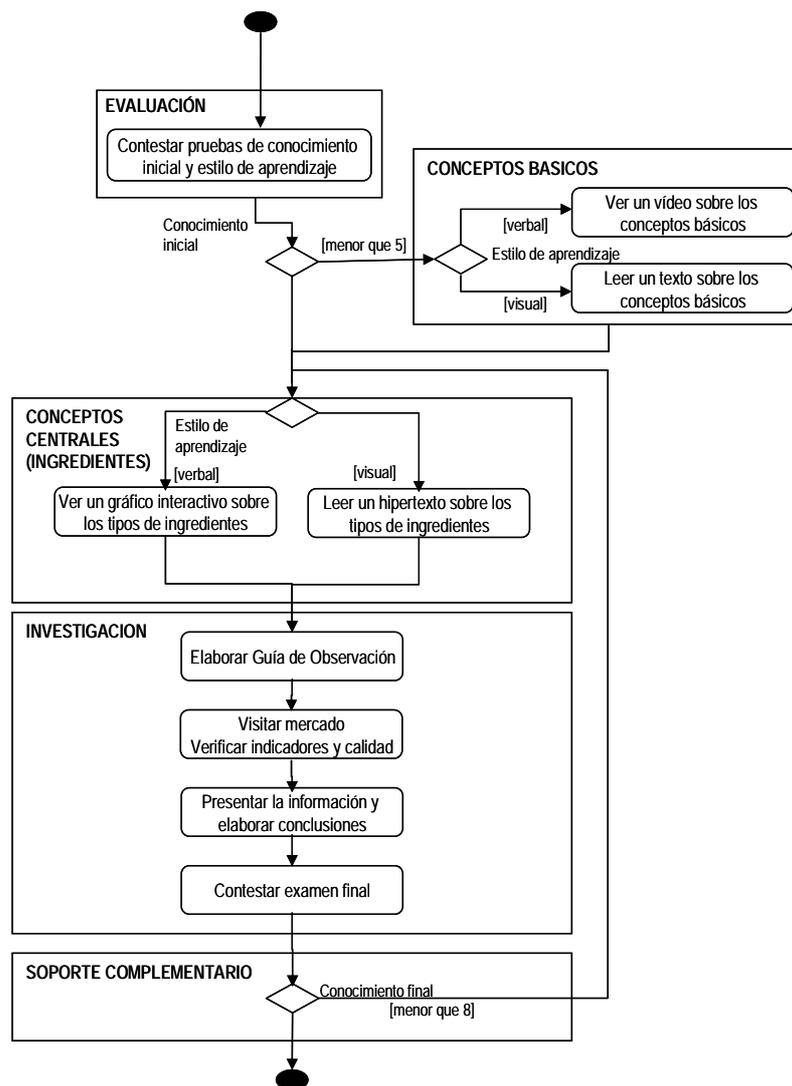


Figura 16. DLA. Ejemplo: Diagrama del escenario de aprendizaje

4.4.2. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE APRENDIZAJE COMO DIA

A continuación se modela como DIA el escenario de aprendizaje descrito, según su proceso de definición (véase la Figura 14).

4.4.2.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE (LO)

Los objetos de aprendizaje que se emplean son:

- ❖ Prueba de conocimientos iniciales (*LO-Int-Knowledge*). Formato: XML.
- ❖ Prueba de conocimientos finales (*LO-Fnl-Knowledge*). Formato: XML.
- ❖ Prueba de estilo de aprendizaje (*LO-LS-IV*). Formato: XML.
- ❖ Vídeo de conceptos básicos (*LO-Vid-Concepts*). Formato: MPEG.
- ❖ Texto de conceptos básicos (*LO-Ttx-Concepts*). Formato: HTML.
- ❖ Gráfico interactivo sobre tipos de ingredientes (*LO-Chr-Ingredients*). Formato: Flash.
- ❖ Hipertexto sobre tipos de ingredientes (*LO-Txt-Ingredients*). Formato: HTML.
- ❖ Guía de observación de ingredientes (*LO-ExmObsGd*). Formato: PDF.

Además, es necesario crear un objeto de aprendizaje que contenga el objetivo de aprendizaje del DIA:

- ❖ Objetivo de DIA (*LOB-TypesConf*). Formato: TXT. Contiene la descripción: “*Al terminar la lección el alumno identificará los tipos de repostería y sus ingredientes por medio de su clasificación y características*”.

4.4.2.2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE (LOB) Y PRERREQUISITOS (PRE)

- ❖ El objetivo de aprendizaje del DIA está creado en el objeto de aprendizaje (*LOB-TypesConf*).
- ❖ No existen prerrequisitos.

4.4.2.3. COMPONENTES DE APRENDIZAJE

4.4.2.3.1. Roles (R)

- ❖ Estudiante (Tipo: *Learner*).
- ❖ Tutor (Tipo: *Staff*).

4.4.2.3.2. Actividades de aprendizaje (LA)

La Tabla 15 muestra las actividades que se realizarán. La primera columna indica el tipo de actividad –*Learnign Activity* (LA) o *Support Activity* (SA)– y su identificador. La segunda despliega el título de la actividad. La tercera la actividad o actividad de soporte prerequisite (LA o SA). La cuarta el recurso que utiliza que corresponde a los creados en la tarea de definición de objetos de aprendizaje. La última muestra, si procede, el número de la estructura de la actividad de aprendizaje a la que pertenece.

Tabla 15. Ejemplo DIA: Actividades (LA o SA), prerequisites (PRE), recursos, y estructuras (AS)

Tipo-#	Título	PRE	Recursos	#AS
LA-1	Contestar la prueba de conocimiento inicial		LO-Int-Knowledge	AS-1
LA-2	Contestar la prueba de estilo de aprendizaje	LA-1	LO-LS-VV	AS-1
LA-3	Explorar conceptos y definiciones de los conceptos básicos (texto)	AS-1	LO-Ttx-Concepts	
LA-4	Explorar conceptos y definiciones de los conceptos básicos (vídeo)	AS-1	LO-Vid-Concepts	
LA-5	Explorar tipos y propiedades de los ingredientes (texto)	AS-1	LO-Txt-Ingredients	
LA-6	Explorar tipos y propiedades de los ingredientes (gráfico interactivo)	AS-1	LO-Chr-Ingredients	
LA-7	Elaborar una guía de observación de ingredientes	LA-5 LA-6	LO-ExmObsGd	AS-2
LA-8	Visitar un mercado, investiga los tipos de ingredientes, y verifica la guía de observación anotando las variaciones	LA-7		AS-2
LA-9	Presentar la información a sus compañeros y agrega conclusiones finales	LA-8		AS-2
LA-10	Contestar la prueba final	LA-9	LO-Fnl-Knowledge	AS-2
SA-1	Monitorea la actividad			

4.4.2.3.2.1. Estructuras de actividades de aprendizaje (AS)

Siguiendo la Tabla 15 se definen las siguientes estructuras:

- ❖ AS-1: Prueba inicial.
 - Incluye: LA-1 y LA-2.
 - Tipo de estructura¹⁶: Secuencia.
- ❖ AS-2: Investigación.
 - Incluye: LA-7, LA-8, LA-9 y LA-10.
 - Tipo de estructura: Secuencia.

4.4.2.3.3. Propiedades de Personalización (PP)

Son necesarias tres propiedades de personalización:

- ❖ Estilo de aprendizaje.
 - Identificador: *PP-LearningStyleVV*.
 - Título: Estilo de aprendizaje Visual/Verbal.
 - Tipo de dato: Texto.
 - Restricciones: “Visual”, “Verbal”.
- ❖ Conocimiento inicial.
 - Identificador: *PP-InitialKnowledge*.
 - Título: Conocimiento inicial.
 - Tipo de dato: Entero.
- ❖ Conocimiento final.
 - Identificador: *PP-FinalKnowledge*.
 - Título: Conocimiento final.
 - Tipo de dato: Entero.

¹⁶ Como se mencionó en el capítulo anterior, los tipos de estructura en IMS LD pueden definirse como secuencia o selección. En el primer caso las actividades de la estructura deben ejecutarse una detrás de otra, mientras que en el segundo el usuario elige qué actividades de la estructura quiere realizar.

4.4.2.4. FLUJO DE APRENDIZAJE

4.4.2.4.1. *Role-parts* (RP) y actos de aprendizaje (ACT)

El escenario de aprendizaje incluye cinco actos de aprendizaje. La Tabla 16 los muestra e incluye su número, título, *role-part* (RP), rol (R), –L para el estudiante y S para el tutor– y, en la última columna, las actividades de aprendizaje (LA), estructuras de actividades (AS) o actividades de soporte (SA) para cada acto.

Tabla 16. Ejemplo DIA: Actos (ACT), *role-parts* (RP), roles (R), y sus elementos

ACT-#	Título	RP	R	Elementos
ACT-1	Pruebas iniciales	Pruebas-iniciales	L	AS-1
ACT-2	Exploración de los conceptos básicos	Estudiante-Visual	L	LA-3
		Estudiante -Verbal	L	LA-4
ACT-3	Exploración de los ingredientes	Estudiante-Visual	L	LA-5
		Estudiante- Verbal	L	LA-6
ACT-4	Investigación	Todos	L	AS-2
ACT-5	Monitoreo	Tutor	S	SA-1

Es importante puntualizar que, gracias a la flexibilidad que permite el proceso de creación de DIA, los diseñadores instructivos tienen libertad para crear los componentes y flujos de aprendizaje como crean conveniente. Por tanto, es posible modelar de diferentes maneras el mismo escenario de aprendizaje presentado en esta sección si, por ejemplo, se define un acto y un *role-part* para cada tipo de estilo de aprendizaje (para utilizar estereotipos de usuario), o se incluyen las evaluaciones como objetos de aprendizaje, dentro del elemento contexto, y después incluirlas en cada acto, o se agregan al ACT-4 la actividad de soporte (SA-1).

4.4.2.4.2. *Plays* (PLY)

En este caso, sólo se define un *play* (PLY-1) que incluye los cinco actos definidos previamente.

4.4.2.4.3. Reglas y técnicas de adaptación (RUL)

En este paso se define una técnica de guía directa para el paso (2) “Conceptos Básicos” del escenario de aprendizaje. Dicha técnica mostrará los conceptos básicos de la lección considerando el conocimiento inicial y estilo de aprendizaje del estudiante. Por tanto, si su conocimiento inicial es menor a 5 puntos y su estilo de aprendizaje es considerado como visual, entonces se le mostrará la actividad de aprendizaje LA-3, mientras que si su estilo de aprendizaje es verbal se le mostrará la actividad de aprendizaje LA-4.

Utilizando los elementos de la colección de conjuntos propuestos (véase la Tabla 13), es posible crear el siguiente enunciado adaptativo para esta técnica de adaptación:

```
RUL1 = IF <student>:: (PP-InitialKnowledge, less-than, 5) THEN  
    IF <student>:: (PP-LearningStyleVV, equal, “Visual”)  
        THEN show explora-conceptos-visual (LA-3)  
        ELSE show explora-conceptos-verbal (LA-4)  
    ENDIF  
ENDIF
```

La Figura 17 muestra la notación (reducida) de esta técnica utilizando el elemento <conditions> de IMS LD.

```

<imsld:learningDesign identifier="LD-Confectionery">
<imsld:components>
  <imsld:properties>
    <imsld:globbers-property identifier="PP-LearningStyleVV">
      <imsld:datatype datatype="text"/>
    </imsld:globbers-property>
    <imsld:globbers-property identifier="PP-InitialKnowledge">
      <imsld:datatype datatype="integer"/>
      <imsld:initial-value>0</imsld:initial-value>
    </imsld:globbers-property>
  </imsld:properties>
  <imsld:activities>
    <imsld:learning-activity identifier="LA-3">
      <imsld:title>Explorar conceptos y definiciones basicos </imsld:title>
      <imsld:activity-description>
        <imsld:title>Explorar conceptos basicos (txt)</imsld:title>
        <imsld:item identifierref="LO-Txt-Concepts"/> </imsld:activity-
description>
        <imsld:complete-activity> <imsld:user-choice/> </imsld:complete-activity>
      </imsld:learning-activity>
    <imsld:learning-activity identifier="LA-4">
      <imsld:title>Explorar conceptos y definiciones de los conceptos básicos
</imsld:title>
      <imsld:activity-description>
        <imsld:title>Explorar conceptos basicos (video)</imsld:title>
        <imsld:item identifierref="LO-Vid-Concepts"/>
      </imsld:activity-description>
      <imsld:complete-activity><imsld:user-choice/> </imsld:complete-activity>
    </imsld:learning-activity>
  ...
</imsld:activities>
</imsld:components>
<imsld:method>
  <imsld:conditions>
    <imsld:if>
      <imsld:less-than>
        <imsld:property-ref ref="PP-InitialKnowledge"/>
        <imsld:property-value>5</imsld:property-value>
      </imsld:less-than>
      <imsld:and>
        <imsld:is>
          <imsld:property-ref ref="PP-LearningStyle"/>
          <imsld:property-value>"visual"</imsld:property-value>
        </imsld:is>
        <imsld:then>
          <imsld:show>
            <imsld:learning-activity-ref ref="LA-3"/>
          </imsld:show>
        <imsld:else>
          <imsld:show>
            <imsld:learning-activity-ref ref="LA-4"/>
          </imsld:show>
        </imsld:else>
      </imsld:then>
    </imsld:and>
  </imsld:if>
</imsld:conditions>
  ...

```

Figura 17. DIA. Ejemplo: Técnica adaptativa modelada en IMS LD

De la misma forma, enunciados adaptivos pueden definirse para los pasos 3 y 4, y 6 (i.e. RUL2 y RUL3, respectivamente):

```

RUL2 = IF <student>:: (PP-InitialKnowledge, greater-than, 5) THEN
    IF <student>:: (PP-LearningStyleVV, equal, "Visual")
        THEN show explora-ingredientes-visual (LA-5)
        ELSE show explora-ingredientes-verbal (LA-6)
    ENDIF
ENDIF

```

```

RUL3 = IF <student>:: (PP-FinalKnowledge, less-than, 8) THEN
    IF <student>:: (PP-LearningStyleVV, equal, "Visual")
        THEN show explora-conceptos-visual (LA-3)
        ELSE show explora-conceptos-verbal (LA-4)
    ENDIF
ENDIF

```

4.4.2.4.4. Método de aprendizaje (MET)

En este paso se crea el método de aprendizaje denominado MET-1. Este método incluye el PLY-1 y las técnicas de adaptación RUL1, RUL2, RUL3. Finalizará cuando el *play* haya terminado.

4.4.2.5. ENSAMBLAR DIA

En este punto los elementos definidos en pasos anteriores se seleccionan con el objetivo de crear el DIA:

- ❖ Título del DIA: *“Identificar tipos y cantidades de los ingredientes comúnmente utilizados en la repostería”*.
- ❖ Objetivos de aprendizaje: Objeto de aprendizaje LOB-TypesConf.
- ❖ Método de aprendizaje: MET-1.

4.4.2.6. EMPAQUETAR DIA

En este paso el usuario selecciona el DIA deseado y genera un archivo empaquetado (en formato .zip) que contiene el DIA creado y los recursos que utiliza. Esta es la forma de intercambiarlo entre diferentes sistemas que utilicen la especificación IMS LD.

Una vez detallada y ejemplificada la definición de los DIA, el siguiente apartado profundiza en los trabajos relacionados.

4.5. TRABAJOS RELACIONADOS

Como se mencionó en el primer capítulo, la propuesta de esta tesis está relacionada esencialmente con dos áreas de investigación. La primera es la creación de SHAE desde el punto de vista semántico, donde se separa el conocimiento que se desea transmitir de la lógica de adaptación, y la segunda es el modelado y marcado de este tipo de sistemas mediante estándares y especificaciones. Este apartado recopila otros esfuerzos desarrollados en estas áreas.

En la creación de SHAE desde la perspectiva semántica, destacan el proyecto ADAPT (Cristea y De Bra, 2002), financiado por la unión europea, y el proyecto WAEA (*Web-based Adaptive Educational Applications*) (Papasalouros, Retalis, Avgeriou y Skordalakis, 2003).

La investigación realizada en el proyecto ADAPT propuso un modelo de creación de hipermedia adaptativa para Web denominado LAOS (Cristea y De Mooij, 2003) –una propuesta refinada de la presentada en (Cristea y Aroyo, 2002)–, que define cinco capas: el modelo del dominio (*domain model*, DM), el modelo de objetivos y restricciones (*goals and constraints model*, GM), el modelo del usuario (*user model*, UM), el modelo de adaptación (*adaptation model*, AM), y el modelo de presentación (*presentation model*, PM).

El comportamiento del AM se establece a través del esquema denominado LAG (*Layers of Adaptation Granularity*) (Cristea y Calvi, 2003), que clasifica la adaptación en tres capas: reglas de adaptación, lenguaje de adaptación y estrategias de adaptación. Para definir las

reglas se desarrolló una gramática específica (Cristea y Verschoor, 2004), y para comprobar los modelos propuestos en LAOS y LAG se extendieron las características de la herramienta MOT (Cristea y Kinshuk, 2003).

No obstante, LAOS está basado en AHAM, por lo que no contiene una capa que incorpore las estrategias pedagógicas –las cuales incluye en la capa que define la adaptación– y el modelo del usuario se encuentra dentro del propio LAOS. En consecuencia, no está clara la separación de LAOS para realizar la adaptación (i.e. separación de la estrategia pedagógica de las reglas de adaptación, utilización de un modelo del usuario común entre diferentes SHAE, etc.). Asimismo, la gramática propuesta para definir las reglas adaptativas es propietaria y resulta complicada para diseñadores sin formación en informática.

El enfoque presentado en esta tesis no cubre todos los modelos propuestos en LAOS. Sin embargo, introduce la definición de estrategias pedagógicas en los SHAE, y define dos formas para crear técnicas de adaptación (presentadas anteriormente en este capítulo): las técnicas de adaptación para el soporte a la navegación orientada a diseñadores novatos, y la definición de reglas de adaptación dirigida a diseñadores expertos.

Dentro del proyecto ADAPT también se ha investigado la creación de estilos de aprendizaje para SHAE (Stash, Cristea y De Bra, 2004). No obstante, además de que su enfoque continúa centrándose en enseñar conceptos y no en realizar actividades de aprendizaje, no considera del todo la estrategia de enseñanza, ya que comprende los objetivos de aprendizaje pero excluye los prerrequisitos. Este proyecto no considera, además, la reutilización o interoperabilidad de los elementos y reglas de adaptación entre SHAE que no utilicen el modelo que propone, ni el uso de técnicas de marcado.

Por su parte, la investigación realizada por el proyecto WAEA estableció un modelo para crear SHAE basado en técnicas de modelado orientadas a objetos. Aunque este enfoque permite representar de manera independiente los componentes que integran un SHAE, para anotar los elementos define su propio esquema XML, por lo que no considera la reutilización e interoperabilidad de dichos elementos.

En cuanto a la segunda área relacionada con la propuesta presentada en esta tesis, el modelado y marcado de los SHAE mediante estándares y especificaciones, conviene

destacar en primer lugar algunos trabajos dirigidos a establecer el potencial de las tecnologías de marcado para la hipermedia educativa. Destaca el uso de especificaciones como IMS LOM –(Karagiannidis, Sampson y Cardinali, 2001) (Allert, Dhraief y Nejd, 2002) (Rodríguez, Chen, Shi y Shang, 2002)–, IMS CP –(Retalis y Papasalouros, 2005)–, SCORM –(Conlan, Dagger y Wade, 2002)–, o una combinación de varias, como en el caso del proyecto Edutella (Dolog y Nejd, 2003), que combina esquemas de metadatos estandarizados como IEEE LOM, Dublín Core, PAPI e IMS LIP, para describir y clasificar información en una red P2P (*peer-to-peer*) y generar funcionalidad adaptativa (Dolog, Gavrioloie, Nejd y Brase, 2003).

Entre los trabajos que proponen modelos basados en metadatos educativos para definir comportamientos adaptativos, está el realizado por Conlan, Wade, Bruen, y Gargan (2002), que propone un multi-modelo para construir dinámicamente flujos personalizados de aprendizaje a través de objetos reutilizables. El modelo está formado por tres sub-modelos: contenido educativo, estudiante, y narrativa. Para describir el primero de ellos se utiliza IMS LOM y su elemento educativo (*educational*), al que se añade una sección (*adaptivity*) para definir diferentes tipos de adaptación (i.e. competencias enseñadas, competencias requeridas, estilo de aprendizaje). El sub-modelo del estudiante utiliza los mismos tipos de adaptación, lo que permite realizar la adaptación relacionando los metadatos del objeto de aprendizaje con los metadatos del modelo del estudiante (Conlan, Honey, Lefrere, Wade y Albert, 2001). Finalmente, el sub-modelo de narrativa agrupa objetos de aprendizaje que cumplen el mismo requisito del contenido educativo. Además, el sub-modelo del usuario utiliza el enfoque VARK (2001) (*Visual, Auditory, Read/Write and Kneesthetic*) para modelar los estilos de aprendizaje de los alumnos.

Este modelo se mejoró posteriormente para incluir estrategias pedagógicas. El resultado fue ACCT (*Adaptive Course Construction Toolkit*) (Dagger, Wade y Conlan, 2004), una herramienta que permite construir ontologías de conceptos y sus relaciones para representar el conocimiento de un experto en el tema que se desea enseñar. Estas ontologías, consideradas modelos pedagógicos, se anotan con XML para permitir su reutilización. Además, contempla una nueva narrativa que contiene ejes y técnicas de adaptación. Ambos elementos permiten describir, considerando las características del estudiante y el ambiente de aprendizaje, qué narrativas se adaptarán. ACCT también permite crear narrativas para definir la estructura del curso, y ensamblar paquetes de

cursos para publicarlos y verificarlos. No obstante, aunque su enfoque separa el contenido de la lógica de personalización y del modelo del usuario, sus estructuras XML son reutilizables pero sólo dentro de la propia herramienta, ya que define sus propios metadatos para anotar la información.

Finalmente, como se ha mencionado anteriormente, de los SHAE explicados en el segundo capítulo, INSPIRE (Papanikolaoua *et al.*, 2003) y ALE (Specht *et al.*, 2002) son los únicos que utilizan metadatos estandarizados para describir la información. INSPIRE se vale del perfil de aplicación ARIADNE (2004) para anotar los recursos educativos, mientras que ALE cuenta con un editor de metadatos para recursos educativos bajo el estándar IEEE LOM y es capaz de almacenarlos según diferentes especificaciones o perfiles de aplicación (i.e. IMS LOM, SCORM y CanCore). No obstante, en ninguno de los dos casos se diseña el proceso que constituye el flujo de la enseñanza mediante un esquema estandarizado de marcado, y, aunque en INSPIRE se utilizan objetivos de aprendizaje, su enfoque continúa dirigido a presentar recursos o términos del dominio del conocimiento, y no a establecer mecanismos de interacción en donde los alumnos realicen actividades de aprendizaje en diferentes etapas del proceso.

Como se puede observar, existen diferentes esfuerzos encaminados a utilizar estándares y especificaciones de marcado para personalizar la hipermedia adaptativa; sin embargo, debido a la relativa novedad de IMS LD, aún hay pocas investigaciones que indaguen en cómo esta especificación puede emplearse para definir características adaptativas. En la actualidad, y como se verá en el siguiente capítulo, las investigaciones vinculadas con esta especificación están dirigidas, sobre todo, a desarrollar e implementar editores de IMS LD para definir UdA, y en diseñar herramientas encaminadas a procesar y ejecutar archivos IMS LD.

El único esfuerzo hasta el momento que directamente utiliza IMS LD para implementar hipermedia adaptativa es el proyecto europeo aLFanet (*Active Learning For Adaptive interNET*) (Van Rosmalen y Boticario, 2005). Este proyecto pretende ofrecer una personalización inteligente y capacidades de adaptación en un LMS. Define la adaptación en tres áreas: diseño instructivo, interacción y presentación. Su propuesta se basa en un marco de referencia que soporta el aprendizaje activo y adaptativo diseñado bajo el esquema IMS LD y especificaciones de la familia de IMS. Aunque indaga en cuestiones que sobrepasan la línea de investigación de nuestra propuesta –como aspectos

colaborativos, manejo de agentes, evaluaciones adaptativas, etc.—, el proceso de creación de cursos bajo IMS LD que utiliza el editor *aLFanet Editor* requiere un conocimiento profundo de la especificación —véase el siguiente capítulo— y no considera la definición de reglas de adaptación. En contraposición, nuestra propuesta plantea una definición que permite que las reglas de adaptación puedan ser creadas tanto por usuarios novatos como por expertos en IMS LD.

4.6. CONCLUSIONES

Este capítulo presentó la propuesta central de esta tesis, que establece una alternativa en el diseño de SHAE enfocada a solucionar problemas específicos que actualmente lastran el desarrollo y difusión de estos sistemas.

Dicha propuesta busca destacar la importancia de las estrategias pedagógicas en la definición de SHAE, además de plantear una solución al alto costo de desarrollo de este tipo de sistemas, así como a su falta de difusión y aplicación en contextos prácticos. Lo anterior, según fundamentamos, se resolverá más fácilmente si se reutilizan los componentes que representan el flujo de aprendizaje y las estrategias adaptativas, y si los SHAE son capaces de interoperar con otros sistemas y aplicaciones.

La creación de DIA, como se estableció a lo largo de este capítulo, es la línea principal de nuestra propuesta. Su definición se centra en dos ejes: la utilización de IMS LD como lenguaje de marcado para metadatos educativos y la separación de los elementos. El primero favorece la inclusión de estrategias pedagógicas en la creación de los DIA, sin imponer un enfoque de enseñanza concreto, y el segundo permite, en conjunción con el primero, su reutilización e interoperabilidad.

Así, se plantea que para potenciar y difundir los beneficios de los SHAE en un rango amplio de aplicaciones y sistemas es necesario utilizar un método de marcado común. Según se demostró en este capítulo, aunque IMS LD está en su fase inicial de desarrollo y disseminación, es una alternativa viable para definir SHAE. Si bien esta especificación no está dirigida específicamente a definir hipermedia adaptativa, es poco probable que se desarrolle un método de anotación u ontología específica para tal fin. En cualquier caso,

una especificación propuesta por un consorcio internacional tiene más posibilidades de ser utilizada que un método de marcado específico. La plataforma comercial LMS Blackboard (www.blackboard.com) (Etesse, 2004), por ejemplo, planea incorporar IMS LD, lo que posiblemente potenciará el uso y difusión de esta especificación.

Esta propuesta pretende trascender la idea habitual en el campo de la hipermedia adaptativa, según la cual la lógica de la adaptación está “detrás de las páginas” del dominio del conocimiento (Brusilovsky, 2003), y establecer que debe estar detrás de un proceso de enseñanza basado en actividades de aprendizaje llevadas a cabo por diferentes roles, y definido de tal manera que pueda utilizarse en diferentes cursos, contextos y sistemas.

Finalmente, es importante destacar que el planteamiento de esta tesis pertenece a la fase de diseño de un SHAE en donde se pueden incluir los DIA, por lo que los elementos y la estrategia de enseñanza creados no se modificarían en tiempo de ejecución. Para lograrlo será necesario desarrollar otros mecanismos y esperar a que IMS LD evolucione.

5. HyCo-LD

Los capítulos precedentes explicaron los inconvenientes más comunes del diseño de aprendizaje en los SHAE y las posibilidades que ofrece la especificación IMS LD para solventar muchos de estos problemas. Detallaron además nuestra propuesta para modelar componentes instructivos, denominados DIA, de acuerdo con las directrices de la especificación IMS LD.

Este capítulo presenta la herramienta desarrollada para implementar el modelo propuesto para la creación de DIA. Esta herramienta, llamada HyCo-LD (por sus siglas en inglés, *Hypermedia Composer Learning Design*), ejerce principalmente la función de herramienta de autor. No obstante, gracias a que integra el motor de ejecución de libre distribución CopperCore (2005), también permite empaquetar, validar y publicar DIA.

5.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta la herramienta de autor desarrollada para implementar el modelo de creación de DIA propuesto en esta tesis. Inicia describiendo a grandes rasgos las características de la herramienta de autor en la que se basa, HyCo (por sus siglas en inglés, *Hypertext Composer*) (García y García, 2005), y su editor para crear Objetos de Aprendizaje (OA). Posteriormente profundiza en HyCo-LD, explicando cómo su interfaz permite crear DIA y generar paquetes que permiten validarlos, publicarlos y distribuirlos. A continuación, hace referencia a otros editores de IMS LD y establece una comparación entre ellos y HyCo-LD. Por último, presenta las conclusiones de este capítulo.

5.2. HyCo

HyCo es una herramienta de autor que desde el año 2002 desarrolla el grupo de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca.

El punto de partida del proyecto que ideó HyCo fue crear una herramienta que permitiera definir contenidos educativos hipermediales en forma de libros electrónicos, destinada a profesores o desarrolladores sin experiencia en el uso de ordenadores. Se decidió desarrollar una herramienta propietaria como alternativa a una del ámbito comercial, con el objetivo de contar con una plataforma que permitiera al grupo de investigación explorar otros campos, como la creación de objetos de aprendizaje, el trabajo colaborativo, la evaluación y la definición de flujos de aprendizaje adaptativos (véase a este respecto el apartado 1.6.1).

Se buscaba, igualmente, que los contenidos creados fueran independientes del formato de publicación, lo que permitiría su reutilización en diferentes contextos. Por este motivo se decidió seguir los principios de la Web Semántica (Berners-Lee *et al.*, 2001) para conseguir independencia entre el contenido, el formato de publicación y los metadatos.

Siguiendo estas líneas se desarrolló una herramienta multiplataforma que facilita la creación de contenidos en forma de libros electrónicos con características hipermediales, que pueden incluir imágenes, sonidos, vídeos, textos y referencias bibliográficas. A continuación se destacan las características más importantes de HyCo (García, Carabias, Gil, García y Berlanga, 2004)¹⁷.

- ❖ Modos de interacción. HyCo cuenta con dos tipos de interacción que posibilitan la creación y lectura de los contenidos educativos. El modo creador permite definir y publicar el contenido hipermedia. El modo lector permite leer y explorar los contenidos.
- ❖ Organización de los contenidos. HyCo organiza los contenidos mediante una estructura en forma de árbol, que representa las secciones y subsecciones que contiene el libro electrónico. Dentro de esta estructura los autores pueden agregar, eliminar o remover contenidos.
- ❖ Tratamiento avanzado de bibliografía. HyCo sigue una filosofía muy similar a la de LaTeX (Lamport, 1986) para permitir a los autores gestionar las referencias bibliográficas utilizadas en los contenidos educativos. Esto incluye el manejo de autores, áreas bibliográficas y tipos de documentos técnicos.
- ❖ Generación automática de referencias bibliográficas. HyCo genera una lista de las referencias bibliográficas incluidas en el libro electrónico y la formatea siguiendo un estilo para referencias bibliográficas elegido por el autor. Los estilos disponibles son el APA (*American Psychologist Association*, www.apa.org) y el ACM (*Association for Computing Machinery*, www.acm.org).
- ❖ Reproducción y visualización de elementos multimedia. HyCo cuenta con herramientas de reproducción para sonidos y vídeos, así como un visor de imágenes. Esto le permite ser una herramienta independiente de otras aplicaciones para reproducir y visualizar elementos multimedia.
- ❖ Importación y exportación de materiales educativos. HyCo cuenta con facilidades para importar documentos desde un archivo de texto y almacenar documentos en formatos como HTML (*Hypertext Markup Language*), RTF (*Rich Text Format*), PDF (*Portable*

¹⁷ El Apéndice B explica brevemente la arquitectura de HyCo.

Document Format), PostScript, SVG (*Scalable Vector Graphics*), o texto. Esto permite la distribución de los recursos educativos creados; así, por ejemplo, el mismo contenido educativo puede integrarse como parte de un curso web, un paquete multimedia o un documento PDF. El autor del contenido lo crea una vez y lo puede reutilizar en diferentes formatos.

- ❖ Anotación semántica de los recursos educativos. HyCo divide cada documento en unidades semánticas, de tal manera que pueden integrarse y formatearse según se desee, para lo cual utiliza XML. Además, incluye un editor de metadatos educativos compatible con IMS LOM (véase más adelante el apartado 5.2.1), y un editor que permite exportar un libro de HyCo como un archivo con notación básica compatible con el método de modelado OUNL-EML (véase el apartado 3.3.3.2) y viceversa, importar un archivo OUNL-EML a HyCo y desplegarlo como un libro electrónico. Para exportar un libro de HyCo según OUNL-EML es necesario que el usuario indique los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos y roles que se incluirán en el archivo generado (García, Berlanga, Moreno, García y Carabias, 2004).
- ❖ Reproducción de voz. HyCo cuenta con una función que permite escuchar el contenido educativo. Los usuarios pueden ajustar esta funcionalidad a sus preferencias configurando algunos parámetros (e.g. velocidad de lectura, promedio de palabras por minuto, tipo de voz, etc.). Esta característica está pensada especialmente para usuarios con problemas auditivos.
- ❖ Internacionalización de la interfaz. La interfaz de HyCo está diseñada de tal forma que es posible adaptarla a diferentes idiomas. Esto permite que el texto se muestre en el idioma del usuario, y que la incorporación de nuevos idiomas no requiera reconfigurar la herramienta.

La interfaz de usuario de HyCo está dividida en marcos (véase la Figura 18). El marco izquierdo presenta enlaces a cada parte de la estructura del libro electrónico. El marco principal es el área de edición y lectura del contenido y permite, mediante botones, crear o modificar los enlaces que incluye el contenido. El marco inferior muestra una caja de herramientas para añadir, borrar o renombrar la estructura del libro. Además, en la esquina inferior derecha se despliegan las características del enlace seleccionado (i.e. tipo de enlace,

nombre y descripción) y botones que permiten modificarlo, borrarlo o publicarlo. Tanto la interfaz de autor como la de lector cuentan con las mismas características, pero ésta última excluye la caja de herramientas.

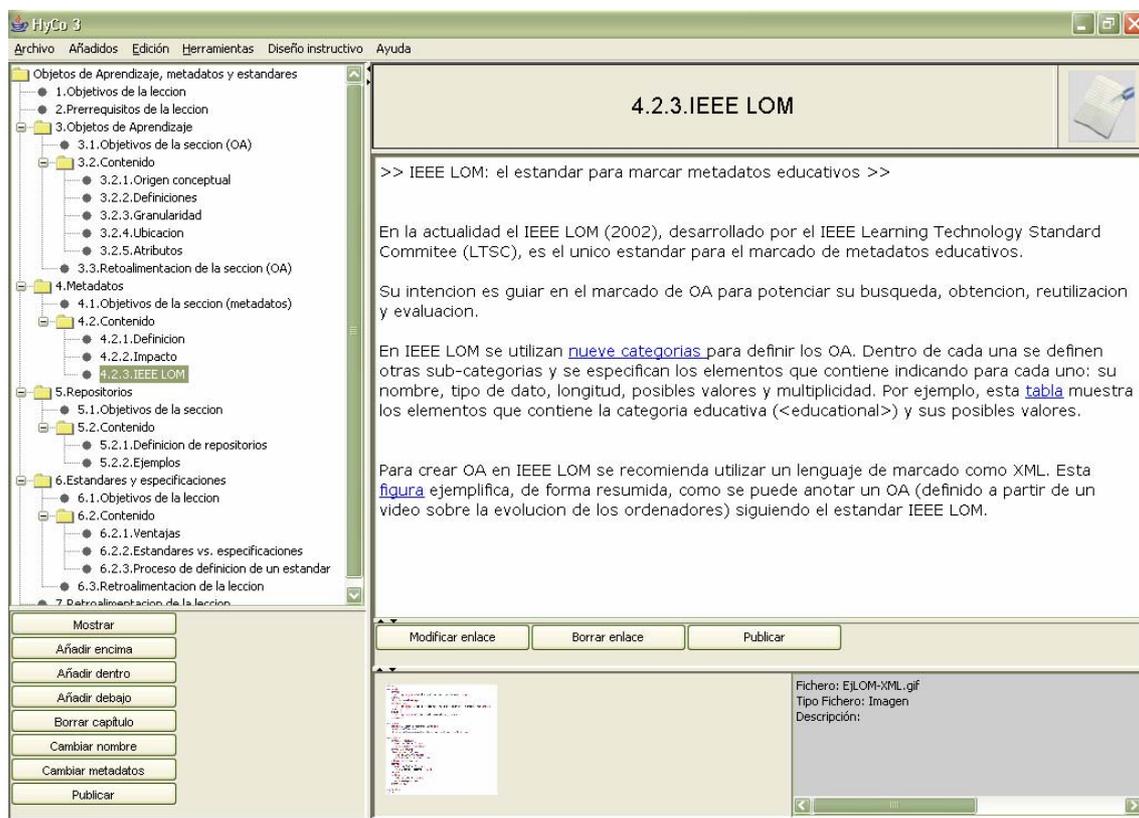


Figura 18. HyCo: Interfaz

5.2.1. CREACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE: HYCO-LOM

Cuando el grupo GRIAL inició la adaptación de HyCo para transformarla en una herramienta que permitiera definir componentes instructivos con características adaptativas, se determinó que era imprescindible enfocarse en la creación de OA y sus metadatos, ya que éstos son parte importante de la definición de contenidos y flujos de aprendizaje con características adaptativas (Berlanga y García, 2005c). Era importante, además, incorporar un esquema estándar de marcado de metadatos educativos de tal forma que los OA creados pudieran compartirse y reutilizarse.

En ese momento HyCo ya contaba con funciones como la separación del contenido, formato de publicación y metadatos que, si se extendían, permitirían emplear esta herramienta para crear OA. En consecuencia, se desarrolló un editor de metadatos compatible con la especificación IMS LOM. Este editor, llamado HyCo-LOM, permite generar un OA para cada sección del libro. Para ello, HyCo lleva a cabo un proceso de dos pasos. En el primero, mediante un proceso automático que registra los metadatos del OA, establece los metadatos que pueden inferirse de otros datos o que pueden contener información por defecto. La Figura 19 muestra los elementos de IMS LOM que HyCo establece automáticamente (Berlanga y García, 2004a).

```

<general>: <title> = HyCo.Book.Title or HyCo.Section.Title
<general>: <catalog> = HyCo. ISBN
<general>: <language> = HyCo.UserLanguage
<general>: <structure> = If HyCo.Book Then <general>: <structure>= "Collection"
<general>: <structure> = If HyCo.Section Then <general>: <structure>= "Atomic"
<general>: <aggregationlevel>= "3"
<lifecycle>: <contribute>: <role>= "Author"
<lifecycle>: <contribute>: <centity>= HyCo.UserName
<relation>:<kind>: <value>=
If HyCo.Section or HyCo.Subsection Then <relation>:<kind>: <value> = "IsPartOf"
If HyCo.Glossary Then <relation>:<kind>: <value> = "IsReferencedBy"
If HyCo.References Then <relation>:<kind>: <value> = "References"
If HyCo.Link Then <relation>:<kind>:<value> = "IsReferencedBy"

```

Figura 19. Elementos de IMS LOM que HyCo establece automáticamente

Una vez que el proceso automático termina, HyCo presenta al usuario el registro de metadatos del OA para que modifique o agregue aquellos metadatos que no fueron inferidos, que falta completar o que es necesario modificar.

Concluido este paso, HyCo genera un archivo en formato XML por cada OA y lo almacena en un repositorio. Esto permite que posteriormente puedan incluirse en cualquier elemento de los DIA como, por ejemplo, en un prerrequisito, objetivo de aprendizaje o actividad de aprendizaje.

La interfaz de HyCo-LOM (véase la Figura 20) separa cada categoría de la especificación mediante pestañas. Dentro de cada una se despliegan los elementos de dicha categoría,

valores por defecto y, cuando los valores del elemento están delimitados, listas de selección que los contienen.

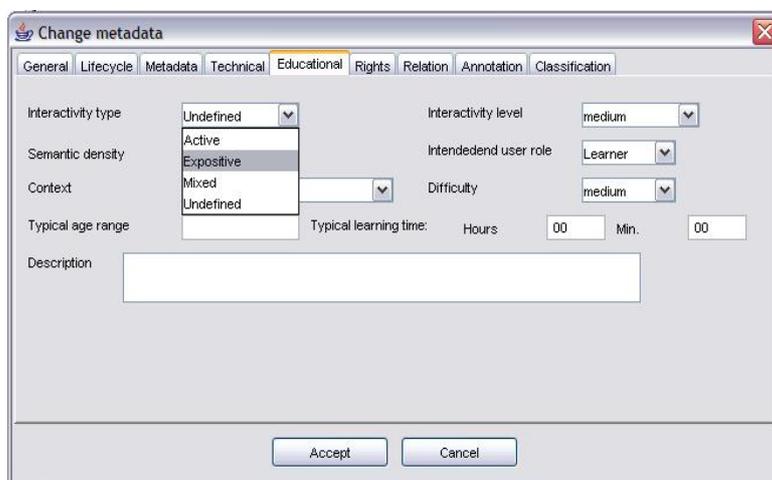


Figura 20. HyCo-LOM: Interfaz

5.3. HyCo-LD

Una vez que en HyCo fue posible definir OA, el siguiente paso fue convertirla en una herramienta para crear procesos de aprendizaje con características adaptativas, sin por ello predeterminar el enfoque instructivo que se podía definir (véase a este respecto el apartado 4.3.1). Así, HyCo pasaba de ser una herramienta para la creación de contenidos a ser una herramienta para crear DIA.

Con este objetivo, se incorporó en HyCo funcionalidad para diseñar flujos instructivos con características adaptativas. El resultado fue un editor de DIA que llamamos HyCo-LD (por sus siglas en inglés, *HyCo Learning Design*) (Berlanga *et al.*, 2005) cuyo diseño sigue tanto la metáfora del Lego como las fases de definición de un DIA descritas en el capítulo anterior (véanse, respectivamente, los apartados 4.3.2 y 4.3.3).

En el caso de la metáfora del Lego, HyCo-LD permite crear los elementos del DIA como objetos independientes, de tal manera que puedan integrarse en diferentes DIA. Esto puede

ser útil, por ejemplo, en diseños de aprendizaje con actividades introductorias o de repaso que incorporan, normalmente, alguna actividad de aprendizaje realizada con anterioridad. De la misma manera, las secuencias, actos, *plays*, etc., pueden incorporarse en diferentes DIA, lo que permite diseñar flujos de aprendizaje según diferentes necesidades o parámetros. La Figura 21 muestra el diagrama de actividad del flujo de trabajo para crear un DIA.

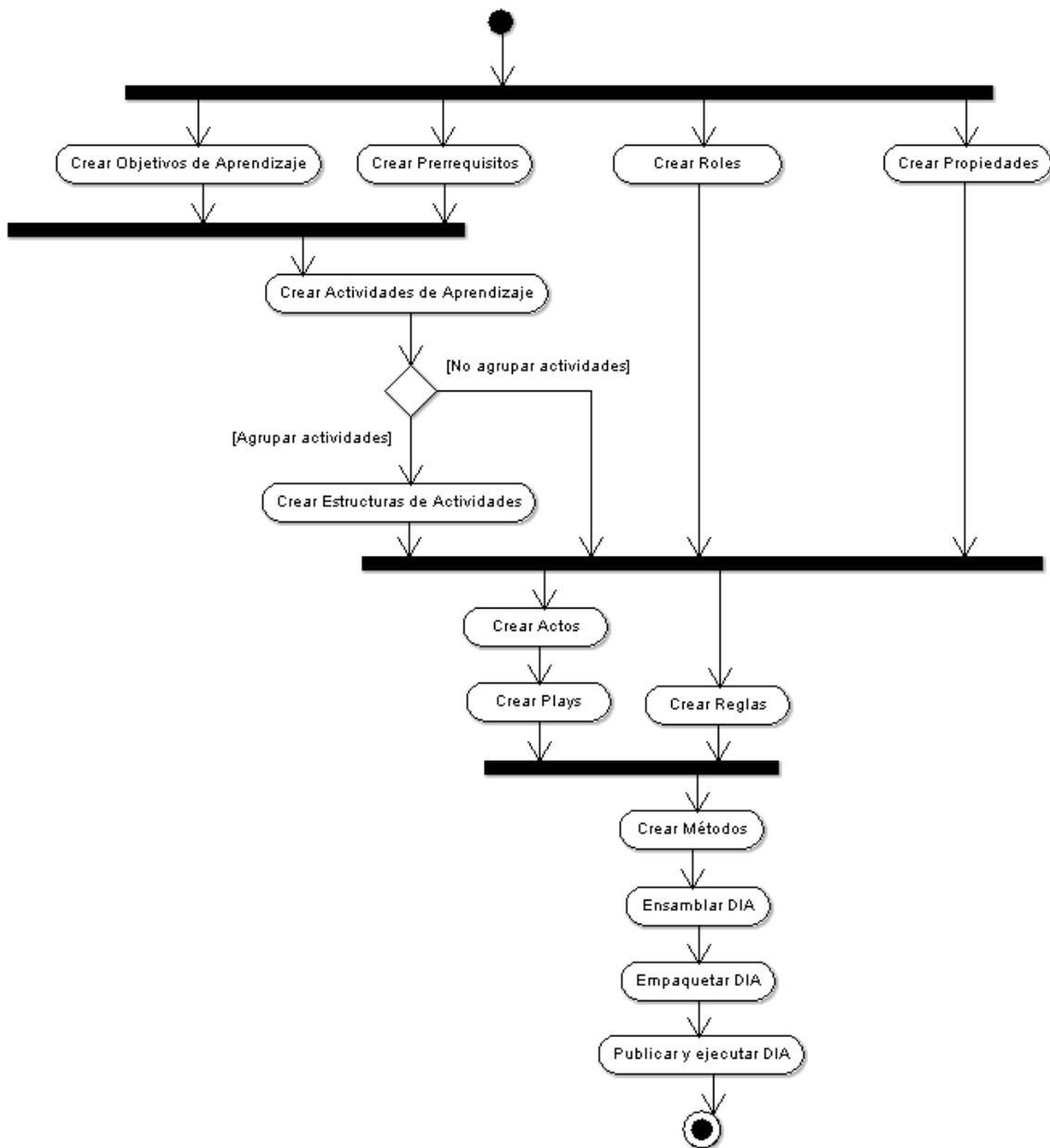


Figura 21. Flujo de trabajo para definir DIA

Las fases de definición de DIA se incluyeron en una nueva opción de HyCo, llamada Diseño Instructivo. La Figura 22 muestra el menú de esta opción. El segundo nivel del menú sólo se aplica para elementos que agrupan otros, como es el caso de componentes, flujo de aprendizaje y *player*. El primero incluye un sub-menú que permite definir propiedades, roles, actividades de aprendizaje y estructuras de actividades; el segundo opciones para crear actos, *plays*, reglas y métodos; y el tercero, acciones para iniciar y detener el servidor, publicar un DIA, borrarlo o ejecutarlo.

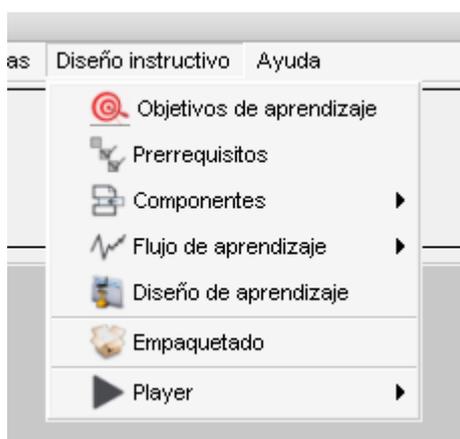


Figura 22. HyCo-LD: Menú principal

Además, para facilitar la labor en el diseño de DIA, dentro de la definición de cada elemento se incorporan selectores de elementos que despliegan los elementos que pueden incluirse en el elemento que se está creando. Por ejemplo, dentro de la definición de una actividad de aprendizaje se despliegan selectores que contienen los objetivos de aprendizaje y prerrequisitos creados anteriormente para que el usuario elija los deseados.

A continuación se detalla cada uno de los componentes para definir un DIA.

5.3.1. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

La definición de objetivos de aprendizaje consiste en establecer los resultados que se esperan obtener después de que se haya llevado a cabo una actividad de aprendizaje o un DIA.

Estos resultados se describen en un enunciado –que se encuentra en un OA o en un URL– que orienta a los estudiantes en las actividades que se desarrollarán. Para expresar dicho enunciado se pueden responder preguntas como: ¿qué conocimientos, habilidades o actitudes deben desarrollar los estudiantes a lo largo de la acción formativa?, o ¿qué conocimientos, habilidades o actitudes deberán dominar los estudiantes una vez finalizada la acción formativa? (Cabrero y Gisbert, 2002).

Para definir objetivos de aprendizaje en HyCo-LD es necesario especificar su título, establecer si el enunciado que describe los resultados esperados se encuentra en un OA (i.e. en una sección o subsección definida previamente en HyCo) o en un URL, y especificar sus metadatos (véase la Figura 23).

Es importante mencionar que muchos de los elementos que se definen dentro de un DIA contienen metadatos. Para definirlos HyCo-LD utiliza el editor HyCo-LOM que, como se ha mencionado, emplea la especificación IMS LOM para anotar los metadatos educativos.

The image shows a software dialog box titled "Objetivos de aprendizaje". It contains several input fields and controls. Under "Propiedades", there is a "Titulo" field with the text "LOB-OA" and an empty "Parámetros" field. A "Visible" checkbox is checked. Under "Contenido", the "Asociar recurso" radio button is selected, and "Asociar URL" is unselected. A "Metadatos" button is present. In the "Asociar URL" section, a dropdown menu for "Recurso asociado" is open, showing "Objetivos de aprendizaje". There is another empty "Asociar URL" section below it. At the bottom, there are "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

Figura 23. HyCo-LD: Creación de objetos de aprendizaje

5.3.2. PRERREQUISITOS

La definición de prerrequisitos consiste en establecer los requisitos previos para llevar a cabo una actividad de aprendizaje o, de manera general, un DIA.

Para formularlos es necesario adjuntar un OA o URL que contenga el enunciado que describa los prerrequisitos necesarios para realizar las actividades que se desarrollarán.

Para definir prerrequisitos en HyCo-LD es necesario especificar su título, establecer si su contenido está relacionado con un OA (i.e. material definido en HyCo) o con un URL, y establecer sus metadatos (véase la Figura 24).

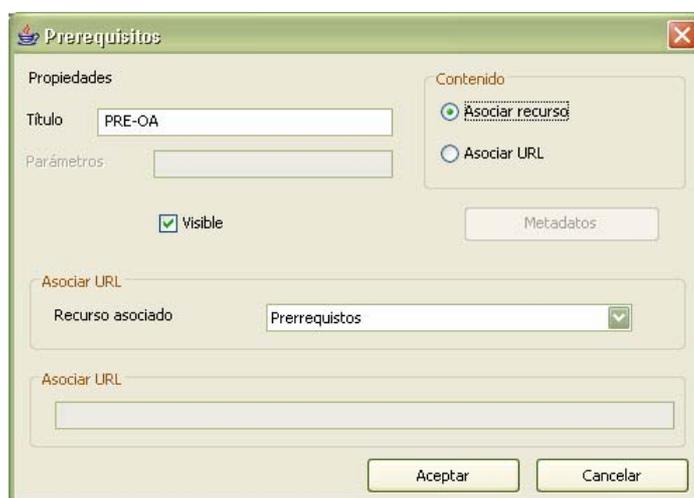


Figura 24. HyCo-LD: Creación de prerrequisitos

Al igual que en los objetivos de aprendizaje, los prerrequisitos se definen sin que se les relacione con un DIA o actividad de aprendizaje en particular, ya que pueden incluirse posteriormente en diferentes actividades de aprendizaje o DIA.

5.3.3. COMPONENTES DE APRENDIZAJE

La opción de componentes de aprendizaje agrupa la definición de roles, actividades de aprendizaje, estructuras de actividades, y propiedades. A continuación se explica cada una.

5.3.3.1. ROLES

Los roles definen los tipos de participantes que interactuarán en el flujo de aprendizaje. Éstos incluyen, por ejemplo, estudiantes, colaboradores, tutores, monitores, personal de soporte o administradores.

Para crearlos en HyCo-LD es necesario definir su título, seleccionar su tipo (que puede ser estudiante o *staff*) y precisar sus metadatos (véase la Figura 25).



Figura 25. HyCo-LD: Creación de roles

5.3.3.2. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Las actividades de aprendizaje son las tareas que se llevarán a cabo para conseguir los objetivos educativos. Es recomendable diseñar actividades que promuevan aprendizajes de diferente índole como, por ejemplo, la comprensión de los conocimientos, la transferencia del conocimiento a otras situaciones, y la reflexión y el análisis de situaciones. Para conseguirlo se pueden diseñar actividades que incluyan proyectos de trabajo, visitas a sitios web, análisis y reflexión de la información presentada, estudio de casos, resolución de problemas, lecturas de documentos o análisis de imágenes (Cabrero y Gisbert, 2002).

Para definir actividades de aprendizaje en HyCo-LD es necesario especificar sus atributos, objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, descripción y retroalimentación. Cada una de estas características se separa mediante pestañas.

En la pestaña de propiedades (véase la Figura 26) es necesario precisar el título de la actividad de aprendizaje, sus metadatos y, si se desea, las condiciones bajo las cuales se

considerará que ha finalizado. Las opciones para ello son: cuando el estudiante lo decida o en un límite de tiempo establecido.

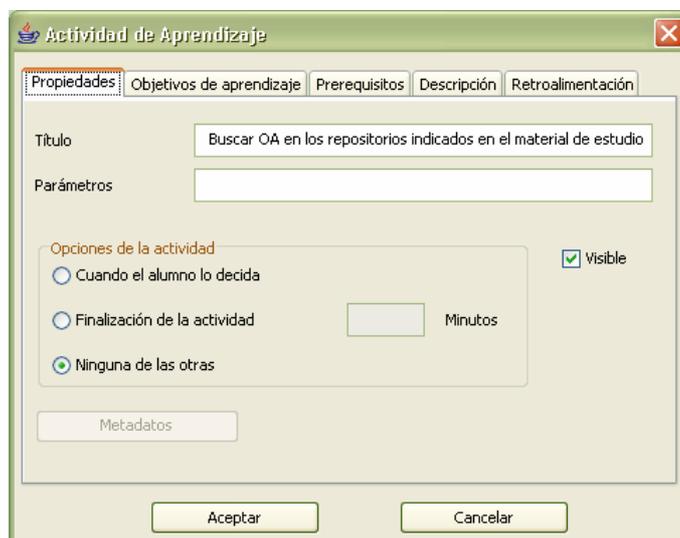


Figura 26. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (propiedades)

Posteriormente, en las pestañas correspondientes es necesario indicar los objetivos y prerequisites de la actividad de aprendizaje. En ambos casos el autor los selecciona de una lista que contiene los definidos previamente. La Figura 27 muestra la interfaz para incluir objetivos de aprendizaje en la actividad. La pestaña para adjuntar prerequisites es exactamente igual, pero en vez de objetivos de aprendizaje muestra los prerequisites que se pueden incluir.

A continuación, en la pestaña de descripción, se debe adjuntar un OA (i.e. recurso existente en HyCo) o un URL que contenga el enunciado que narra la actividad de aprendizaje, y definir sus metadatos (véase la Figura 28).

Por último, en la pestaña de retroalimentación (véase la Figura 29), es necesario adjuntar un OA o un URL que contenga la descripción de la retroalimentación, así como especificar sus metadatos.

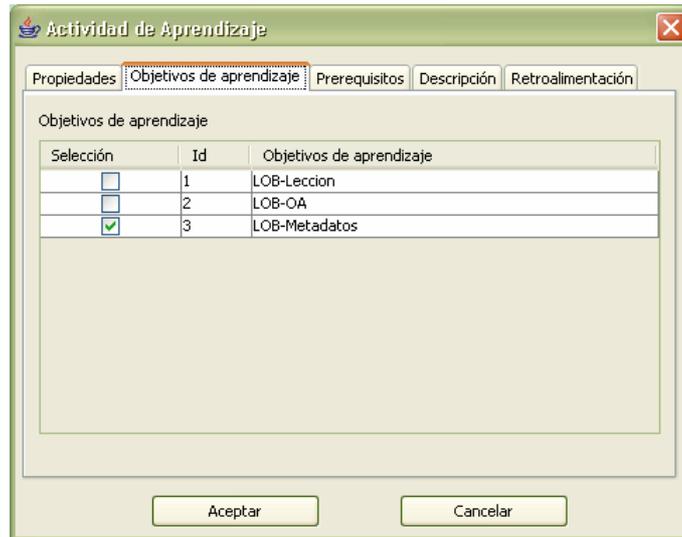


Figura 27. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (objetivos de aprendizaje)



Figura 28. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (descripción)



Figura 29. HyCo-LD: Creación de actividades de aprendizaje (retroalimentación)

5.3.3.3. ESTRUCTURAS DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Las estructuras agrupan actividades de aprendizaje y definen la forma en que se presentarán al estudiante. También, es posible incluir en ellas otras estructuras, es decir, definir estructuras de estructuras de actividades de aprendizaje.

Para definir una estructura en HyCo-LD es necesario especificar sus propiedades, información y los elementos que la formarán. Cada una de estos atributos se separa mediante pestañas.

En la pestaña de atributos (véase la Figura 30) se define el título de la estructura y las condiciones que se considerarán para establecer que se ha completado, para lo cual se puede indicar un número determinado de actividades que se deben completar o señalar que todas las actividades deben completarse. Además es necesario especificar, mediante el tipo de estructura, la manera en que se presentarán al estudiante las actividades de aprendizaje y estructuras que contiene la nueva estructura. Existen dos opciones: de manera secuencial y por selección. La estructura secuencial establece que las actividades de aprendizaje se presentarán una por una en el mismo orden en que se definieron en la estructura, mientras que la estructura por selección indica que todas las actividades se mostrarán al estudiante y él decidirá en qué orden quiere realizarlas.



Figura 30. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (propiedades)

En la siguiente pestaña (véase la Figura 31), se indica la información relativa a la estructura. Para ello es necesario adjuntar un OA o un recurso URL que contenga dicha información y especificar sus metadatos.

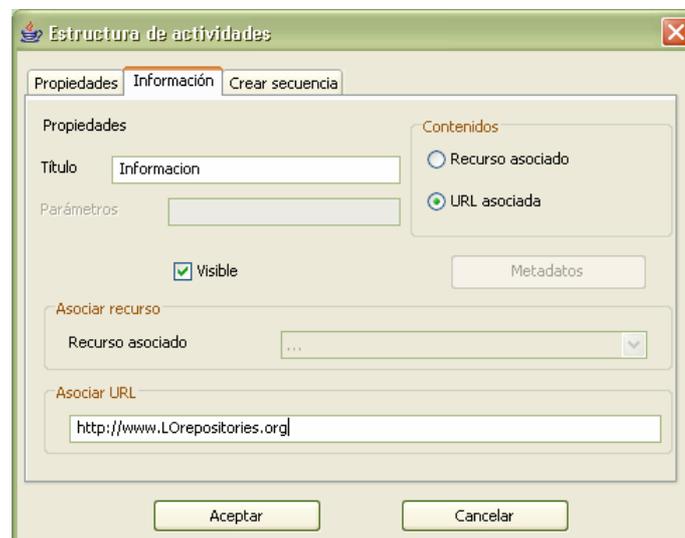


Figura 31. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (información)

Finalmente, en la última pestaña (véase la Figura 32), se seleccionan las actividades de aprendizaje y las estructuras de actividades que formarán la estructura que se está creando.

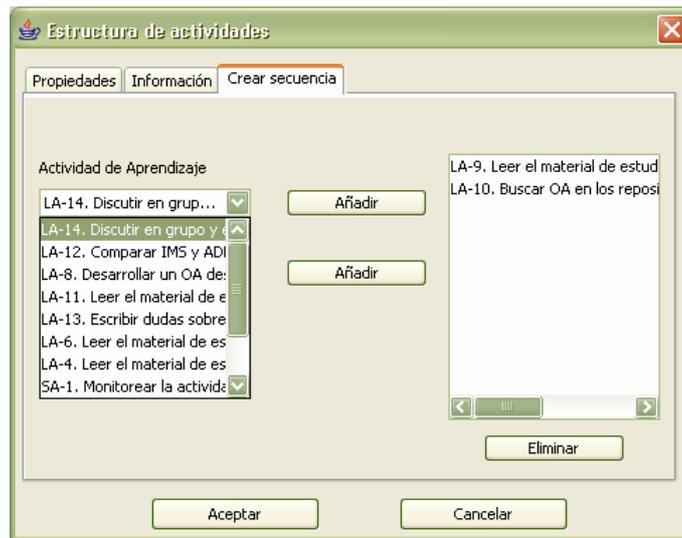


Figura 32. HyCo-LD: Creación de estructuras de actividades (crear secuencia)

5.3.3.4. PROPIEDADES DE PERSONALIZACIÓN

Las propiedades representan las variables que se considerarán para ajustar el DIA a las características de los alumnos. Algunos ejemplos son el estilo de aprendizaje, los conocimientos y las preferencias.

Su definición es abierta, es decir, no existe restricción al respecto, es posible crear cualquier tipo de propiedad. Posteriormente, su valor se puede considerar para finalizar actos o llevar a cabo reglas y técnicas de adaptación.

Como se mencionó anteriormente, las propiedades se clasifican de acuerdo a su grado de alcance. Las propiedades locales sólo se consideran a nivel DIA, mientras que las globales se consideran para diferentes DIA. Las primeras se dividen en propiedades que tienen el mismo valor para todos los usuarios (propiedades locales), valores diferentes para cada usuario (propiedades personales), y valores iguales para cada rol (propiedades de rol).

Para definir propiedades en HyCo-LD es necesario seleccionar el tipo de propiedad (i.e. local, personal, rol, global) e indicar su título, el tipo de dato que representa (i.e. entero, carácter, etc.) y su valor inicial. Si es necesario, también se pueden agregar restricciones. Éstas incluyen, entre otras, la longitud o los valores mínimos y máximos permitidos.

La Figura 33 muestra la interfaz para definir propiedades de rol. Nótese que en este caso es necesario también indicar el rol al que hace referencia la propiedad. Las interfaces para definir propiedades locales y personales son similares a la mostrada en esta figura.

En esta versión de HyCo-LD no se consideran las propiedades globales (que almacenan información sobre el usuario o un único valor para todos los usuarios en todos los DIA), ya que la herramienta no cuenta con funcionalidad para la gestión de usuarios.

Tipo	Valor
maxInclusive	100

Tipo	Valor
totalDigits	3

Figura 33. HyCo-LD: Creación de propiedades locales (rol)

5.3.4. FLUJO DE APRENDIZAJE

Dentro del flujo de aprendizaje se definen los actos, *plays*, reglas de adaptación y métodos de instrucción. A continuación se explican estos componentes.

5.3.4.1. *ROL-PARTS* Y ACTOS

Como se ha mencionado, los actos indican las actividades de aprendizaje que realizan los roles. Cada acto se identifica con un *rol-part* que define qué rol debe realizar qué actividad de aprendizaje.

En HyCo-LD los actos se definen indicando sus datos, *role-parts* y características de finalización. Cada uno de estos elementos se divide en pestañas.

En la pestaña de datos se especifica el título y los metadatos del acto. En la de *role-parts* – también llamados “papeles” por su traducción al español– se agregan, eliminan o modifican los *role-parts* que se incluyen en el acto (véase la Figura 34). Para crear estos elementos es necesario especificar el rol que forma parte del *role-part* y seleccionar, de la pestaña correspondiente, las actividades de aprendizaje o estructuras de actividades que ejecutará. En cada caso se muestran únicamente los elementos definidos previamente para que el usuario seleccione los deseados.

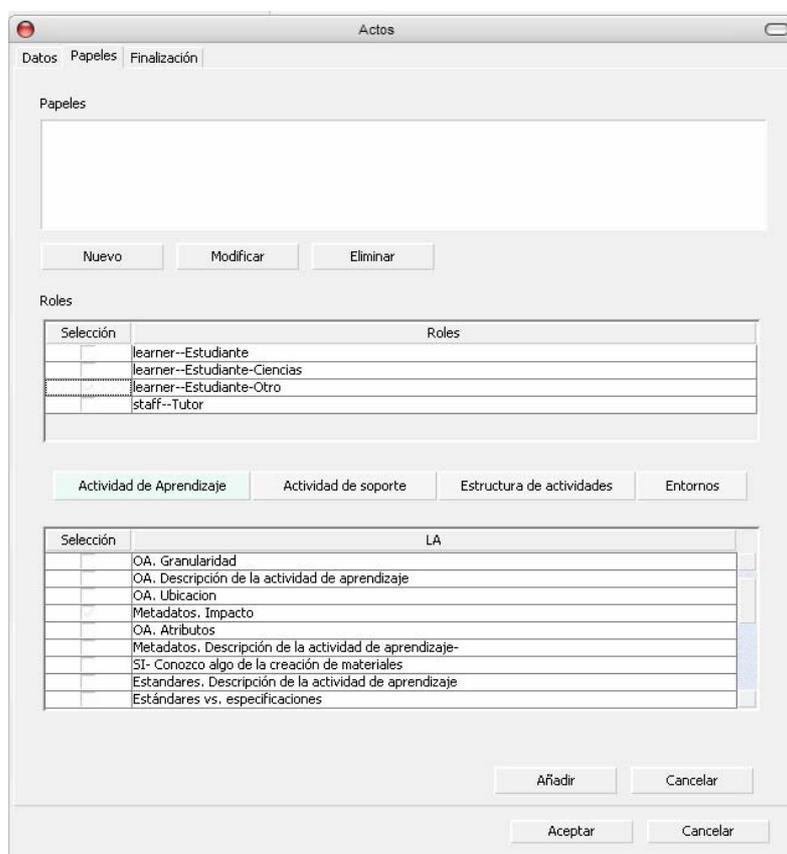


Figura 34. HyCo-LD: Creación de actos (*role-parts*)

Por último, en la pestaña de finalización (véase la Figura 35) se especifican las condiciones bajo las cuales se considera que el acto debe terminar. Éstas pueden tener en cuenta si un *role-part* ha finalizado, si el tiempo para realizar el acto sobrepasa el permitido, o si una

propiedad ha cambiado su valor. En cada caso es necesario seleccionar el elemento a considerar, es decir, respectivamente, el *role-part*, el límite de tiempo, o la propiedad. También es necesario establecer las acciones que a seguir cuando el acto finalice: si se mostrará un elemento que contiene retroalimentación o si se modificará el valor de una propiedad.



Figura 35. HyCo-LD: Creación de actos (finalización)

5.3.4.2. PLAYS

Los *plays* indican qué actos deben realizar qué roles en qué orden.

En HyCo-LD los *plays* –también llamados “ejecuciones” por su traducción al castellano– se definen indicando sus atributos y los actos que los componen. Estas opciones se dividen mediante pestañas.

En la pestaña de atributos (véase la Figura 36) se define el título y metadatos del *play*, así como las condiciones bajo las cuales se considera que ha terminado: si es necesario que el último acto finalice, que no se sobrepase un límite de tiempo, o que una propiedad adquiera un valor determinado. En esta pestaña, además, es necesario indicar si cuando finalice el *play* se mostrará una retroalimentación al usuario y/o se cambiará el valor de una propiedad.

The image shows a software window titled "Ejecución" with a close button in the top right corner. It has two tabs: "Atributos" (selected) and "Actos".

Título: A text input field containing "PLY-1. Objetos, metadatos y estandares".

Metadatos: A button labeled "Metadatos" and a checked checkbox labeled "Visible".

El play acabará: A section with three radio button options:

- Ninguna
- Cuando acabe el último acto
- Límite de tiempo

Límite de tiempo: A text input field is present, with a "Formato: PnYnMnDnHnMnS" label to its right. Below it is a dropdown menu labeled "Ref propiedad" with "..." as the selected option.

Cuando se establezca el valor de una propiedad: A radio button option with a dropdown menu showing "PP-InitialKnowledge" and a "Valor" input field.

Cuando acabe el play: A section with a "Crear retroalimentación" button.

Cambiar el valor de una propiedad: A dropdown menu showing "PP-InitialKnowledge" and a "Valor" input field containing "100".

Buttons: "Aceptar" and "Cancelar" buttons are located at the bottom right of the dialog.

Figura 36. HyCo-LD: Creación de plays (atributos)

Posteriormente, en la pestaña de actos (véase la Figura 37) se agregan o eliminan los actos que incluirá el *play*.

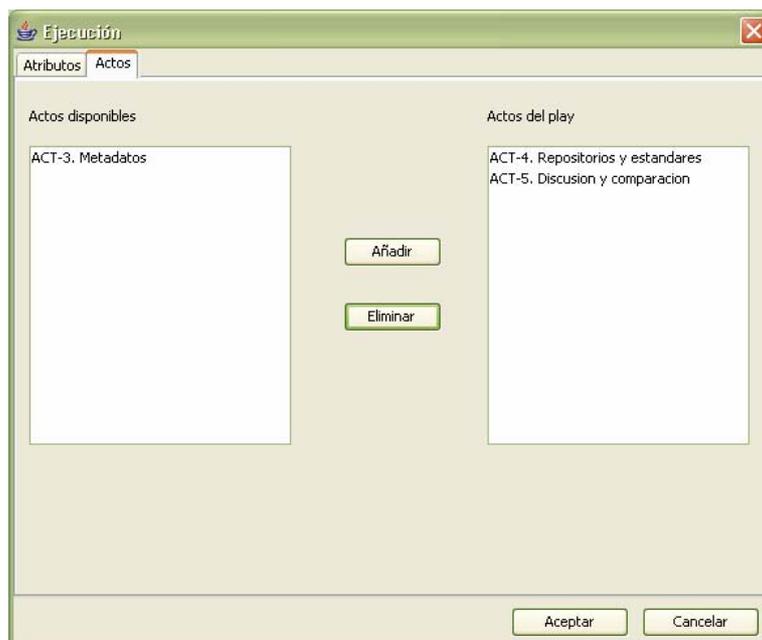


Figura 37. HyCo-LD: Creación de plays (actos)

5.3.4.3. REGLAS Y TÉCNICAS DE ADAPTACIÓN

En esta tesis se han establecido dos propuestas para crear flujos de aprendizaje con características adaptativas (véase el apartado 4.3.3.4.3): definiendo reglas o seleccionando elementos para establecer técnicas destinadas al soporte a la navegación.

En esta versión de HyCo-LD, las reglas de adaptación, que están dirigidas a usuarios con conocimientos avanzados de IMS LD, se definen guiando al usuario para que las construya seleccionando los elementos apropiados, es decir, los elementos que contiene el elemento <conditions> de la especificación. La herramienta ayuda al usuario en el proceso habilitando y presentando los elementos que se pueden incluir en la regla.

Así, para comenzar la definición de la regla es necesario seleccionar de la lista de operadores el elemento <if> (que, al iniciarse la definición de la regla, será el único que aparezca) y posteriormente el operador que se desea incluir en la regla como, *is*, *greater than*, *less than*, etc. (véase la Figura 38).

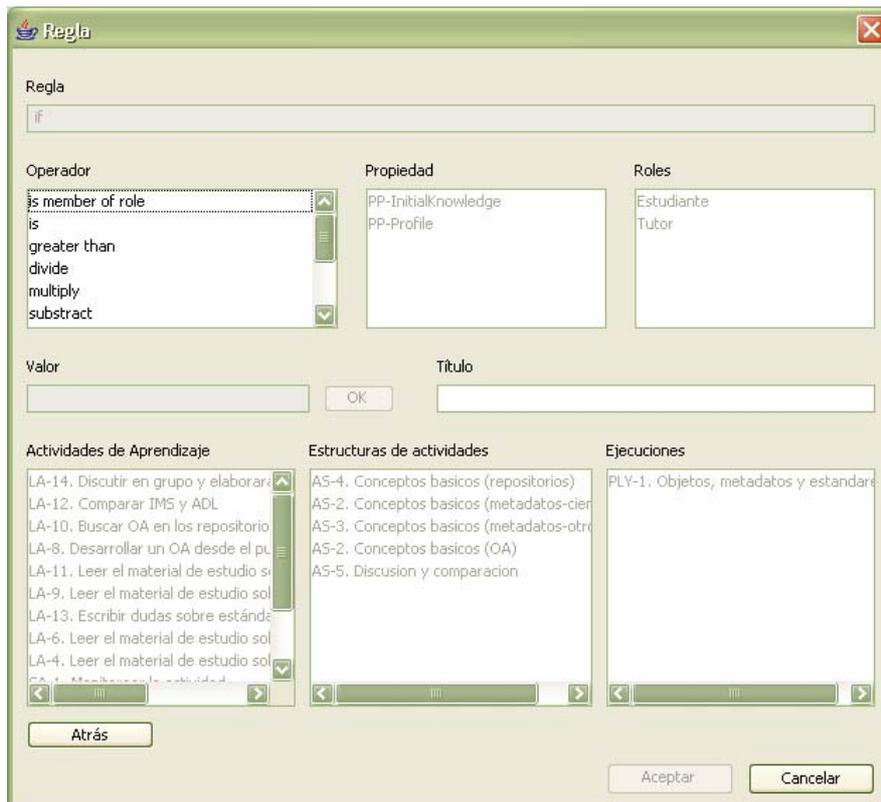


Figura 38. HyCo-LD: Creación de reglas de adaptación (operadores)

Después se elige la propiedad a utilizar y se especifica el valor que debe tener para que la regla se ejecute. En el siguiente paso es necesario seleccionar el operador <then> y especificar la acción deseada (i.e. <show> o <hide>). Seguidamente, hay que elegir de la lista correspondiente, la actividad de aprendizaje, estructura de actividades o ejecución (*play*) que se mostrará o esconderá (según sea el caso) si la condición se cumple. Finalmente, es necesario especificar el nombre de la regla. Durante todo el proceso, la estructura de la regla que se está creando se muestra en la parte superior de la pantalla (véase la Figura 39).

A su vez, la definición de técnicas adaptativas para el soporte a la navegación –que está dirigida a usuarios con pocos conocimientos de IMS LD– se realiza mediante una interfaz de pestañas que representa la definición de técnicas adaptativas para el soporte a la navegación presentada en apartado 4.3.3.4.4.

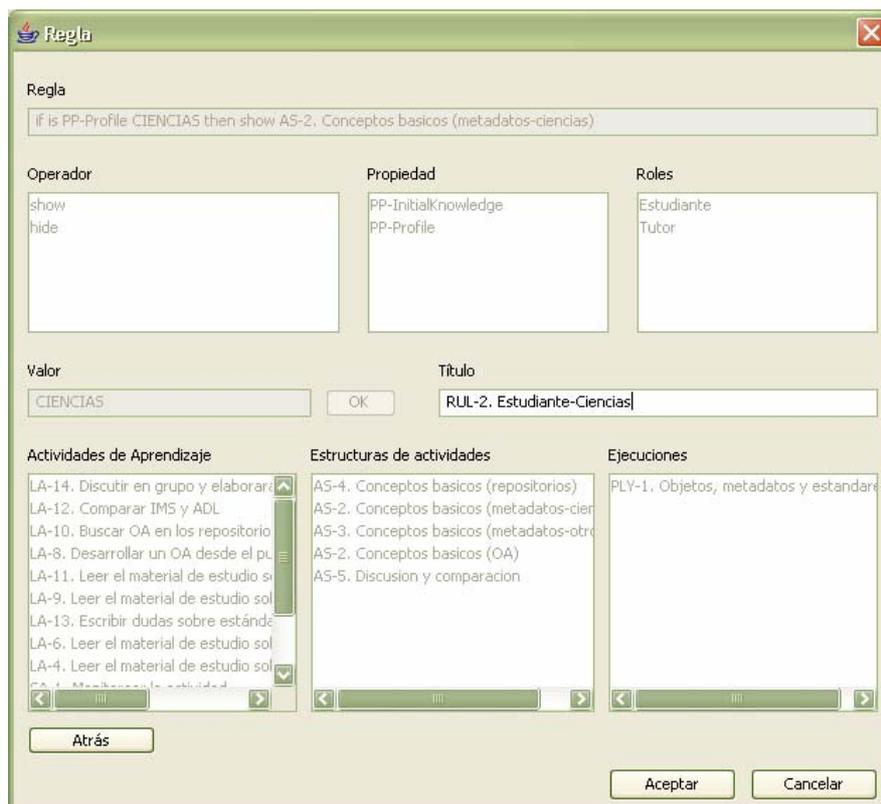


Figura 39. HyCo-LD: Creación de reglas de adaptación (propiedades)

Así, en la primera pestaña (véase la Figura 40) es necesario especificar el título y seleccionar el tipo de técnica adaptativa y el nivel en que se aplicará la regla. Hasta el momento, el tipo de técnica adaptativa disponible es el de guiado directo, mientras que las reglas pueden definirse a nivel ejecución (*play*) y a nivel estructura de actividades.

En la segunda pestaña se definen las características, opciones, operaciones, datos, valores y propiedades en los que se basa la regla (véase la Figura 41). HyCo-LD guía al usuario en la construcción de la regla mostrándole las opciones posibles. Es necesario, en primer lugar, especificar si la regla se basa en una característica del alumno (i.e. características, preferencias o demografía) o en otro tipo de característica (i.e. objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, técnicas o configuración). Cuando se elige una de estas características aparecen en la lista de opciones los posibles valores que contiene cada una de ellas para que el usuario seleccione el adecuado. Posteriormente, es necesario indicar qué propiedad se considerará para definir la técnica y señalar el tipo de dato, la operación y su valor.

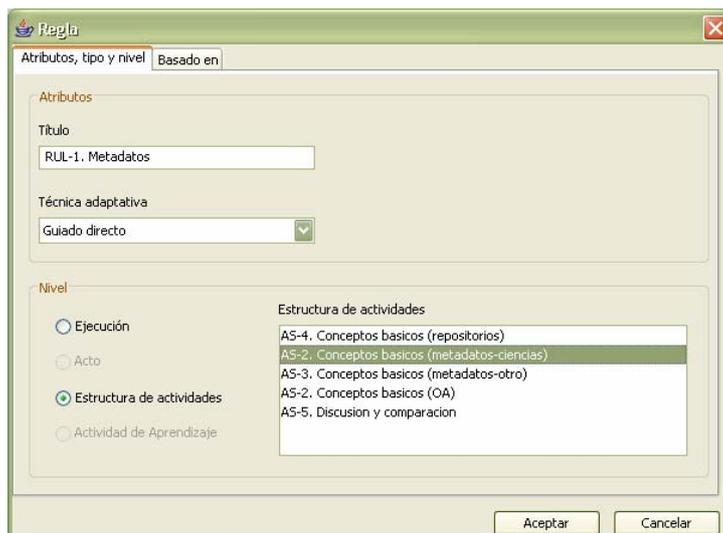


Figura 40. HyCo-LD: Creación de técnicas de adaptación (atributos, tipo y nivel)

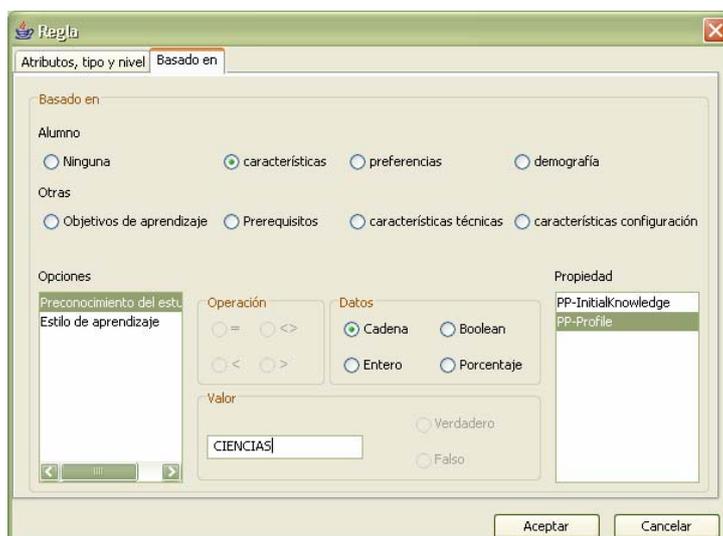


Figura 41. HyCo-LD: Creación de técnicas de adaptación (basado en)

5.3.4.4. MÉTODO DE APRENDIZAJE

El método de aprendizaje contiene los *plays* que se realizan dentro del DIA. Para definirlos es necesario indicar, en la pestaña de atributos (véase la Figura 42), las condiciones bajo las cuales se considera que el método ha finalizado. Éstas pueden tener en cuenta si se han completado los *plays*, si el tiempo para realizar el acto sobrepasa el permitido, o si una

propiedad ha cambiado su valor. También es necesario establecer las acciones a seguir cuando el acto finalice: si se mostrará un elemento que contiene retroalimentación o si se modificará el valor de una propiedad.

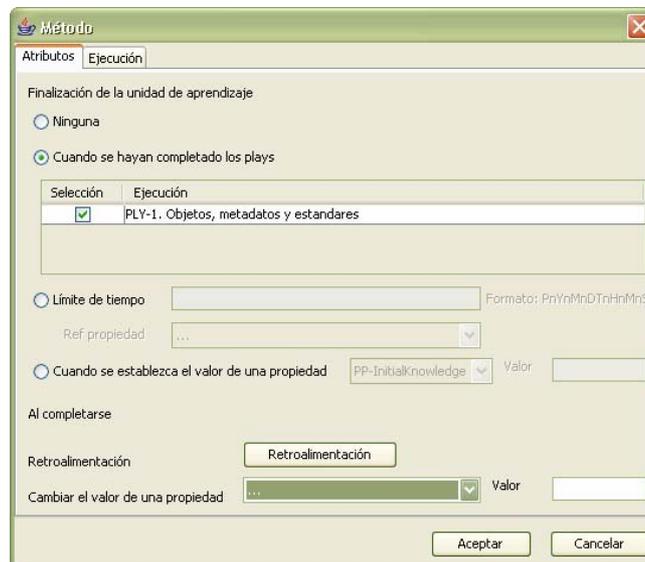


Figura 42. HyCo-LD: Creación de métodos (atributos)

Posteriormente, en la pestaña de ejecución (véase la Figura 43), es necesario seleccionar los *plays* (ejecuciones) y reglas y técnicas de adaptación que formarán parte del método.

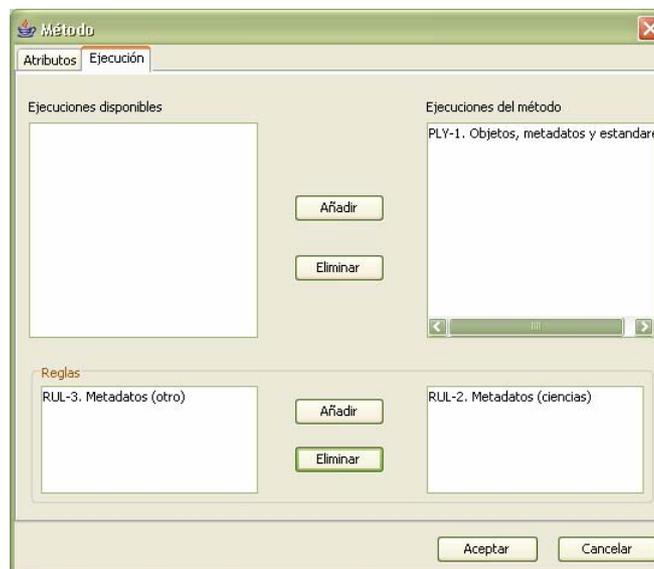


Figura 43. HyCo-LD: Creación de métodos (*plays*)

5.3.5. DISEÑO DEL APRENDIZAJE (ENSAMBLAR DIA)

La última fase de definición de un DIA requiere elegir los objetivos que se persiguen, los prerrequisitos necesarios y el método de aprendizaje que se utilizará.

Para definir un DIA es necesario especificar, en la primera pestaña (véase la Figura 44), su título, versión y URL. En la siguientes dos pestañas se seleccionan, respectivamente, los objetivos de aprendizaje y prerrequisitos que incluye, y en la última, se escoge el método de aprendizaje deseado (véase la Figura 45). Para elegir los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos y el método el usuario cuenta con diferentes listas que contienen para cada caso los elementos definidos previamente.



Figura 44. HyCo-LD: Creación de diseños de aprendizaje (propiedades)

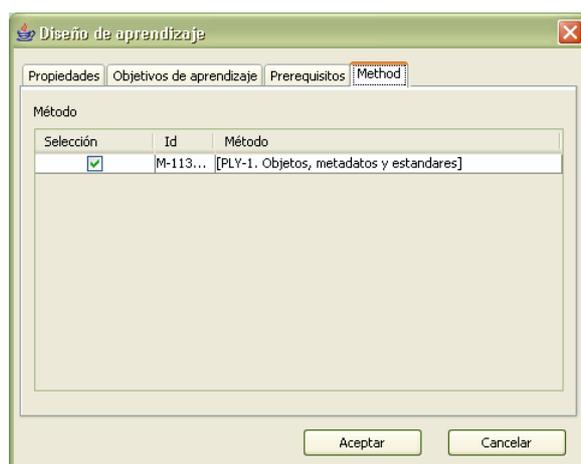


Figura 45. HyCo-LD: Creación de diseños de aprendizaje (métodos)

5.3.6. EMPAQUETAR DIA

Para que un DIA pueda presentarse a los alumnos y compartirse con otras aplicaciones o sistemas, es necesario generar un paquete que lo contenga y que incluya las referencias a los recursos que emplea. Dicho paquete, que sigue la especificación IMS CP y consiste en crear un archivo en formato .zip, se define en HyCo-LD seleccionando el DIA que se desea empaquetar e indicando la ubicación donde se generará el archivo. Para facilitar el proceso, la interfaz indica los pasos que se deben seguir (véase la Figura 46).

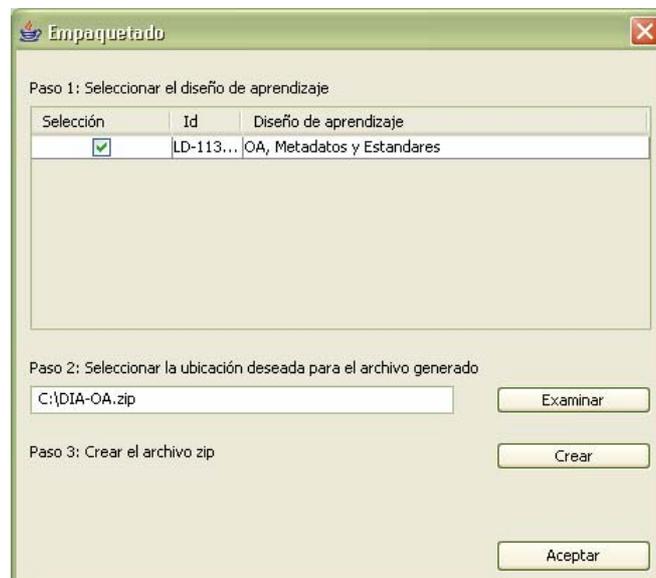


Figura 46. HyCo-LD: Empaquetado de DIA

Este proceso genera para cada capítulo o subcapítulo que se ha incluido en el DIA un OA en forma de página web de contenido, así como el manifiesto anotado con IMS CP que agrupa todos los elementos del DIA de acuerdo con IMS LD. Finalmente crea, en la ubicación señalada por el usuario, un archivo .zip con estos elementos.

5.3.7. *PLAYER* (PUBLICAR Y EJECUTAR DIA)

Si se desea presentar el DIA a los alumnos es necesario, como último paso, llevar a cabo un proceso que valide su contenido y verifique que cumple con IMS LD. A este proceso se le conoce como publicación del DIA.

HyCo-LD integra el motor de libre distribución CopperCore¹⁸ (2005) para realizar el proceso de publicación. Esto es especialmente útil para el usuario ya que, de manera transparente, puede ver y probar cómo se comporta el DIA. Esta integración permite, además, que los alumnos puedan interactuar con el DIA utilizando un navegador.

Como se mencionó anteriormente, en HyCo-LD la opción *Player* agrupa las siguientes acciones:

- (1) Iniciar servidor (de CopperCore)
- (2) Detener servidor (de CopperCore)
- (3) Publicar
- (4) Borrar UdA (borrar DIA)
- (5) Ver *Player* (ejecutar DIA)

Para publicar un DIA es necesario, en primer lugar, seleccionar la opción “(1) Iniciar servidor” que ejecuta el servidor de CopperCore. Una vez que el servidor está en funcionamiento, el siguiente paso es utilizar la opción “(3) Publicar” que permite validar el archivo .zip que contiene el DIA (véase la Figura 47) y genera los roles, usuarios y UdA que requiere CopperCore.

Una vez validado el archivo, se debe seleccionar la opción “(5) Ver *player*” para, a través de la interfaz de CopperCore, ejecutar el DIA (véase la Figura 48).

La interfaz muestra en el marco izquierdo de la pantalla, mediante una estructura en forma de árbol, los *plays*, actos, secuencias y actividades de aprendizaje que incluye el DIA. En el área central despliega el contenido del elemento seleccionado y, mediante pestañas, sus objetivos, prerrequisitos, retroalimentación y metadatos. En el marco superior muestra el título del DIA y una lista que permite escoger el rol deseado.

¹⁸ Para una descripción breve de esta herramienta véase más adelante el apartado 5.4.1.

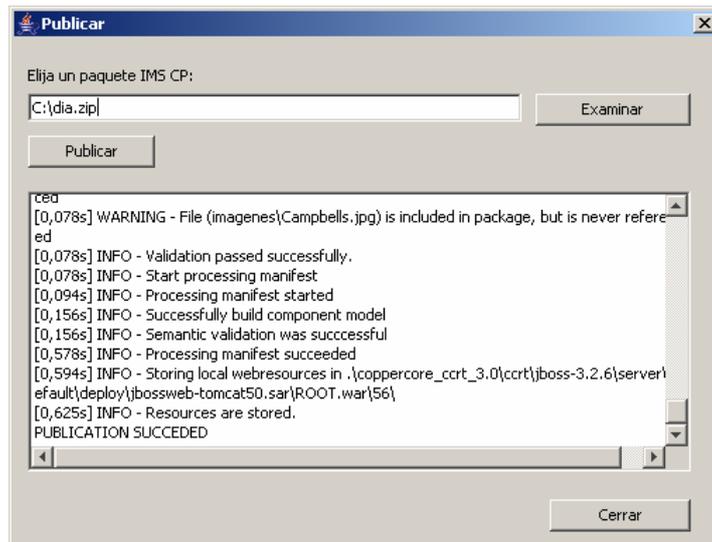


Figura 47. HyCo-LD: Publicar DIA

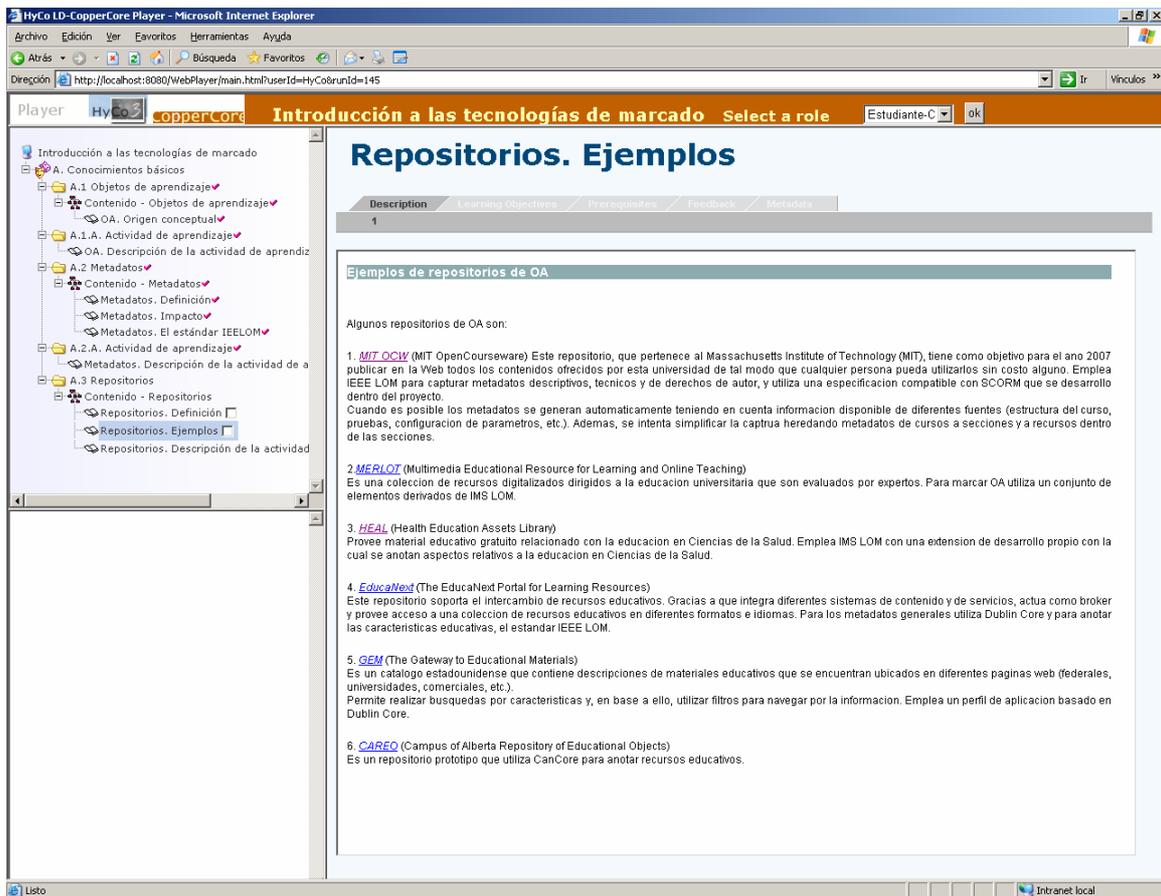


Figura 48. HyCo-LD: Ejecutar DIA

5.3.8. FUNCIONALIDAD PARA GESTIONAR Y VISUALIZAR ELEMENTOS

HyCo-LD soporta la definición de los elementos que integran un DIA presentando una serie de botones para crearlos, modificarlos, eliminarlos y visualizarlos gráficamente (véase la Figura 49). Dentro de esta última opción, es posible ver los elementos que están relacionados con el elemento seleccionado. Por ejemplo, la Figura 50 muestra el grafo para un método. En él se puede ver qué reglas, propiedades y actos lo integran.

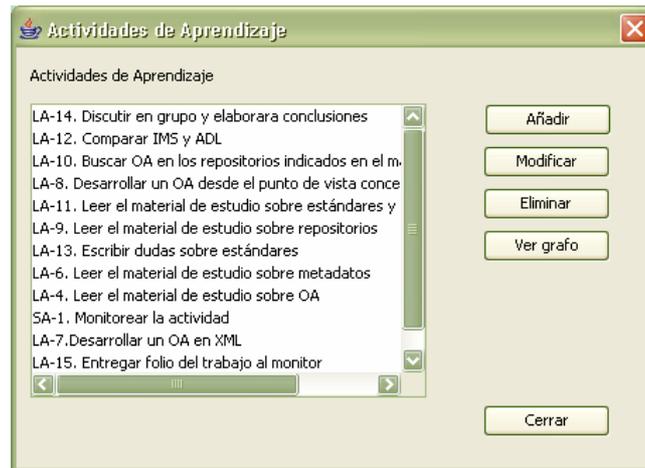


Figura 49. HyCo-LD: Funcionalidad para manejar elementos

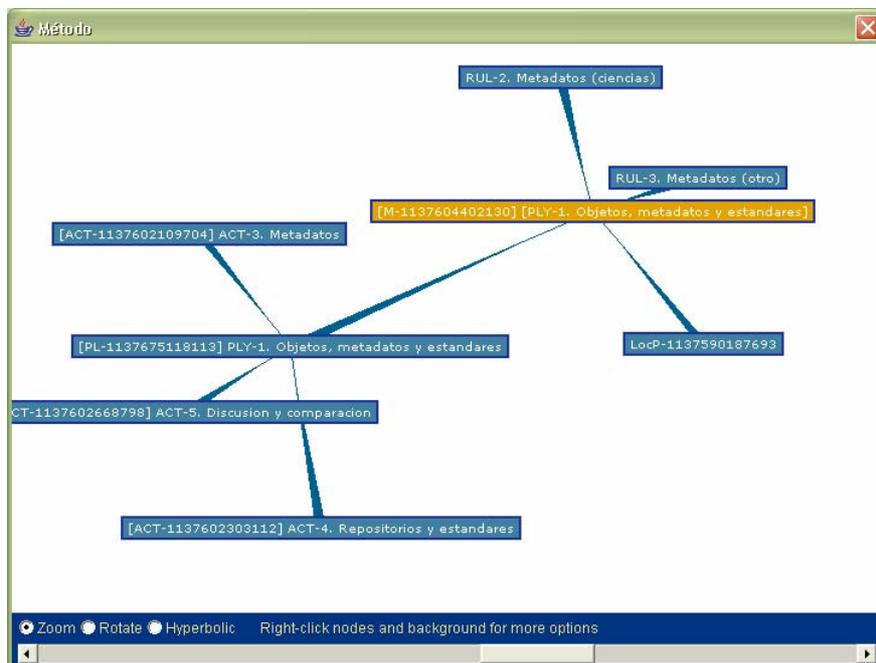


Figura 50. HyCo-LD: Visualización gráfica de DIA

5.4. OTROS EDITORES PARA IMS LD

Después de presentar las características de HyCo-LD, a continuación se introducen las herramientas necesarias para trabajar con IMS LD para, posteriormente, mencionar otros editores que se han desarrollado para trabajar con esta especificación. Subsecuentemente, se establece una comparación entre estos editores y HyCo-LD.

5.4.1. HERRAMIENTAS PARA TRABAJAR CON IMS LD

Para trabajar con diseños instructivos que sigan la especificación IMS LD se requieren diferentes herramientas para el manejo de las UdA. Entre ellas se incluyen editores para crearlas, software para validarlas, aplicaciones para ejecutarlas y repositorios para almacenarlas. Por tanto, estas herramientas se pueden clasificar en:

- ❖ Editores de IMS LD. Aunque un usuario experto puede utilizar cualquier editor de XML para crear una UdA, existen editores especializados que, según su nivel de apego a la especificación, se dividen en:
 - a. Básicos (o editores apegados a la especificación). Herramientas que permiten a los usuarios crear una UdA sin necesidad de tener conocimientos de los lenguajes de marcado, pero cuya interfaz no se aleja de la especificación, la presentan tal cual es. Ejemplos de este tipo de editores son herramientas que emplean la metáfora del árbol para manipular la especificación como el *Learning Design Editor* de Reload (2005), que cuentan con interfaz gráfica como ASK-LDT (Sampson, Karampiperis y Zervas, 2005) (véase la Figura 51), que utilizan ventanas en ambientes web como el aLFanet Editor (Van Rosmalen y Boticario, 2005) (véase la Figura 52), o que utilizan ventanas pero en ambientes *stand-alone* como HyCo-LD.
 - b. Avanzados (o editores apartados de la especificación). Herramientas de autor que no muestran la especificación al usuario final. Ejemplos de este tipo de editores incluyen herramientas con interfaz gráfica como MOT+ (Paquette, De la Teja, Léonard, Lundgren-Cayrol y Marino, 2005a), y las que cuentan con

plantillas para trabajar con la especificación como eLive Learning Design Suite (eLive GmbH, 2005) (véase la Figura 53).

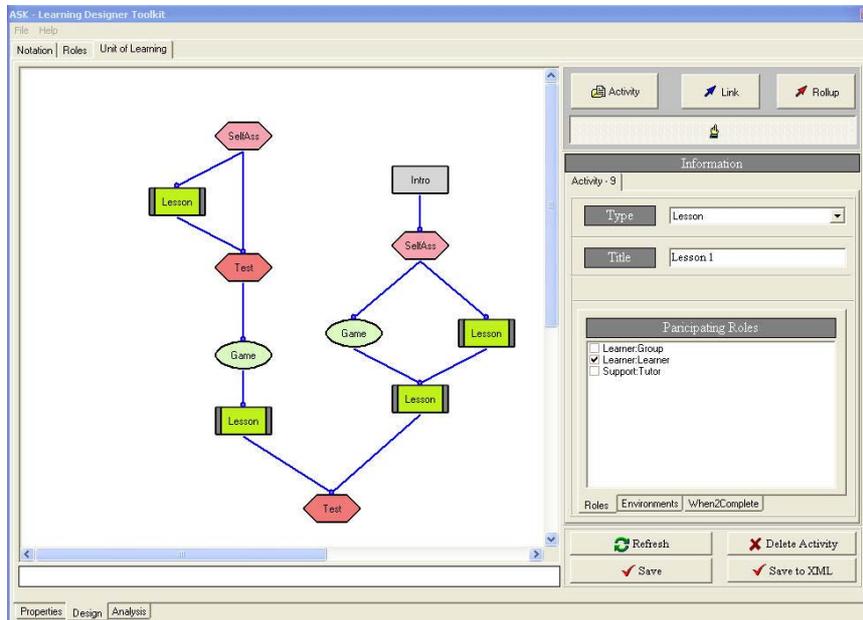


Figura 51. ASK-LDT: Interfaz

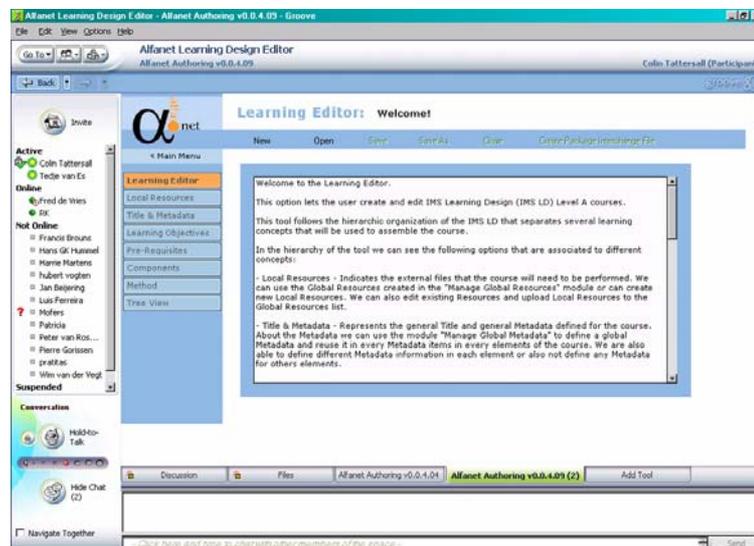


Figura 52. aLFanet: Interfaz

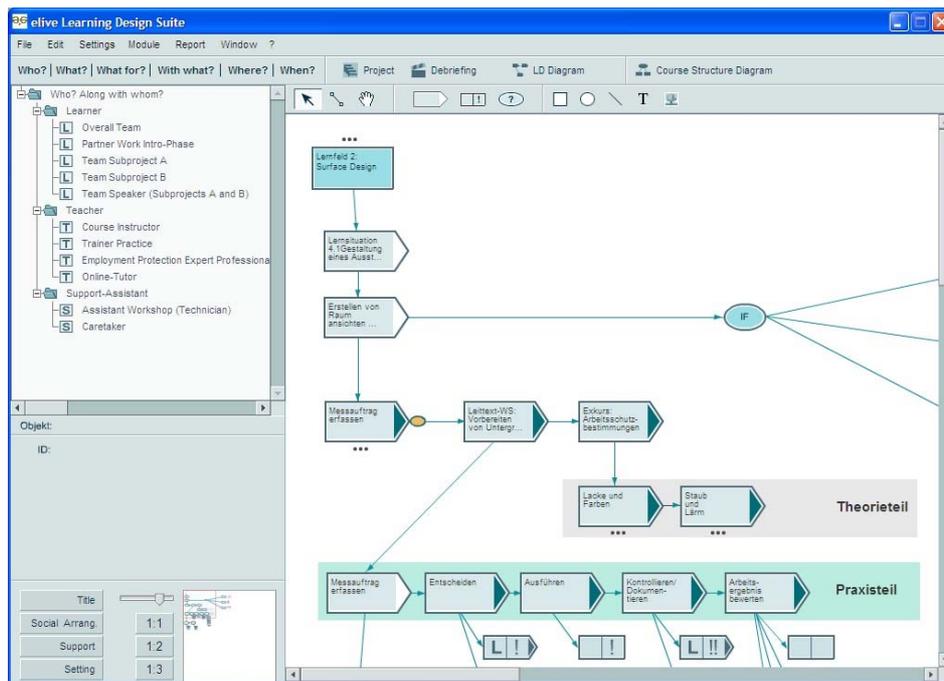


Figura 53. eLive Learning Design Suite: Interfaz

- ❖ Aplicaciones (llamadas *runtime players*) que ejecutan una UdA para cada usuario, coordinando a estudiantes y profesores en sus diferentes roles, controlando su desempeño, presentando actividades de aprendizaje y recursos, y ejecutando servicios que soportan el proceso. El único *player* disponible hasta el momento es el *Learning Design Player* de Reload (2005) (véase la Figura 54).
- ❖ Repositorios que almacenan UdA y que permiten gestionarlos, buscarlos e incorporarlos en diferentes cursos. Hasta el momento no existen repositorios de este tipo.
- ❖ Software (llamado *engine*) que procesa, valida, sincroniza, controla, y personaliza el flujo de aprendizaje que contiene una UdA, para lo cual trabaja en conjunto con los *runtime players*. CopperCore (2005) (véase la Figura 55) y SLED (2005) son dos ejemplos de *engines*.
- ❖ Pruebas de cumplimiento (o *compliance testing*) que verifican la interoperabilidad entre las aplicaciones que utilizan IMS LD. Un ejemplo en esta línea es el software y batería de pruebas que se desarrollan dentro del proyecto europeo Telcert (2005).

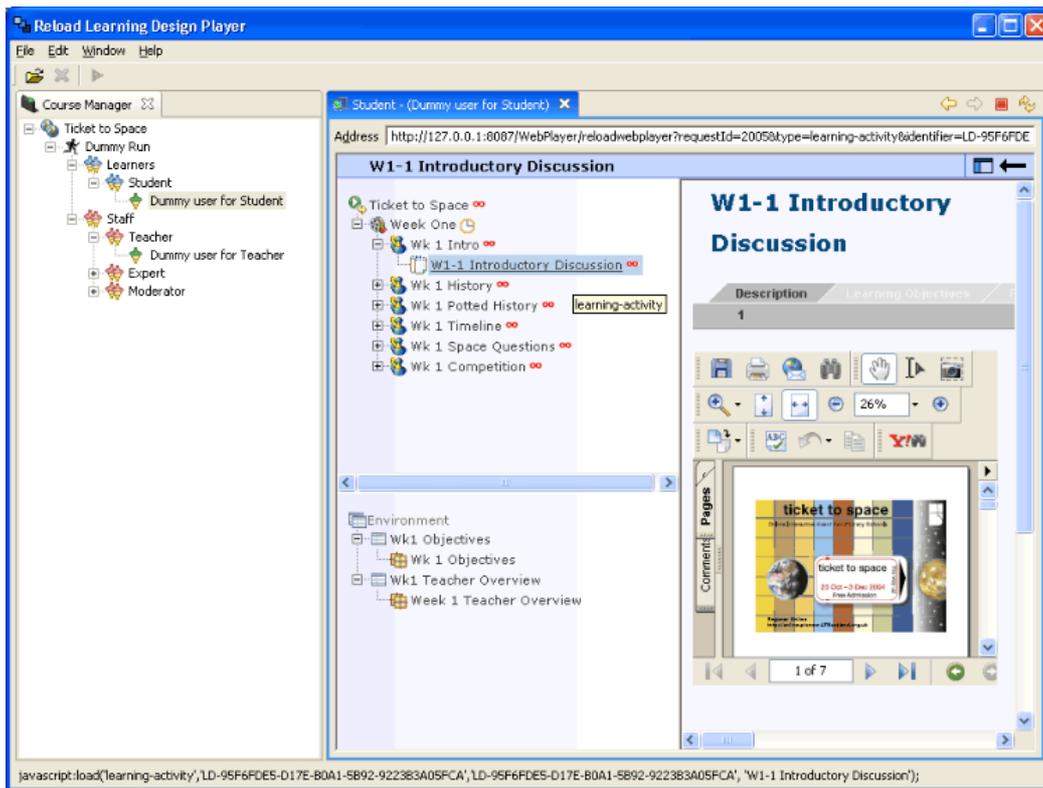


Figura 54. Learning Design Player de Reload: Interfaz

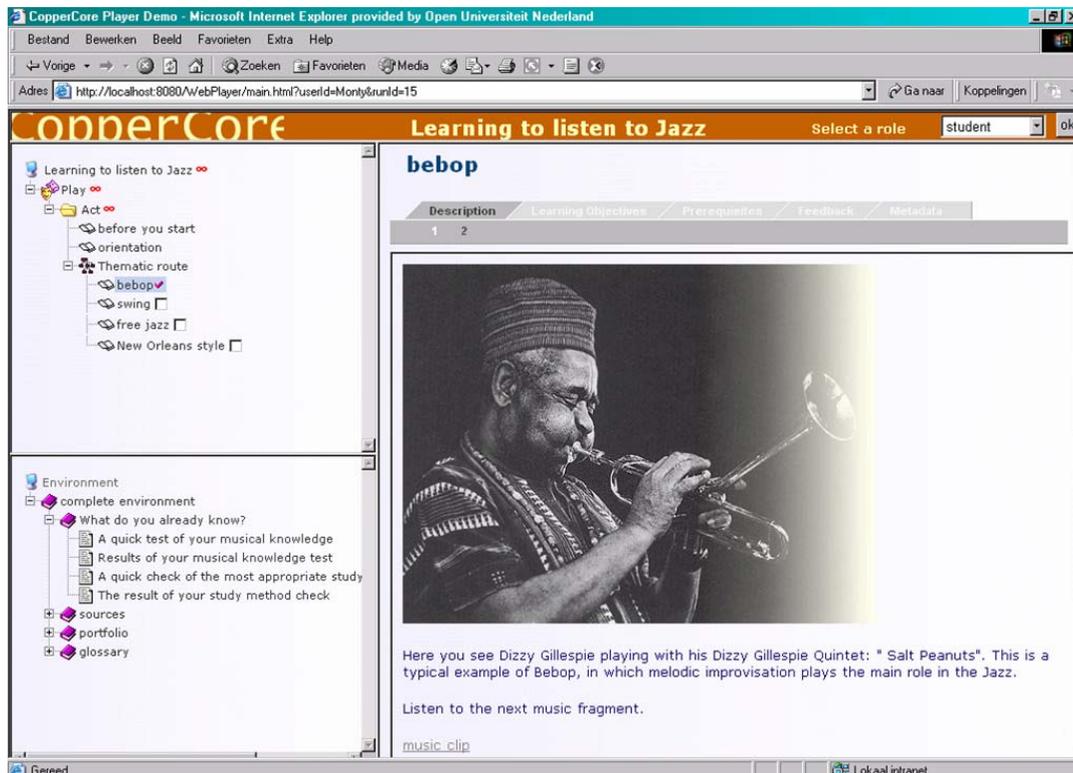


Figura 55. CopperCore: Interfaz

Como se deduce del número de ejemplos disponibles para cada caso, el estado actual en el desarrollo e implementación de herramientas para trabajar con IMS LD está en fase inicial. El foco por ahora se centra en desarrollar editores y software para procesar LD, mientras que aún no existen *players*, repositorios de UdA, o pruebas de cumplimiento de la especificación. A continuación se profundiza en los editores para IMS LD.

5.4.2. EDITORES PARA IMS LD

La Tabla 17 (Berlanga y García, 2005b) contiene algunos editores para trabajar con IMS LD. Muestra su apego a la especificación (Básico o Avanzado) y su nivel de cumplimiento (A, B, C); señala además el tipo de usuario al que van dirigidos según su conocimiento de IMS LD (i.e. expertos, intermedios, novatos), su estatus, y el proyecto, universidad o centro que los desarrolla.

Tabla 17. Editores para trabajar con IMS LD

Nombre	Nivel	Nivel IMS LD	Usuario	Características de la interfaz	Estatus	Desarrollado por
Reload Learning Design Editor ¹⁹ (2005)	Básico	A, B, C	Intermedio	Utiliza una estructura de pestañas para separar los elementos de IMS LD (propiedades, roles, métodos, actividades, etc.). Dentro de cada pestaña se utiliza la metáfora del árbol para agrupar los elementos de la especificación.	Disponible <i>Open source</i>	Proyecto de JISC (Gran Bretaña): Universidad de Bolton y Universidad de Strathclyde
aLFanet Editor ²⁰ (Van Rosmalen y Boticario, 2005)	Básico	A, B, C	Experto	Basada en Web. Utiliza de pantallas para presentar y separar los elementos de la especificación. Agrupa los elementos de IMS LD en subestructuras.	Disponible <i>Open source</i>	Proyecto de la UE: OUNL (Países Bajos), UNED (España), Software AG (España)
CopperAuthor ²¹ (2005)	Básico	A	Intermedio	Utiliza la metáfora del árbol. Incluye diferentes vistas para la UdA: diseño, XML, <i>play</i> , manifest, etc. Integra el motor CopperCore que permite tener una vista previa de la UdA.	Disponible <i>Open source</i>	OUNL (Países Bajos)

¹⁹ Disponible en <http://www.reload.ac.uk/ldeditor.html>

²⁰ Disponible en <https://sourceforge.net/projects/alfanetat>

²¹ Disponible en <http://sourceforge.net/projects/copperauthor>

Nombre	Nivel	Nivel IMS LD	Usuario	Características de la interfaz	Estatus	Desarrollado por
ASK-LDT ²² (Sampson <i>et al.</i> , 2005)	Básico	A, B	Novato	Editor gráfico que permite conectar los elementos arrastrándolos con el ratón. Para identificar los elementos visualmente es posible utilizar una notación por defecto o crear notaciones propias.	Disponible	Proyecto de la UE: Informatics and Telematics Institute (Grecia)
Mot+ ²³ (Paquette <i>et al.</i> , 2005a)	Avanzado	A, B	Inexperto	Editor gráfico. Utiliza un modelo genérico y símbolos específicos siguiendo el método MISA (Paquette <i>et al.</i> , 2005a).	Disponible próximamente –según (Griffiths, Blat, Elferink y Zondergeld, 2005)–	Centre de recherche LICEF. Télé-Université (Canadá)
eLive LD Suite (2005)	Avanzado	A, B	Novato	Editor gráfico. Enfoque de modelado similar a al proceso de modelado de negocios para diseñar conceptos y estructuras.	En desarrollo Propietaria, producto comercial	eLive GMBH (Alemania)

²² Disponible en http://www.ask.iti.gr/demos/ASK-LDT_vUF_rel1.1_Setup.exe

²³ Disponible en http://www.unfold-project.net/UNFOLD/general_resources_folder/tools/mot

Nombre	Nivel	Nivel IMS LD	Usuario	Características de la interfaz	Estatus	Desarrollado por
HyCo-LD (Berlangua <i>et al.</i> , 2005)	Básico	A, B	Intermedio	<p>Emplea la metáfora del Lego para la construcción de Diseños Instructivos con características Adaptativas (DIA).</p> <p>Herramienta para crear libros electrónicos con características hipermedia que permite integrar su contenido, mediante OA, en elementos de un DIA (e.g. actividades de aprendizaje, objetivos).</p> <p>Define cada elemento de IMS LD por separado. Los elementos creados previamente pueden incluirse en nuevos DIA.</p> <p>Permite crear reglas y técnicas de adaptación para el soporte a la navegación. Las primeras son de libre definición y permiten establecer las condiciones deseadas para personalizar el flujo de aprendizaje. Las técnicas de adaptación se pueden definir de acuerdo a diferentes características de los alumnos, opciones, operaciones y propiedades de personalización.</p> <p>Integra el motor CopperCore para validar, publicar, y ejecutar DIA.</p> <p>Permite visualizar gráficamente los elementos que componen el DIA.</p>	<p>En desarrollo</p> <p>Propietaria</p>	Grupo de investigación GRIAL. Universidad de Salamanca (España)

5.5. CONCLUSIONES

Este capítulo presentó HyCo-LD, la herramienta de autor que se ha desarrollado para definir DIA.

Tal como se expuso, HyCo-LD posee funcionalidades no disponibles en otros editores de IMS LD, como la definición de reglas y técnicas de adaptación, la reutilización de componentes definidos previamente, y la integración en una sola herramienta de un editor de contenidos, un editor de OA y un editor de DIA. Gracias a esto, HyCo-LD permite crear contenidos hipermediales, convertirlos en OA, e incorporarlos en DIA. Además, esta herramienta integra el motor CopperCore para validar y publicar DIA, y cuenta con una opción que permite visualizar de manera gráfica la estructura del DIA.

En HyCo-LD la definición de técnicas de adaptación –que permiten establecer mecanismos para personalizar el flujo de aprendizaje– se realiza mediante una interfaz que facilita al usuario seleccionar los parámetros deseados. De esta manera se pueden definir técnicas basadas en propiedades relacionadas con el alumno, como sus preferencias o demografía, con elementos del DIA, como los objetivos de aprendizaje o prerrequisitos, o con características técnicas o de configuración. Ofrece, además, diferentes opciones para determinar si se trata de una técnica que considere el conocimiento del estudiante, su estilo de aprendizaje, o alguna otra característica. Para establecer cuándo una técnica debe emplearse, el usuario determina el valor que debe tener la propiedad en la que se basa la regla, para lo cual dispone de operadores relacionales o booleanos.

El diseño de HyCo-LD permite que al crear un nuevo DIA puedan utilizarse componentes creados con anterioridad, lo que permite el empleo de estos componentes en diferentes contextos o situaciones, así como disminuir el tiempo que conlleva la definición de un DIA.

Conviene destacar que la posibilidad de crear contenidos hipermedia y flujos de aprendizaje en una sola herramienta otorga una mayor comodidad y flexibilidad a los

autores ya que, por ejemplo, permite crear el contenido de las actividades de aprendizaje utilizando el editor de HyCo y modificarlo, sin por ello alterar la estructura del DIA.

Es importante señalar que aunque HyCo-LD permite definir DIA, está orientado a usuarios experimentados en el manejo de IMS LD. Es conveniente que en el futuro se desarrollen herramientas que “oculden” los tecnicismos de esta especificación, para permitir a los usuarios no experimentados definir DIA.

El siguiente capítulo describe un caso práctico donde, utilizando como herramienta de autor HyCo-LD, se diseñó, creó, e implementó un DIA para proporcionar flujos de aprendizaje personalizados a los alumnos de una clase de doctorado de la Universidad de Salamanca.

6. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Este capítulo detalla el caso práctico llevado a cabo para evaluar la propuesta de esta tesis. En él se modeló conceptualmente un DIA partiendo de un escenario de aprendizaje concreto. Después se empleó HyCo-LD para diseñarlo, y posteriormente se implementó y verificó en un contexto real de aprendizaje. El objetivo fue evaluar la validez del proceso de creación de los DIA para diseñar flujos de aprendizaje personalizados, así como conocer la percepción de los alumnos y medir su desempeño en su interacción con los DIA.

6.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta el caso práctico que sirve para probar la propuesta de esta tesis. Con este fin se crea un DIA, diseñado a partir de una lección de aprendizaje concreta, para posteriormente implementarlo y evaluarlo en un contexto real de aprendizaje.

Para el diseño de la lección se ha seguido el esquema formulado en el apartado 4.4, “Ejemplo de definición de un DIA”. En consecuencia, la primera parte de este capítulo describe el diseño conceptual del flujo de aprendizaje de la lección, presentando el escenario de aprendizaje y definiendo cada uno de sus componentes que, en conjunto, forman el DIA. A continuación explica cómo se emplea HyCo-LD para estructurar y diseñar este DIA, y expone cómo se implementa en un contexto real de aprendizaje. Para finalizar presenta el conjunto de pruebas que se realizaron, los resultados obtenidos y las conclusiones de este capítulo.

6.2. DISEÑO CONCEPTUAL

Para diseñar el DIA del caso práctico se ha empleado la lección “Objetos de aprendizaje y metadatos” que se imparte en el curso “Nuevas Tecnologías en Contextos de Formación”, perteneciente al programa del doctorado “Procesos de formación en espacios virtuales” de la Universidad de Salamanca. En el curso escolar 2005-2006 este programa contó con 13 alumnos procedentes de países como Brasil, Chile, España, México, Portugal y Uruguay, con títulos universitarios en distintas disciplinas, entre ellas Informática, Humanidades y Ciencias de la Educación.

El resto de este apartado detalla el diseño conceptual del escenario de aprendizaje y describe cómo se modela como DIA (la definición conceptual de estos componentes y un ejemplo de cómo definirlos se encuentran, respectivamente, en los apartados 4.3 y 4.4).

6.2.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO DE APRENDIZAJE

- ❖ *Título:* Objetos de aprendizaje, metadatos, repositorios, y estándares para *e-learning*.
- ❖ *Objetivo:* Al terminar la lección el alumno reconocerá los conceptos de objetos de aprendizaje, metadatos y repositorios, así como las principales organizaciones involucradas en el desarrollo de estándares y especificaciones para el mercado de metadatos educativos.
- ❖ *Prerrequisitos:* Conocimientos generales sobre la creación de contenidos educativos para ambientes de *e-learning*.
- ❖ *Pedagogía/Tipo de aprendizaje:* Aprendizaje por descubrimiento y aprendizaje colaborativo basado en grupos de discusión.
- ❖ *Perfil del alumno:* Alumnos con formación en el área de Informática y alumnos provenientes de otras áreas.
- ❖ *Tipos de recursos educativos involucrados:* Hipermedia, URL y gráficos.
- ❖ *Tipos de evaluaciones:* Inicial y final.
- ❖ *Roles:* Estudiante, Tutor.
- ❖ *Material complementario:* El alumno utilizará un folio de trabajo para anotar los resultados de las actividades de aprendizaje realizadas.
- ❖ *Propiedades de personalización:* Prerrequisitos y perfil de alumno (Informática/Otro).
- ❖ *Técnicas de adaptación:* Los enunciados adaptativos tendrán en cuenta:
 - Si el alumno cumple el prerrequisito, para mostrarle una actividad de aprendizaje previa que complemente la lección.
 - El perfil de alumno, para mostrarle ciertas actividades de aprendizaje relacionadas con su formación.
- ❖ *Pasos en el proceso de aprendizaje:*
 - (1) Evaluación inicial. Cada estudiante responde dos preguntas mediante las cuales se establece:
 - (a) Si conoce los prerrequisitos (i.e. tiene conocimientos generales sobre la creación de contenidos educativos) (SI/NO).

(b) Su formación inicial (Informática/Otro).

(2) Conceptos básicos (Objetos de Aprendizaje). Cada estudiante:

- Estudia los contenidos del tema.
- Realiza la actividad de aprendizaje del tema: escribe tres ejemplos de OA y los anota en su folio de trabajo.

(3) Conceptos básicos (Metadatos). Cada estudiante:

- Estudia los contenidos del tema.
- Si el perfil del estudiante según la prueba (b) del primer paso es “Informática”, entonces:
 - Realiza la actividad de aprendizaje del tema: desarrolla un OA según el estándar IEEE LOM utilizando XML. El resultado lo anota en su folio de trabajo.
- Si el perfil del estudiante según la prueba (b) del primer paso es “Otro”, entonces:
 - Realiza la actividad de aprendizaje del tema: desarrolla de manera conceptual un OA según el estándar IEEE LOM. El resultado lo anota en su folio de trabajo.

(4) Conceptos básicos (Repositorios). Cada estudiante:

- Estudia los contenidos del tema.
- Realiza la actividad de aprendizaje del tema: (i) selecciona un área de estudio con la cual esté familiarizado; (ii) busca en los repositorios explicados tres OA relacionados con el área que seleccionó, y los anota en su folio de trabajo.

(5) Conceptos básicos (Estándares). Cada estudiante:

- Estudia los contenidos del tema.

(6) Discusión. Cada estudiante:

- Realiza la actividad de aprendizaje: (i) escribe en el folio de trabajo dudas sobre los estándares de *e-learning* y las organizaciones involucradas en su

desarrollo; (ii) forma un grupo de discusión con dos compañeros; (iii) discute dudas, establece conclusiones y las anota en su folio de trabajo.

- La actividad es soportada por el tutor.

(7) Evaluación final. Cada estudiante:

- Entrega su folio de trabajo al tutor.

La Figura 56 muestra el flujo de este escenario de aprendizaje.

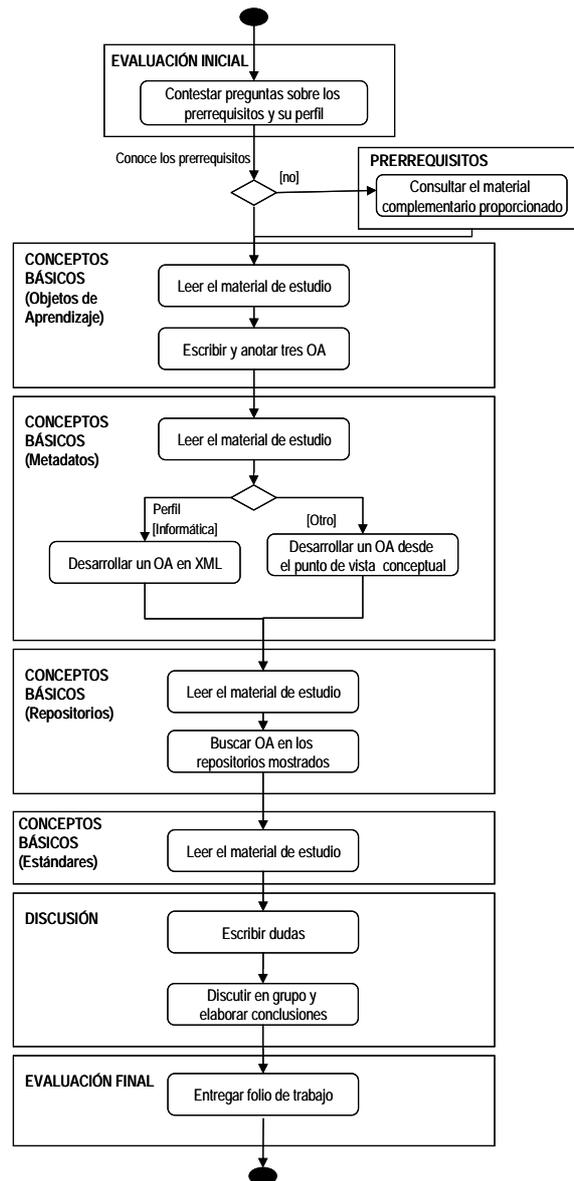


Figura 56. Caso práctico: Flujo del escenario de aprendizaje implementado

6.2.2. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE APRENDIZAJE COMO DIA

6.2.2.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE (LO)

Los objetos de aprendizaje que se emplean son:

- ❖ Prueba de conocimientos iniciales (*LO-Con-Inicial*).
- ❖ Prueba sobre el perfil del estudiante (*LO-Perfil*).
- ❖ Material de estudio sobre Objetos de Aprendizaje (*LO-Ttx-OA*). Formato: HTML.
- ❖ Material de estudio sobre metadatos (*LO-Txt-Metadatos*). Formato: HTML.
- ❖ Material de estudio sobre repositorios (*LO-Txt-Repositorios*). Formato: HTML.
- ❖ Material de estudio sobre estándares (*LO-Txt-Estandares*). Formato: HTML.
- ❖ Descripción de los objetivos de aprendizaje y prerrequisitos para cada material de estudio, respectivamente: *LOB-OA*, *LOB-Metadatos*, *LOB-Repositorios*, *LOB-Estandares*; *PRE-OA*, *PRE-Metadatos*, *PRE-Repositorios*, *PRE-Estandares*. Formato: Texto.
- ❖ Descripción de las actividades de aprendizaje para cada material de estudio, respectivamente: *LA-Txt-OA*, *LA-Txt-Metadatos-Informatica*, *LA-Txt-Metadatos-Conceptual*, *LA-Txt-Repositorios*, *LA-Txt-Estandares*. Formato: Texto.
- ❖ Descripción del objetivo de aprendizaje de la lección (*LOB-DIA*). Formato: Texto.
- ❖ Descripción del prerrequisito de la lección (*PRE-DIA*). Formato: HTML.

6.2.2.2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE (LOB) Y PRERREQUISITOS (PRE)

- ❖ El objetivo de aprendizaje del DIA se describe en el objeto de aprendizaje (*LOB-DIA*).
- ❖ El prerrequisito del DIA se describe en el objeto de aprendizaje (*PRE-DIA*).

6.2.2.3. COMPONENTES DE APRENDIZAJE

6.2.2.3.1. Roles (R)

- ❖ Estudiante (Tipo: *Learner*).
- ❖ Tutor (Tipo: *Staff*).

6.2.2.3.2. Actividades de aprendizaje (LA)

La Tabla 18 muestra las actividades a realizar. La primera columna indica el tipo de actividad –*Learnign Activity* (LA) o *Support Activity* (SA)– y su identificador. La segunda despliega el título de la actividad; la tercera la actividad o actividad de soporte que necesita concluir antes (LA o SA); la cuarta el recurso que utiliza –que corresponde a los creados en la tarea de definición de objetos de aprendizaje (véase el apartado 6.2.2.1) –; y la última muestra el número de la estructura de la actividad de aprendizaje a la que pertenece.

Tabla 18. Caso práctico: Actividades (LA o SA), prerequisites (PRE), recursos, y estructuras (AS)

Tipo-#	Título	PRE	Recursos	#AS
LA-1	Contestar la prueba de conocimiento inicial		LO-Con-Inicial	AS-1
LA-2	Contestar la prueba del perfil de estudiante	LA-1	LO-Perfil	AS-1
LA-3	Consultar el material complementario sobre la creación de contenidos	LA-2	PRE-DIA	AS-1
LA-4	Leer el material de estudio sobre OA	AS-1		AS-2
LA-4.1 a LA-4.4	Origen conceptual Definiciones Granularidad y ubicación Atributos		LO-Txt-OA	AS-2
LA-5	Escribir y anotar tres OA	LA-4	LA-Txt-OA Folio de trabajo	AS-2
LA-6	Leer el material de estudio sobre metadatos	AS-2		AS-3
LA-6.1 a LA-6.3	Definición Impacto IEEE LOM		LO-Txt-Metadatos	AS-3 AS-4
LA-7	Desarrollar un OA en XML		LA-Txt-Metadatos- Informatica Folio de trabajo	AS-3
LA-8	Desarrollar un OA desde el punto de vista conceptual		LA-Txt-Metadatos- Conceptual Folio de trabajo	AS-4
LA-9	Leer el material de estudio sobre repositorios	AS-3		AS-5

Tipo-#	Título	PRE	Recursos	#AS
LA-9.1	Definición		LO-Txt-Repositorios	AS-5
LA-9.2	Ejemplos			
LA-10	Buscar OA en los repositorios indicados en el material de estudio		LA-Txt-Repositorios Folio de trabajo	AS-5
LA-11	Leer el material de estudio sobre estándares y especificaciones	AS-5		AS-6
LA-11.1 a LA-11.4	Origen Ventajas Estándares vs. especificaciones Proceso de definición de un estándar		LO-Txt-Estandares	AS-6
LA-12	Escribir dudas sobre estándares	AS-6	LA-Txt-Estandares Folio de trabajo	AS-7
LA-13	Discutir en grupo y elaborar conclusiones		Folio de trabajo	AS-7
SA-1	Monitorear la actividad			AS-7
LA-15	Entregar folio del trabajo al monitor	AS-7	Folio de trabajo	

6.2.2.3.3. Estructuras de actividades de aprendizaje (AS)

De acuerdo con la Tabla 18, es necesario definir las siguientes estructuras:

- ❖ AS-1: Evaluación inicial.
 - Incluye: LA-1, LA-2 y LA-3.
 - Tipo de estructura: secuencia.
- ❖ AS-2: Conceptos básicos (Objetos de Aprendizaje).
 - Incluye: LA-4.1, LA-4.2, LA-4.3, LA-4.4 y LA-5.
 - Información sobre la estructura: LA-4.
 - Tipo de estructura: selección.
- ❖ AS-3: Conceptos básicos (metadatos - informática).
 - Incluye: LA-6.1, LA-6.2, LA-6.3 y LA-7.
 - Información sobre la estructura: LA-6.
 - Tipo de estructura: selección.
- ❖ AS-4: Conceptos básicos (metadatos - otro).
 - Incluye: LA-6.1, LA-6.2, LA-6.3 y LA-8.
 - Información sobre la estructura: LA-6.
 - Tipo de estructura: selección.

- ❖ AS-5: Conceptos básicos (repositorios).
 - Incluye: LA-9.1, LA-9.2 y LA-10.
 - Información sobre la estructura: LA-9.
 - Tipo de estructura: selección.
- ❖ AS-6: Conceptos básicos (estándares).
 - Incluye: LA-11.1, LA-11.2, LA-11-3 y LA-11.4.
 - Información sobre la estructura: LA-11.
 - Tipo de estructura: selección.
- ❖ AS-7: Discusión y comparación.
 - Incluye: LA-12, LA-13 y SA-1.
 - Tipo de estructura: secuencia.

6.2.2.3.4. Propiedades de Personalización (PP)

En este caso son necesarias dos propiedades de personalización (propiedades locales):

- ❖ Conocimiento inicial:
 - Identificador: *PP-ConocimientoInicial*.
 - Título: Conocimiento inicial.
 - Tipo de dato: Booleano.
- ❖ Perfil de alumno:
 - Identificador: *PP-Perfil*.
 - Título: Perfil de alumno.
 - Tipo de dato: Carácter.

6.2.2.4. FLUJO DE APRENDIZAJE

6.2.2.4.1. Role-parts (RP) y actos de aprendizaje (ACT)

El escenario de aprendizaje incluye siete actos de aprendizaje. La Tabla 19 los muestra e incluye su número, título, *role-part* (RP), rol (R), –L para el estudiante y S para el tutor– y, en la última columna, especifica las actividades de aprendizaje (LA), estructuras de actividades (AS) o actividades de soporte (SA) para cada acto.

Tabla 19. Caso práctico: Actos (ACT), role-parts (RP), roles (R) y sus elementos

ACT-#	Título	RP	R	Elementos
ACT-1	Evaluación inicial	Evaluación-inicial	L	AS-1
ACT-2	Objetos de aprendizaje	OA	L	AS-2
ACT-3	Metadatos-Informática	Estudiante-Informática	L	AS-3
ACT-4	Metadatos-Otro	Estudiante-Otro	L	AS-4
ACT-5	Repositorios	Repositorios	L	AS-5
ACT-6	Estándares y especificaciones	Estándares	L	AS-6
ACT-7	Discusión y comparación	Discusión	L	AS-7

6.2.2.4.2. Plays (PLY)

Sólo se define un *play* (PLY-1) que incluye los siete actos definidos previamente.

6.2.2.4.3. Reglas y técnicas de adaptación (RUL)

Con el fin de personalizar las actividades de aprendizaje es necesario definir dos técnicas de adaptación: una para el paso (1) “Evaluación inicial” del escenario de aprendizaje, y otra para el paso (3) “Conceptos Básicos (metadatos)”.

Para realizar la evaluación inicial es necesario considerar el valor del conocimiento inicial (almacenado en la propiedad PP-ConocimientoInicial) y, en base a ello, mostrar al alumno la actividad de material complementario (LA-3) (véase la Tabla 18). Utilizando los elementos de la colección de conjuntos propuestos (véase el apartado 4.3.3.4.3) es posible crear el siguiente enunciado adaptativo para esta técnica de adaptación:

```

RUL1 = IF <student>:: (PP-ConocimientoInicial, equal, “false”) THEN
        show consultar-material-complementario (LA-3)
ENDIF
    
```

Para la técnica de adaptación del paso (3) “Conceptos Básicos (metadatos)” es necesario considerar el perfil del estudiante para mostrarle una actividad de aprendizaje adecuada. Por tanto, si el perfil del alumno es “Informática” entonces se le mostrará la actividad de

aprendizaje LA-7, mientras que si su perfil es “Otro” se le mostrará la actividad de aprendizaje LA-8. Como se definió en el apartado 6.2.2.3.3, dichas actividades se encuentran definidas, respectivamente, dentro de las estructuras AS-3 y AS-4. Por tanto, la técnica se define de la siguiente manera:

```
RUL2 = IF <student>:: (PP-Perfil, equal, “Informatica”)
    THEN show AS-3
    ELSE show AS-4
ENDIF
```

6.2.2.4.4. Método de aprendizaje (MET)

En este paso es necesario crear el método de aprendizaje denominado MET-1. Este método incluye el PLY-1 y las técnicas de adaptación RUL1 y RUL2. Finaliza cuando el *play* haya terminado.

6.2.2.5. ENSAMBLAR DIA

Para ensamblar el DIA, en este último paso se deben indicar los siguientes valores:

- ❖ Título: *“Introducción a los Objetos de Aprendizaje, metadatos, repositorios y estándares para e-learning”*.
- ❖ Objetivos de aprendizaje: LOB-DIA.
- ❖ Prerrequisitos: PRE-DIA
- ❖ Método de aprendizaje: MET-1.

Una vez descrito el diseño conceptual del DIA, el siguiente apartado presenta cómo se diseñó en HyCo-LD.

6.3. DISEÑO EN HyCo-LD

La primera actividad realizada para diseñar el DIA descrito en el apartado anterior consiste en crear los contenidos de la lección, así como las descripciones de las actividades de aprendizaje, objetivos y prerrequisitos en HyCo. En consecuencia, se define un libro con el contenido de la lección cuya estructura sigue el mismo esquema descrito en el escenario de aprendizaje, es decir, para cada tema se crea un capítulo y en él se incluyen, como secciones, los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos, contenidos y actividades de aprendizaje correspondientes.

La Tabla 20 muestra cómo se estructura el libro. La primera columna indica el nombre del capítulo y la segunda las secciones que contiene. Cada sección corresponde a un elemento que incluye el tema (véase la Tabla 18). En las secciones llamadas “contenido” se describe el índice de cada sección mediante enlaces hacia las secciones que contienen. Por ejemplo, en el caso del capítulo “3. Repositorios”, la sección “contenido” explica que esa sección abarca dos temas: “3.1 Definición de repositorios” y “3.2 Ejemplos de repositorios”. La Figura 57 muestra la definición del libro en HyCo-LD.

Nótese que, aunque en la definición del escenario de aprendizaje se establece una serie de OA, objetivos y prerrequisitos que contiene el DIA (establecidos en los apartados 6.2.2.1 y 6.2.2.2), gracias a la funcionalidad de HyCo es posible crearlos directamente en la herramienta e incluir en ellos gráficos y enlaces a sitios web.

Una vez creada la estructura y contenidos del curso, se procede a diseñar el DIA –según lo establecido en el apartado 6.2.2– empleando HyCo-LD como herramienta de autor (una descripción detallada de esta herramienta se encuentra en el capítulo quinto).

En primer lugar se definen las actividades de aprendizaje seleccionando, en la pestaña de “descripción”, la sección del libro correspondiente y estableciendo bajo qué condiciones se consideraría finalizada la actividad. En todos los casos se elige la opción “cuando el estudiante lo decida” de manera que el usuario, a nivel actividad de aprendizaje, pueda controlar el flujo de aprendizaje.

Tabla 20. Caso práctico: Estructura del libro creado para implementar el DLA

Capítulo	Sección
Objetivos de aprendizaje de la lección	
Prerrequisitos de la lección	
1. Objetos de Aprendizaje	Objetivos de aprendizaje Prerrequisitos Contenido: 1.1 Origen conceptual de los OA 1.2 Definiciones que se le han dado al término OA 1.3 Granularidad y ubicación de los OA 1.4 Atributos de los OA Actividad de aprendizaje
2. Metadatos	Objetivos de aprendizaje Prerrequisitos Contenido: 2.1 Definición de metadatos 2.2 Impacto de los metadatos en el <i>e-learning</i> 2.3 El estándar IEEE LOM Actividad de aprendizaje (Informática) Actividad de aprendizaje (Otro)
3. Repositorios	Objetivos de aprendizaje Prerrequisitos Contenido: 3.1 Definición de repositorios 3.2 Ejemplos de repositorios Actividad de aprendizaje
4. Estándares y especificaciones	Objetivos de aprendizaje Prerrequisitos Contenido: 4.1 Origen de los estándares 4.2 Ventajas de los estándares 4.3 Estándares vs. especificaciones 4.4 Proceso de definición de un estándar Actividad de aprendizaje

Después se crean las estructuras de actividades adjuntando, en la pestaña de “información”, la sección del libro etiquetada como “contenido” y, en la pestaña “crear secuencia”, se eligen las actividades de aprendizaje correspondientes.

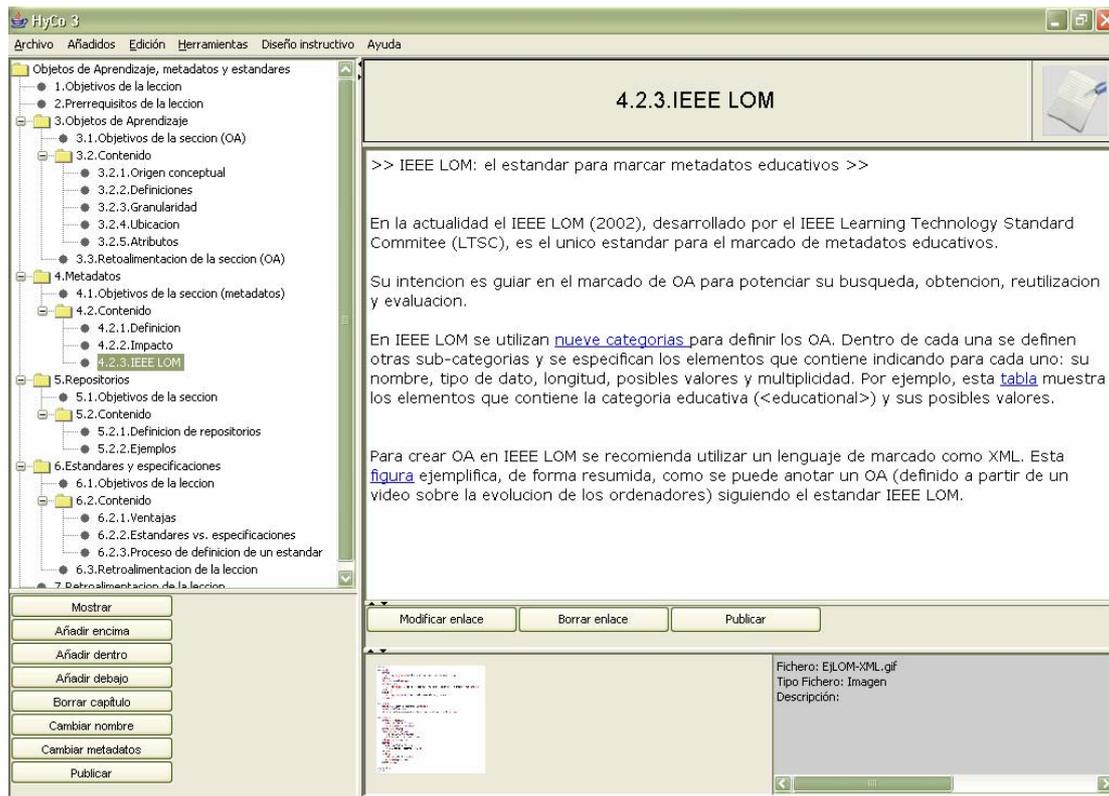


Figura 57. Caso práctico: Definición de contenidos en HyCo-LD

Los siguientes pasos consisten en crear los demás elementos del DIA descritos (i.e. roles, propiedades, actos, *play*, reglas, etc.). Una vez completada la tarea, se genera un paquete (i.e. DIA.zip) que se valida y prueba utilizando el motor CopperCore que incluye HyCo-LD. La Figura 58 muestra una ejecución del DIA diseñado.

Es importante señalar que la versión actual de HyCo-LD no contempla el uso de pruebas o evaluaciones, por lo que se decidió emplear roles para diseñar las reglas de adaptación. De esta forma, en vez de contestar una evaluación inicial, el estudiante debía seleccionar el rol adecuado a su perfil.

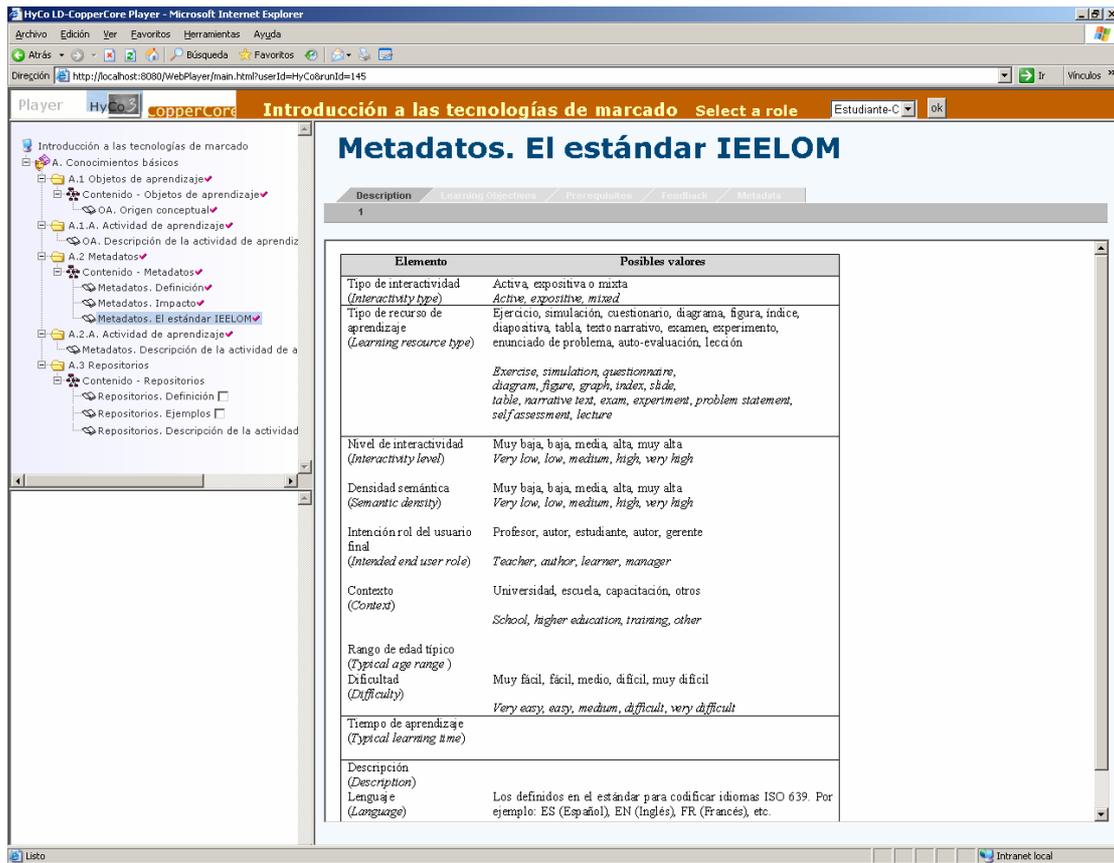


Figura 58. Caso práctico: DIA ejecutado en CopperCore

6.4. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN

Una vez descrito conceptualmente y diseñado en HyCo-ILD el DIA “Introducción a los Objetos de Aprendizaje, metadatos, repositorios y estándares para *e-learning*”, se procedió a implementarlo en un contexto real de aprendizaje.

Se optó por un enfoque *blended learning* (Valiathan, 2002), definido como una experiencia de aprendizaje en el que los estudiantes –concentrados en un salón– utilizan el ordenador para estudiar el material de la lección y conocer la descripción de las actividades de aprendizaje que deben realizar. A continuación, anotan los resultados en su folio de trabajo (véase el Apéndice D) y, cuando todos han finalizado la lección, llevan a cabo una discusión en grupo para esclarecer conceptos e incitar a la reflexión.

Una vez concluida la lección, se pidió a cada alumno que contestara un cuestionario de retroalimentación (véase el Apéndice C) que comprendía 9 preguntas. Las cuatro primeras indagaban el perfil del estudiante, las tres siguientes la idoneidad de los materiales presentados y las actividades de aprendizaje realizadas. La octava pregunta, por su parte, averiguaba si el estudiante prefería controlar el orden del flujo de aprendizaje, y la última los problemas técnicos que encontró durante el desarrollo de la lección.

De los 13 alumnos inscritos en el curso, 8 estuvieron presentes y todos ellos contestaron el cuestionario. Se trataba de un grupo con escasa experiencia como alumno, profesor o creador de contenidos en ambientes de *e-learning* (véase la Figura 59).

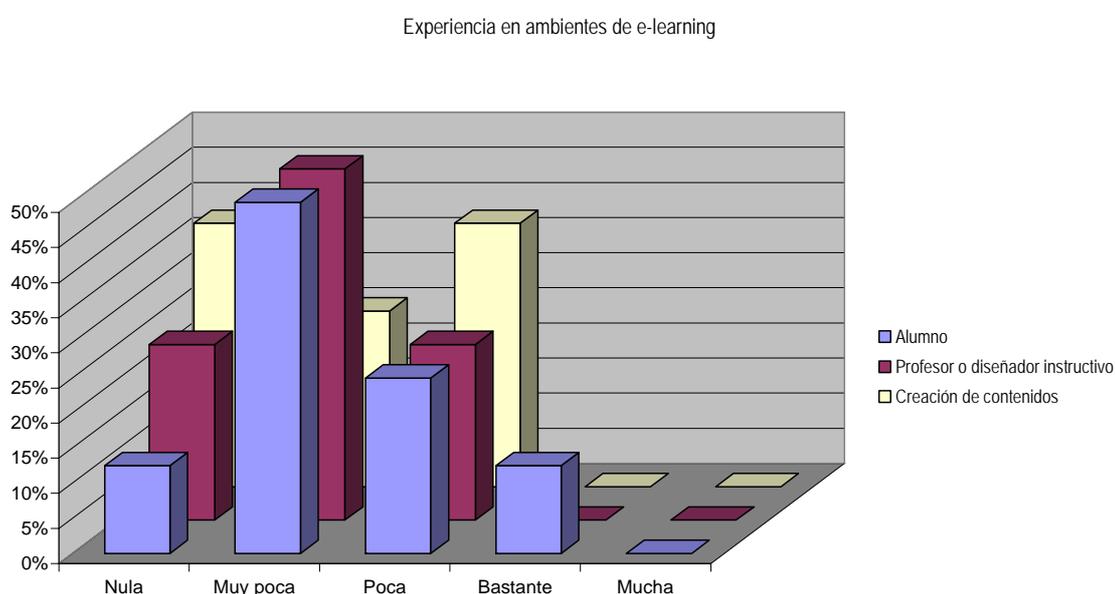


Figura 59. Caso práctico: Experiencia en ambientes de e-learning de los alumnos participantes

Además, el 63% contestó que no estaba familiarizado con los temas que abarcaba la lección presentada (i.e. Objetos de Aprendizaje, metadatos, repositorios, estándares), mientras que el 38% precisó que lo estaba muy poco.

La opinión de los estudiantes sobre el material y las actividades presentadas, así como su deseo de controlar el flujo de aprendizaje de la lección, fueron aspectos que se reflejaron

en las respuestas que dieron a las preguntas 5, 6, 7 y 8. La Tabla 21 muestra el enunciado de estas preguntas y las respuestas obtenidas. En base a ello es posible establecer que la percepción de los alumnos sobre la idoneidad del material de estudio para su perfil y conocimientos iniciales fue en el 75% de los casos juzgada como adecuada –en donde el 62,5% la evaluó como bastante adecuada y el 12,5% como muy adecuada–, mientras que el 25% opinó que era poco (12,5%) o muy poco (12,5%) adecuada.

El material de estudio presentado en la lección les pareció totalmente adecuado al 37,5% de los estudiantes y al 37,5% adecuado. En contraparte, el 25% consideró que el material lo había ayudado poco (12,5%) o muy poco (12,5%) a familiarizarse con el tema.

Tabla 21. Caso práctico: Respuestas de los alumnos al cuestionario de retroalimentación

Pregunta	Respuesta (%)				
	Mucho	Bastante	Poco	Muy poco	Nada
(5) ¿Qué tan adecuado a tu perfil y conocimientos iniciales consideras el material de estudio presentado en la lección?	12,5	62,5	12,5	12,5	0
(6) ¿El material presentado en la lección te ayudó a familiarizarte con los Objetos de Aprendizaje, metadatos, repositorios y estándares para <i>e-learning</i> ?	37,5	37,5	12,5	12,5	0
(7) Las actividades de aprendizaje que realizaste en esta lección (folio de trabajo y discusión) ¿te ayudaron a familiarizarte con los Objetos de Aprendizaje, repositorios y estándares para <i>e-learning</i> ?	25,0	50,0	25,0	0	0
(8) ¿Te gustaría tener control sobre el material que se presentó en la lección (por ejemplo, poder decidir qué temas estudiar antes que otros)?	25,0	37,5	0	0	37,5

Las actividades de aprendizaje realizadas durante la lección fueron valoradas por el 50% de los estudiantes como bastante significativas para comprender el tema, y por el 25% como muy significativas. Para el 25% de los alumnos las actividades de aprendizaje realizadas les aportaron poco para comprender la lección.

Por su parte, el 37,5% de los alumnos opinó que prefería no tener ningún control sobre el flujo del aprendizaje, mientras que el 62,5% consideró que le gustaría tenerlo; el 37%

respondió que le gustaría tener bastante control, mientras que el 25% respondió que desearía tener mucho control. Finalmente, sólo un alumno (12% de los encuestados) tuvo problemas técnicos con la plataforma. No obstante, fue un problema con la conexión a Internet que impedía acceder a los sitios web incluidos en el material de estudio, y no en cuanto a la interacción con el DIA.

La evaluación del folio de trabajo utilizado por los alumnos para anotar las respuestas a las actividades de aprendizaje reveló, asimismo, el grado en que las actividades realizadas les sirvieron para comprender los conceptos. La Tabla 22 muestra los resultados de la evaluación. La primera parte de la tabla contiene los resultados obtenidos en cada folio de trabajo (el símbolo “✓” representa que la respuesta fue correcta, y el símbolo “✗” que fue incorrecta) así como su calificación. La segunda parte de la tabla muestra el acumulado de las calificaciones obtenidas y el porcentaje que representan del total, es decir, el 37% de los evaluados alcanzó 10 de calificación, el 37%,5 consiguió 7,5, y el 25% obtuvo 5.

Tabla 22. Caso práctico: Evaluación de las actividades de aprendizaje realizadas por los alumnos

Núm. Folio de trabajo	Respuestas				Calificación
	1	2	3	4	
1	✓	✓	✗	✗	5
2	✓	✓	✗	✗	5
3	✓	✓	✓	✓	10
4	✓	✓	✓	✓	10
5	✓	✓	✗	✓	7,5
6	✓	✓	✓	✓	10
7	✓	✓	✓	✗	7,5
8	✓	✓	✓	✗	7,5
Acumulados					
Calificación			% de total		
5			25%		
7,5			37,5%		
10			37,5%		

Los resultados de las evaluaciones demuestran que el 75% de los alumnos obtuvieron calificaciones satisfactorias; dentro de este porcentaje el 37,5% respondió correctamente a todas las actividades de aprendizaje y el 37,5% sólo tuvo un error. En contraparte, únicamente dos alumnos (el 25% del total) obtuvieron la mitad de los aciertos, pero en ambos casos se trata de una distracción. La actividad 3 del folio de trabajo consistía en buscar y describir tres Objetos de Aprendizaje en diferentes repositorios previamente explicados; las respuestas, sin embargo, se encaminaron a describir repositorios. Otro error que tuvieron ambos alumnos fue que en la actividad 4 indicaron que no tenían dudas, por lo que no podían discutir ni establecer conclusiones, tal como lo pedía la actividad.

6.5. OTRAS PRUEBAS

Además de la evaluación descrita anteriormente, se utilizó el DIA creado en el caso práctico para efectuar experimentos adicionales que permitieron comprobar su interoperabilidad y verificar la reutilización de sus elementos en otros DIA.

Para comprobar la interoperabilidad del DIA se utilizó el editor para IMS LD Reload (una descripción de este editor y su comparación con HyCo-LD se encuentran en el apartado 5.4.2) ya que, de los existentes, es el más utilizado y el que cuenta con una implementación más robusta. La prueba consistió en editar en esta herramienta el paquete que contenía el DIA definido para el caso práctico y modificarlo para verificar si marcaba algún error. Los resultados de la prueba permitieron comprobar que desde Reload es posible abrir sin problema un paquete generado en HyCo-LD, así como demostrar que la definición de los elementos que lo integran se despliega correctamente y se pueden modificar y guardar sin que exista ningún inconveniente (véase la Figura 60). No obstante, las reglas de adaptación definidas en HyCo-LD no pueden editarse en Reload, ya que esta herramienta no las contempla.

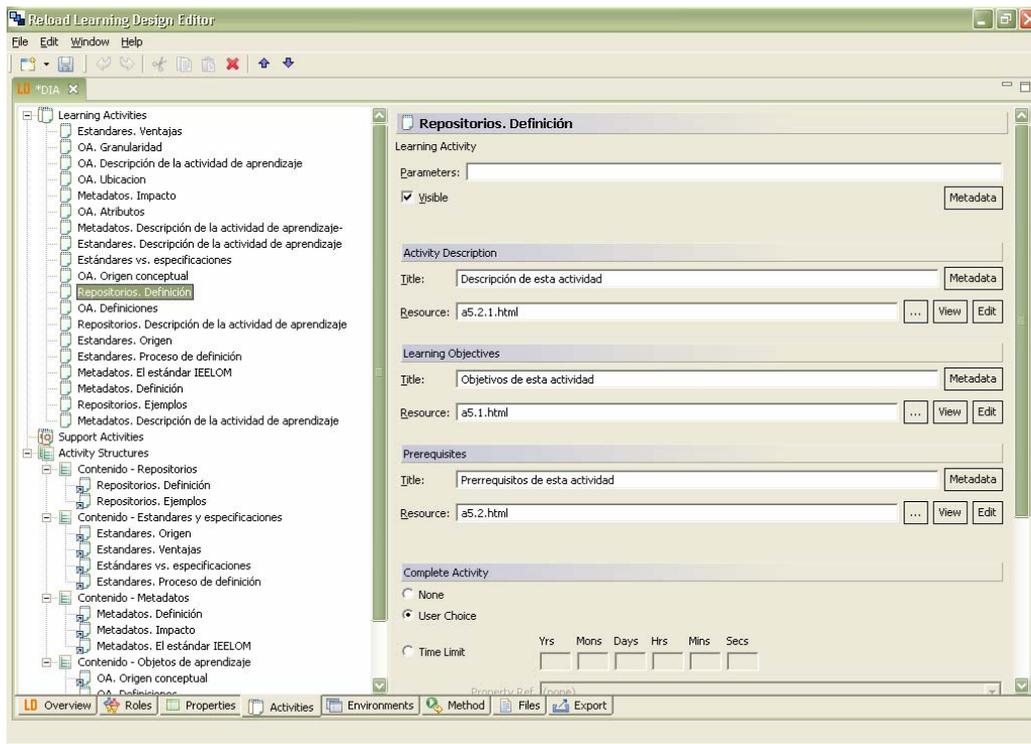


Figura 60. Caso práctico: Interoperabilidad del DIA diseñado

Para comprobar si los elementos del DIA diseñado en el caso práctico eran susceptibles de ser reutilizados en otros DIA, se creó un DIA nuevo basado en el original. Dicho DIA incluía las actividades de aprendizaje, secuencias y actos del original pero, en vez de utilizar un solo *play*, contaba con dos *plays* según el tipo de estudiante (i.e. Informática, Otro). Además, se incorporó una nueva regla de adaptación del tipo experto que, dependiendo del tipo de estudiante, mostraba una actividad de aprendizaje adicional al final de la lección. Estos elementos se integraron en un nuevo método y, por ende, en un nuevo DIA, que se validó y ejecutó sin problemas en HyCo-LD. Esta prueba permitió verificar que los elementos definidos previamente pueden incluirse en nuevos DIA, lo que optimiza su proceso de creación y reduce el tiempo y costo empleado en su diseño.

6.6. CONCLUSIONES

Este capítulo presentó el caso práctico desarrollado y aplicado que sirvió para evaluar la propuesta de esta tesis.

Gracias a la implementación de este caso práctico, fue posible demostrar que, tomando como base una lección que se imparte en un contexto real de aprendizaje, el diseño conceptual propuesto puede servir como guía para establecer los componentes que integran el DIA, así como sus características y comportamiento adaptativo.

Se comprobó, además, que HyCo-LD cumple con el fin para el que fue creado, es decir, diseñar los componentes de un DIA. El empleo de esta herramienta demostró el ahorro de tiempo que representa para el diseñador instruccivo contar con una herramienta de autor que integra en una sola plataforma funciones de edición de contenidos hipermedia y creación de DIA, además de ofrecer la posibilidad de reutilizar elementos (e.g. actividades de aprendizaje, actos, etc.) definidos previamente. Aunado a ello, se verificó que los DIA son elementos interoperables, susceptibles de utilizarse en otros editores de IMS LD.

De acuerdo con los resultados de la implementación de este caso práctico en un contexto de aprendizaje, los alumnos consideraron significativas las actividades de aprendizaje diseñadas para entender el tema de estudio, y también percibieron el material presentado como adecuado a su perfil y nivel de conocimientos iniciales. No obstante, es interesante destacar que la mayoría de los estudiantes expresó el deseo de controlar el flujo del aprendizaje, lo que sugiere que importante que los sistemas adaptativos no sólo se adecuen a las decisiones tomadas previamente por el diseñador instruccivo, sino que ofrezcan al estudiante la posibilidad de establecer ciertos criterios de navegación.

De la interacción de los alumnos con el DIA implementado se desprendió, asimismo, que es deseable contar con plataformas más adecuadas para ejecutar y presentar estos componentes. En este caso, se utilizó CopperCore, que es el motor para IMS LD disponible más fiable y el que incluye HyCo-LD. Sin embargo, este motor no está dirigido a usuarios finales. Aunque nuestro objetivo no era verificar la usabilidad de la interfaz o del motor, es evidente la necesidad de integrar dicho motor en plataformas de gestión de cursos, como por ejemplo Moodle (<http://moodle.org>), para facilitar a los

alumnos la interacción con diseños instructivos bajo la especificación IMS LD y potenciar su difusión. En nuestro caso, esta integración ayudaría a asegurar que los alumnos interactúen con los DIA mediante interfaces apropiadas.

7. CONCLUSIONES

Este capítulo sintetiza la propuesta planteada en esta tesis y expone sus principales aportaciones. Posteriormente detalla las líneas de investigación que se pueden seguir a partir del trabajo realizado. Finalmente, enlista las publicaciones que avalan su desarrollo y muestran su evolución.

7.1. SUMARIO

Esta tesis expone una alternativa para diseñar el aprendizaje en los SHAE mediante componentes denominados DIA. Estos componentes permiten proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje personalizado según condiciones definidas previamente por el diseñador instruccivo.

La definición de los DIA está centrada tanto en la utilización de una especificación para modelar el proceso de aprendizaje como en la separación de los elementos que componen el diseño instruccivo. De esta manera se busca favorecer la inclusión de estrategias pedagógicas en la creación de los DIA –sin imponer un enfoque de enseñanza concreto–, y al mismo tiempo asegurar su reutilización e interoperabilidad.

El modelo propuesto, que incluye un formalismo para definir reglas y técnicas de adaptación utilizando la especificación IMS LD, ha servido de base para desarrollar una herramienta de autor que permite a los profesores o diseñadores instruccivos crear, validar y publicar DIA.

La validez de esta propuesta se ha probado definiendo un DIA bajo sus lineamientos, creándolo en la herramienta de autor desarrollada, y aplicándolo en un escenario real de aprendizaje mediante un caso práctico. Esto ha permitido evaluar su implementación y obtener retroalimentación de su funcionamiento por parte de los alumnos que participaron en el caso.

Finalmente, para comprobar la factibilidad de reutilizar e intercambiar elementos y diseños instruccivos entre diferentes sistemas y aplicaciones, se ha editado dicho DIA en una herramienta de autor compatible con IMS LD, lo que ha demostrado su interoperabilidad y la de sus componentes, y por ende, la posibilidad de compartirlos en diferentes sistemas o aplicaciones que cumplan con esta especificación.

7.2. PRINCIPALES APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Conforme los objetivos de esta tesis –detallados en el apartado 1.4– fueron alcanzándose, se ha ido contrastando el planteamiento en el cual se basaban. A continuación se recogen los supuestos demostrados a partir de dichos objetivos:

Los DIA son una alternativa factible para facilitar a los alumnos formación ajustada a sus características.

Los componentes denominados DIA propuestos en esta tesis –véase el capítulo cuarto– permiten proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje personalizado según las condiciones establecidas previamente por el diseñador instructivo, además, destacan la importancia de las estrategias pedagógicas, ya que se basan en definir flujos de aprendizaje y no secuencias de contenido.

Estos componentes dan libertad al diseñador instructivo para definir los elementos que forman parte del flujo de aprendizaje –como las actividades, los roles, o los métodos–, establecer las variables que se deben considerar para llevar a cabo la adaptación, y definir reglas y técnicas de adaptación.

Además, el caso práctico ha servido para demostrar que un DIA diseñado conforme a una lección real de aprendizaje permite que los alumnos reciban un flujo de aprendizaje de acuerdo con las variables definidas por el instructor, en ese caso en concreto se estableció que era necesario considerar los conocimientos previos de los alumnos así como su área de especialidad. Gracias a la retroalimentación obtenida a partir del caso práctico se ha comprobado que la experiencia de aprendizaje ha fue provechosa y que el tema de estudio se comprendió (véase el capítulo sexto).

Un modelo de marcado común propuesto por un organismo internacional, como IMS LD, permite definir reglas adaptativas.

Con base en los elementos que comúnmente utilizan los SHAE para realizar la adaptación y en las técnicas de adaptación con las que cuentan, es posible, como se establece en el capítulo quinto, definir un formalismo que utilice los elementos y

propiedades de IMS LD para anotar reglas y técnicas para el soporte a la navegación; en este trabajo dicho formalismo ha servido para proporcionar adaptación a los componentes denominados DIA.

Las reglas de adaptación están dirigidas a usuarios con conocimientos avanzados de IMS LD, mientras que las técnicas pretenden guiar a los usuarios que tengan pocos conocimientos sobre la especificación. En ambos casos es posible seleccionar los elementos y las funciones necesarias para ajustar el flujo de aprendizaje del DIA a las características de los estudiantes y a la naturaleza del conocimiento que se desea transmitir.

La reutilización e intercambio de elementos y diseños instructivos es posible si se diseñan bajo un modelo basado en especificaciones para el marcado de metadatos educativos.

Como una solución al alto costo de desarrollo de los SHAE, así como a su falta de difusión y aplicación en contextos prácticos, esta tesis propone diseñar los DIA de manera que sea posible su reutilización y la de sus elementos.

Con este objetivo, los DIA están semánticamente estructurados y diseñados de acuerdo con IMS LD –véase el capítulo cuarto–. Aunado a ello, su definición se efectúa mediante la metáfora del Lego, lo que permite reutilizar sus elementos e intercambiarlos con otros DIA.

La operatividad de este planteamiento se ha comprobado en el caso práctico –véase el capítulo sexto–, donde se creó un DIA a partir de uno existente, y se demostró que puede ejecutarse en otras herramientas compatibles con IMS LD.

Una herramienta de autor para crear reglas de adaptación y componentes con características adaptativas permite diseñar estrategias de adaptación que controlen el comportamiento del flujo del aprendizaje.

Como parte de esta tesis se ha diseñado e implementado una herramienta de autor, HyCo-LD, para crear DIA –véase el capítulo sexto–. Las características de esta herramienta permiten al diseñador definir reglas de adaptación que controlen el flujo de aprendizaje, además de componentes instructivos como objetivos de aprendizaje,

prerrequisitos, actividades de aprendizaje, secuencias o métodos. Además, gracias a que integra el motor para IMS LD CopperCore, HyCo-LD permite validar y ejecutar DIA.

Como se ha mencionado, los objetivos planteados en esta tesis han permitido profundizar en la creación de SHAE desde el punto de vista semántico (en donde se separa el conocimiento que se desea transmitir de la lógica de adaptación), así como en el modelado y marcado de este tipo de sistemas mediante estándares y especificaciones. Al emplear como lenguaje de marcado IMS LD para definir flujos de aprendizaje con características adaptativas, se encontraron varios aspectos, en torno a los cuales se pueden proponer mejoras:

- ❖ La distribución e intercambio de diseños instructivos conforme a la especificación IMS LD se basa en un manifiesto proveniente de IMS CP. Esto provoca que sea indispensable pre-diseñar todas las posibles opciones que se puedan dar en el proceso de aprendizaje y que éste no pueda cambiar mientras el alumno está interactuando con él. De esta manera, la interacción siempre está determinada por el sistema y no por el alumno. Una solución a esta circunstancia es partir de la propuesta de esta tesis, es decir, definir las condiciones de personalización, propiedades y elementos de la estructura del aprendizaje como entidades independientes, para almacenarlos en repositorios distribuidos. Los elementos necesarios para establecer flujos de aprendizaje dinámicos podrán construirse así en tiempo de ejecución, considerando las particularidades de los estudiantes y su interacción con el sistema.
- ❖ En IMS LD la descripción de los objetivos de aprendizaje, prerrequisitos y retroalimentación se lleva a cabo mediante OA o URL. Esto provoca que actúen como elementos estáticos que, aunque pertenecen a una actividad de aprendizaje o a un DIA, no participan en el flujo de aprendizaje. En otras palabras, no es posible verificar si un prerrequisito o un objetivo se ha cubierto para desencadenar dinámicamente una acción dentro del flujo de aprendizaje que permita mostrar otro elemento como, por ejemplo, actividades de aprendizaje, secuencias de actividades o actos.
- ❖ La definición de los roles que participan en el flujo de aprendizaje es restringida. IMS LD no permite diseñarlos de acuerdo a los valores de una propiedad (e.g.

características del estudiante, conocimiento inicial, etc.). Esto impide distinguir y personalizar el flujo de aprendizaje según las propiedades de cada rol o establecer, en tiempo de ejecución, que el cambio en el valor de una propiedad debe modificar el rol al que pertenece un alumno.

- ❖ El control de la terminación de un acto no puede garantizarse si depende de que un *role-part* específico concluya y, al mismo tiempo, está compuesto de diferentes *role-parts* vinculados a más de un rol (el apartado 5.3.4.1 explica los elementos necesarios para definir un acto). Esto se debe a que la finalización de un acto se delimita seleccionando únicamente un *role-part* de los que contiene el acto. Con esto, si el usuario que ejecuta el acto no pertenece al rol que incluye dicho *role-part* no lo verá y no podrá concluirlo. En consecuencia, el acto nunca finalizará y no se podrá pasar al siguiente estado o paso del flujo de aprendizaje.
- ❖ El diseño del contenido no se incluye en IMS LD, lo que impide realizar técnicas de adaptación como la de texto expansivo o texto condicional.

Es importante no perder de vista, al mismo tiempo, que tanto IMS LD como su aplicación en contextos reales de aprendizaje se encuentra en sus primeras etapas de investigación, por lo que todavía es pronto para dimensionar sus beneficios. Es necesario que existan más aplicaciones y evaluaciones para determinar su eficiencia.

Aunado a ello, la diseminación de IMS LD se lleva a cabo, algunas veces, de manera poco adecuada. IMS LD no está destinada a usuarios finales, su objetivo es que diferentes sistemas y máquinas puedan procesar la estructura del flujo de aprendizaje definido. Por tanto, para los usuarios finales debe ser transparente el lenguaje de modelado que utilice la aplicación o herramienta de autor; lo importante, desde el punto de vista informático, es explotar al máximo los beneficios de esta especificación sin por ello pretender que los diseñadores o profesores que la utilicen deban tener conocimientos sobre IMS LD.

7.3. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

De acuerdo al punto en que ha concluido el trabajo realizado en esta tesis, merece la pena desarrollar nuevas líneas de investigación que permitan mejorar la funcionalidad de HyCo-LD e introducir el concepto de DIA en los SHAE. A continuación se describen estas líneas:

- ❖ Incorporar *wizards* en HyCo-LD que guíen y ayuden a los diseñadores instructivos en la creación de DIA, sin mostrarles los elementos y atributos propios de IMS LD, pero manteniendo la funcionalidad que el empleo de esta especificación les aporta.
- ❖ Optimizar HyCo-LD para que facilite la creación de DIA, de tal manera que permita crear automáticamente actividades de aprendizaje partiendo de la sección o subsección de un libro, copiar los atributos de un elemento en nuevos elementos, seleccionar con la ayuda del ratón un conjunto de actividades de aprendizaje para incorporarlas en una nueva estructura de actividades, o definir y almacenar plantillas de DIA para su posterior utilización.
- ❖ Ampliar la funcionalidad del editor de HyCo-LD para crear reglas adaptativas (que se describe en el apartado 5.3.4.3) de tal manera que utilice el formalismo descrito en el capítulo cuarto y permita la incorporación del conjunto de elementos propuestos para definir enunciados adaptativos (véase el apartado 4.3.3.4.3.1). La Figura 61 muestra una propuesta al respecto (Berlanga y García, 2004d) que mejora el editor de reglas de adaptación descrito en esta tesis, agregando automáticamente los paréntesis y comas que requiere el formalismo, y valida los nuevos elementos que el usuario incorpora a la regla. Así, el editor mostraría los elementos para definir enunciados adaptativos, botones que representarían cada parte de la definición del formalismo (i.e. <if>, <condition>, <action>) y desplegaría y validaría la regla adaptativa que el autor está creando. Una vez definida la regla deseada, el autor podría guardarla también como técnica de adaptación de libre definición o como estereotipo de estudiante (véanse, respectivamente, los apartados 4.3.3.4.3.2 y 4.3.3.4.3.3).

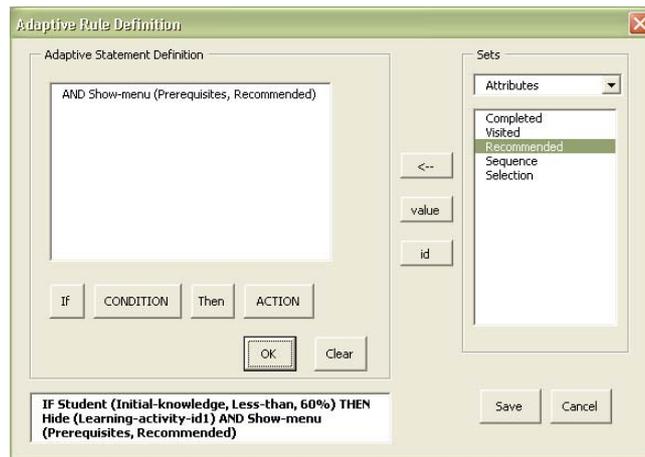


Figura 61. Prototipo editor reglas adaptativas

- ❖ Integrar en HyCo-LD el diseño y creación de pruebas y evaluaciones cuyos resultados puedan considerarse para establecer mecanismos de adaptación dentro del flujo del DIA. Es importante utilizar la especificación IMS QTI para garantizar la interoperabilidad tanto con HyCo-LD como con otras aplicaciones. Recientemente se abrió dentro del grupo GRIAL una línea de investigación en este sentido (véase (Barbosa y García, 2005)).
- ❖ Desarrollar mecanismos que permitan buscar y recuperar DIA en repositorios para fomentar su reutilización e intercambio.
- ❖ Desarrollar mecanismos que evalúen la eficiencia de los DIA y, además, ayuden a determinar la calidad e idoneidad de sus elementos para incorporarlos en otros DIA.

Además de estas mejoras y dado que hasta el momento no existe un SHAE que utilice lenguajes de modelado para diseñar flujos de aprendizaje, la línea de investigación principal que continúa con el trabajo presentado en esta tesis consiste en incorporar la creación y diseño de DIA en un modelo genérico de adaptación para SHAE que incluya, al menos, un modelo del estudiante y un modelo de adaptación. Una propuesta a este respecto se describe en (Berlanga y García, 2004b).

7.4. CONTRASTE DE RESULTADOS

Como se establece en el primer capítulo, una parte importante del método de trabajo empleado para elaborar esta tesis ha consistido en exponer el curso de la investigación y sus propuestas a la comunidad científica que trabaja en estos temas. De esta manera se obtuvo retroalimentación y se conocieron las últimas aportaciones al estado del arte, lo que permitió refinar nuestro trabajo. El proceso supuso presentar en diferentes foros los resultados parciales obtenidos, lo que originó el siguiente conjunto de publicaciones:

Capítulos de libro internacionales

1. García, F. J., Berlanga, A. J., Carabias, J., Gil, A. B., García, J. (2006). HyCo Authoring Features. In R. Navarro-Prieto & J. Lorés Vidal (Eds.), *HCI Related Papers of Interacción 2004* (pp. 71-79). Dordrecht, The Netherlands: Springer Verlag.
2. García, F. J., Berlanga, A. J., García, J. (2006). Hypertext Composer. A Semantic Learning Objects Authoring Tool. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of Human Computer Interaction* (pp. 504-510). Hershey, PA, USA: Idea Group Inc.
3. Berlanga, A. J., García, F. J., Gil, A. B. (2005). Adaptive Hypermedia Systems. Personalized Education in e-learning. In F. J. García, J. García, M. López, R. López & E. Verdú (Eds.), *Educational Virtual Spaces in Practice. The Odiseame Approach* (pp. 133-146). Barcelona, Spain: Ariel.

Capítulos de libro nacionales

1. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). Introducción a los Estándares y Especificaciones para Ambientes *e-learning*. En F. García y M. N. Moreno (Eds.), *Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web* (pp. 25-37) Salamanca, España: Departamento de Informática y Automática. USAL.

Revistas internacionales

1. Berlanga, A. J., García, F. J. (2005). Learning technology specifications: semantic objects for adaptive learning environments. *Int. J. Learning Technology*, Vol. 1(4), 458–472.
2. Berlanga, A. J., García, F. J. (2005). IMS LD reusable elements for adaptive learning designs. In C. Tattersall & R. Koper (Eds.), *Journal of Interactive Media in Education*, (Advances in Learning Design. Special Issue), Vol. 11. Available at: <http://jime.open.ac.uk/2005/11>.

Revistas nacionales

1. Morales, E., García, F. J., Moreira, T., Rego, H., Berlanga, A. J. (2005). Valoración de la Calidad de Unidades de Aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia* (Número monográfico III), Vol. IV. Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/M3>.

Congresos internacionales

1. Berlanga, A. J., García Peñalvo, F. J. (2005). Authoring Tools for Adaptive Learning Designs in Computer-Based Education. In *Proceedings of the 2005 Latin American Conference on Human-Computer Interaction. CLIHC 2005* (Cuernavaca, México, October 23-26, 2005) ACM International Conference Proceeding Series (Vol. 124, pp. 190-201). New York, NY, USA: ACM Press.
2. Berlanga, A. J., García, F. J. (2005). Modelling Adaptive Navigation Support Techniques Using the IMS Learning Design Specification. In S. Reich & M. Tzagarakis (Eds.), *Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia. HT'05* (Sazburg, Austria, September 6-9, 2005) (pp. 148-150). New York, NY, USA: ACM Press.
3. Berlanga, A. J., García Peñalvo, F. J. (2005). Reusable Adaptive Learning Designs. In A. Méndez, B. González, J. Mesa & J. A. Mesa (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in*

- Education. m-ICTE2005* (Cáceres, Spain, June 7-10, 2005) (Recent Research Developments in Learning Technologies, Vol. III, pp. 1016-1020). Cáceres, Spain: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.
4. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). Interchangeable Learning Designs for AEHS. In J. Rubart (Ed.), *Poster Proceedings of the Fifteenth ACM Conference on Hypertext & Hypermedia, HT'04*, (Santa Cruz, USA, August 23-26, 2004) (pp. 44-45).
 5. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). Towards Adaptive Learning Designs. In P. De Bra & W. Nejdl (Eds.), *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. 3rd International Conference, AH 2004* (Eindhoven, The Netherlands, August 23-26, 2004) (Vol. 3137, pp. 373-375). Berlin, Germany: Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag.
 6. García, F. J., Berlanga, A. J., Moreno, M. N., García, J., Carabias, J. (2004). HyCo – An Authoring Tool to Create Semantic Learning Objects for Web-Based E-learning Systems. In N. Koch, P. Fraternali and M. Wirsing (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Web Engineering, ICWE 2004* (Munich, Germany, July 26-30, 2004) (Vol. 3140, pp. 344-348). Berlin, Germany: Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag.
 7. Rego, H., Moreira, T., García, F. J., Berlanga, A. J., Morales, E. (2004). AHKME: Adaptive Hypermedia Knowledge Management E-Learning Platform. In P. Isaías, P. Kommers & M. McPherson (Eds.), *Proceedings of the International Conference, e-Society 2004* (Ávila, Spain, July 16-19, 2004) (Vol. II, pp. 1151-1152): IADIS Press.
 8. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). Towards Semantic Metadata for Learning Elements. In Y. Akpınar (Ed.), *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2004* (Istanbul, Turkey, May 30-June 2, 2004) (pp. 572-577). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.
 9. Berlanga, A. J., Morales, E., García, F. J. (2003). Learning Technology Standards: Semantic Objects for Adaptive Learning Environments. In A. Méndez, J. A. Mesa & J. Mesa (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Multimedia and*

- Information & Communication Technologies in Education. m-ICTE2003* (Badajoz, Spain, December 3-6, 2003) (Recent Research Developments in Learning Technologies, Vol. II, pp. 860-864). Badajoz, Spain: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.
10. Morales, E., Berlanga, A. J., García, F. J., Barrón, A. (2003). Knowledge Management in E-learning. In A. Méndez, J. A. Mesa & J. Mesa (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education. m-ICTE2003* (Badajoz, Spain, December 3-6, 2003) (Recent Research Developments in Learning Technologies, Vol. I, pp. 377-381). Badajoz, Spain: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.
 11. García, F. J., Carabias, J., García, J., Berlanga, A. J. (2003). HyCo – An Authoring Tool for Semantic Educational Resources. In A. Méndez, J. A. Mesa & J. Mesa (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education. m-ICTE2003* (Badajoz, Spain, December 3-6, 2003) (Recent Research Developments in Learning Technologies, Vol. III, pp. 1670-1674). Badajoz, Spain: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.
 12. Leighton, H., Berlanga, A. J., García, F. J. (2003). La interacción en los Sistemas Hipermedia Adaptativos: un enfoque cognitivo. En P. Dias y C. Varela de Freitas (Eds.), *Actas del Simposio Internacional de Informática Educativa. SIIE 2003* (Braga, Portugal, septiembre, 2003).

Workshops y jornadas internacionales

1. Berlanga, A. J., García, F. J. (2005). IMS LD reusable elements for adaptive learning designs. In R. Koper, C. Tattersall and D. Burgos (Eds.), *Current research on IMS Learning Design UNFOLD/Prolearn Workshop* (Valkenburg, The Netherlands, September 22-23, 2005) (pp. 138-147). Heerlen: Open University of The Netherlands. Also published In C. Tattersall and R. Koper (Eds.), *Journal of Interactive Media in Education*, (Advances in Learning Design. Special Issue), Vol. 11. Available at: <http://jime.open.ac.uk/2005/11>.

2. Berlanga, A. J., García Peñalvo, F. J. (2005). Using IMS LD for Characterizing Techniques and Rules in Adaptive Educational Hypermedia Systems. In R. Koper, C. Tattersall & D. Burgos (Eds.), *Current research on IMS Learning Design UNFOLD/Prolearn Workshop* (Valkenburg, The Netherlands, September 22-23, 2005) (pp. 61-79). Heerlen: Open University of The Netherlands.
3. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). A Open Model to define Adaptive Educational Hypermedia Systems based on Learning Technology Specifications. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Web Semantics, WebS 2004. 15th International Database and Expert Systems Applications, DEXA 2004* (Zaragoza, Spain, August 30- September 3, 2004) (pp. 198-2002). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.
4. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). A Proposal to Define Adaptive Learning Designs. In L. Aroyo & C. Tasso (Eds.), *Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for Educational Adaptive Hypermedia, SW-EL 2004. Held in conjunction with the 3rd International Conference, AH 2004* (Eindhoven, The Netherlands, August 23, 2004) (Vol. CS-Reports 04-19 AH2004: Workshop Proceedings Part II, pp. 354-358). Eindhoven: TUE.
5. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). Towards Reusable Adaptive Rules. In *Proceedings of the Workshop on Adaptive Hypermedia and Collaborative Web-based Systems. AHCW-04. Held in conjunction with the 4th International Conference, ICWE 2004* (Munich, Germany, July 26-30, 2004). CD-ROM.

Congresos nacionales

1. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). An Adaptive Meta-model for E-Learning. En J. Lorés Vidal y R. Navarro Prieto (Eds.), *Actas del V Congreso Interacción Persona Ordenador. Interacción 2004* (Lleida, España, mayo 3-7, 2004) (pp. 438-441).
2. García, F. J., Carabias, J., Gil, A. B., García, J., Berlanga, A. J. (2004). Facilidades de Interacción en la Herramienta de Autor HyCo para la Creación de Recursos Docentes. En J. Lorés Vidal y R. Navarro Prieto (Eds.), *Actas del V Congreso*

Interacción Persona Ordenador. Interacción 2004 (Lleida, España, mayo 3-7, 2004) (pp. 113-120).

3. Berlanga, A. J., García, F. J. (2003). Espacios de Aprendizaje Adaptativos como soporte didáctico en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En las actas del *IV Congreso Interacción Persona Ordenador. Interacción 2003* (Vigo, España, julio 11-13, 2003) CD-ROM.

Simposios y jornadas nacionales

1. Berlanga, A. J., López, C., Morales, E., García, F. J. (2005). Consideraciones para Reforzar el Valor de los Metadatos en los Objetos de Aprendizaje. En las *Actas del II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables. SPEDECE 2005* (Barcelona, España, octubre 19-21, 2005).
2. Morales, E., García, F. J., Barrón, A., Berlanga, A. J., López, C. (2005). Propuesta de Evaluación de Objetos de Aprendizaje. En las *Actas del II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables. SPEDECE 2005* (Barcelona, España, octubre 19-21, 2005).
3. Berlanga, A. J., García, F. J., Carabias, J. (2005). IMS Learning Design: Hacia la Descripción Estandarizada de los Procesos de Enseñanza. En M. Ortega (Ed.), *Actas del Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en la Educación, SINTICE'2005. Congreso Español de Informática, CEDI 2005* (Granada, España, septiembre 13-16, 2005) (pp. 95-102). Madrid, España: Thomson.
4. Morales, E., García, F. J., Moreira, T., Rego, H., Berlanga, A. J. (2004). Valoración de la calidad de Unidades de Aprendizaje. En las *Actas del I Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables. SPEDECE 2004* (Guadalajara, España, octubre 20-22, 2004). También publicado en *RED. Revista de Educación a Distancia* (Número monográfico III), Vol. IV. 2005. Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/M3>.

5. Berlanga, A. J., García, F. J. (2002). Propuesta para la creación de espacios de aprendizaje adaptativos. En las actas de las *VII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos – Taller de Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos* (El Escorial, España, noviembre 18, 2002).

Informes técnicos

1. Berlanga, A. J., García, F. J. (2004). *Sistemas Hipermedia Adaptativos en el Ámbito de la Educación*. Departamento de Informática y Automática, Universidad de Salamanca. Disponible en: <http://tejo.fis.usal.es/inftec/2004/DPTOIA-IT-2004-001.pdf>.

8. APÉNDICES

ANÁLISIS DE SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS CON FINES EDUCATIVOS

Este apéndice muestra ejemplos de la aplicación de los Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos. Para ello describe diferentes sistemas de este tipo detallando su finalidad, los modelos y observaciones que utilizan, las técnicas de adaptación que emplean y, en algunos casos, la interfaz de usuario y las herramientas para la creación de contenidos y reglas de adaptación con las que cuentan. Para mostrar la evolución en este campo, se presentan cronológicamente de acuerdo con su fecha de creación.

1. C-BOK

C-Book (Kay y Kummerfeld, 1994), desarrollado en la Universidad de Sydney, es un sistema basado en hipertexto que presenta material individualizado para cada estudiante. Como se deduce por su nombre, se sirve de la metáfora del libro para enseñar el lenguaje de programación C.

Este SHAE estructura el conocimiento en contextos y define como vistas las relaciones que existen dentro de cada concepto. Tanto el dominio del conocimiento como el modelo del usuario se almacenan en éste último.

El modelo del usuario se crea considerando los conocimientos del alumno sobre otros lenguajes de programación y el tipo de presentación de los contenidos que prefiere: abstracto o concreto, general o detallado, aprendizaje activo o dirigido.

Los conocimientos y preferencias del estudiante son tomados en cuenta para presentarle recorridos personalizados (i.e. técnica adaptativa de guía directa) y seleccionar los textos condicionales que se introducen en páginas generadas automáticamente.

Para determinar el conocimiento inicial del estudiante, el sistema aplica un cuestionario. Si no obtiene suficiente información, recurre a estereotipos. Además, el estudiante puede visualizar y modificar su modelo del usuario, con lo que se pretende que participe activamente en la definición de su conocimiento.

2. ELM-ART II

El desarrollo de este sistema comenzó en 1996 partiendo del sistema inteligente ELM-PE (*Episodic Learning Model-Program Environment*) (Weber y Möllenberg, 1994), utilizado en la universidad alemana de Trier como recurso complementario en un curso sobre el lenguaje de programación LISP. Se trataba de un sistema dependiente de la plataforma, por lo que se decidió migrarlo a la Web. Así nació ELM-ART (*Episodic Learner Model-Adaptive Remote Tutor*) (Brusilovsky *et al.*, 1996a) (Weber y Specht, 1997), un SHAE

basado en un modelo del aprendizaje episódico que representa el conocimiento procedimental necesario para resolver problemas.

Posteriormente, se creó ELM-ART II (Weber y Brusilovsky, 2001) que mejoró la técnica de anotación adaptativa que se empleaba anteriormente, para que mostrase información sobre el estado de los conceptos, y la forma en que se infería el conocimiento de un alumno, para que no sólo considerara las páginas visitadas sino también pruebas y evaluaciones.

El dominio del conocimiento, el modelo del usuario, las observaciones que tiene en cuenta, y las técnicas de adaptación que utiliza ELM-ART II se explican a continuación.

2.1. Dominio del conocimiento

La estructura del dominio del conocimiento se organiza a partir de un glosario y de un libro de texto electrónico indexado. El glosario representa una visualización en red del dominio. Cada entrada del glosario, que corresponde a un concepto del dominio, provee al alumno de una descripción y sirve, a su vez, como índice de contenido ya que incluye enlaces a cada sección relacionada.

El contenido del libro de texto se estructura jerárquicamente en capítulos, secciones, subsecciones y elementos. Cada nivel terminal puede contener una presentación atómica del contenido, ejemplos, problemas, o evaluaciones.

El sistema utiliza el conocimiento sobre la resolución de problemas estructurado en una red de conceptos, planes y reglas –tomada de ELM-PE–, que contiene tanto los conceptos de LISP como las relaciones existentes entre ellos. Estas relaciones se definen según su tipo (“parte-de” o “es-un”).

2.2. Modelo del usuario y observaciones

ELM-ART II almacena en un modelo en capas múltiple (*multi-layered model*) cuatro estados del conocimiento del usuario. La primera capa, “estado visitado”, contiene las páginas correspondientes a una unidad de aprendizaje que el alumno ha visitado y se actualiza cada vez que visita una página. La segunda, “estado aprendido”, contiene

información sobre qué pruebas o ejercicios de una unidad en particular ha realizado el estudiante y los resultados que obtuvo. La tercera, “estado inferencia”, describe si el conocimiento de un alumno sobre una unidad puede ser deducido considerando su trabajo en otras unidades más avanzadas. Por último, la “cuarta capa”, estado conocido, se encarga de almacenar las unidades marcadas como aprendidas.

Las observaciones, por su parte, infieren el conocimiento de los estudiantes mediante las páginas que han visitado y los resultados que han obtenido en ejercicios y pruebas.

Es importante destacar que en ELM-ART II el modelo del usuario se mantiene en paralelo con el sistema y permite a los alumnos especificar qué conocimientos dominan o cuáles desean reforzar. Cuando el alumno modifica su modelo del usuario obtiene información de qué páginas ha visitado, cuáles recomienda el sistema que sean o no visitadas, y el porcentaje de aprendizaje de cada concepto.

2.3. Técnicas de adaptación

ELM-ART II utiliza técnicas de soporte a la navegación adaptativa para anotar y ordenar los enlaces, establecer secuencias individuales del currículo y dar soporte en la resolución de problemas. También emplea, en la presentación adaptativa, el método de explicaciones de prerrequisitos para mostrar ayuda. Estas técnicas se explican a continuación:

- ❖ Anotación de enlaces (véase la Figura 62). Muestra el estado educativo de cada enlace mediante viñetas de colores: verdes para sugerir visitar una página; rojas para destacar que la página no está lista para ser aprendida; blancas para indicar que se ha visitado o resuelto correctamente; y naranjas para señalar que el contenido se conoce.
- ❖ Ordenación de enlaces. Presenta una lista de enlaces, clasificada por grado de importancia, de los ejemplos más relevantes para el usuario.
- ❖ Secuencia individual del currículo. Indica al estudiante cuál es el mejor siguiente paso, etapa o información a consultar, y le sugiere qué contenidos debe dominar al terminar cada unidad.
- ❖ Soporte inteligente a la resolución de problemas. Explica conceptos utilizando ejemplos, prevé la manera en que el estudiante resuelve un problema y encuentra los

ejemplos más relevantes, que muestra ordenados descendientemente según su grado de importancia. Adicionalmente, cuando un estudiante encuentra dificultades para resolver un problema, diagnostica el código escrito por éste y despliega mensajes de ayuda con explicaciones detalladas, empezando por definiciones vagas y, si el alumno no ha sido capaz de encontrar la solución, el sistema la presenta corrigiendo los errores.

- ❖ Ayuda en prerrequisitos (método de explicaciones de prerrequisitos/técnica texto condicional²⁴). Muestra los prerrequisitos de una página cuando el alumno la visita pero no se considera apto para aprenderla o ha solicitado ayuda.

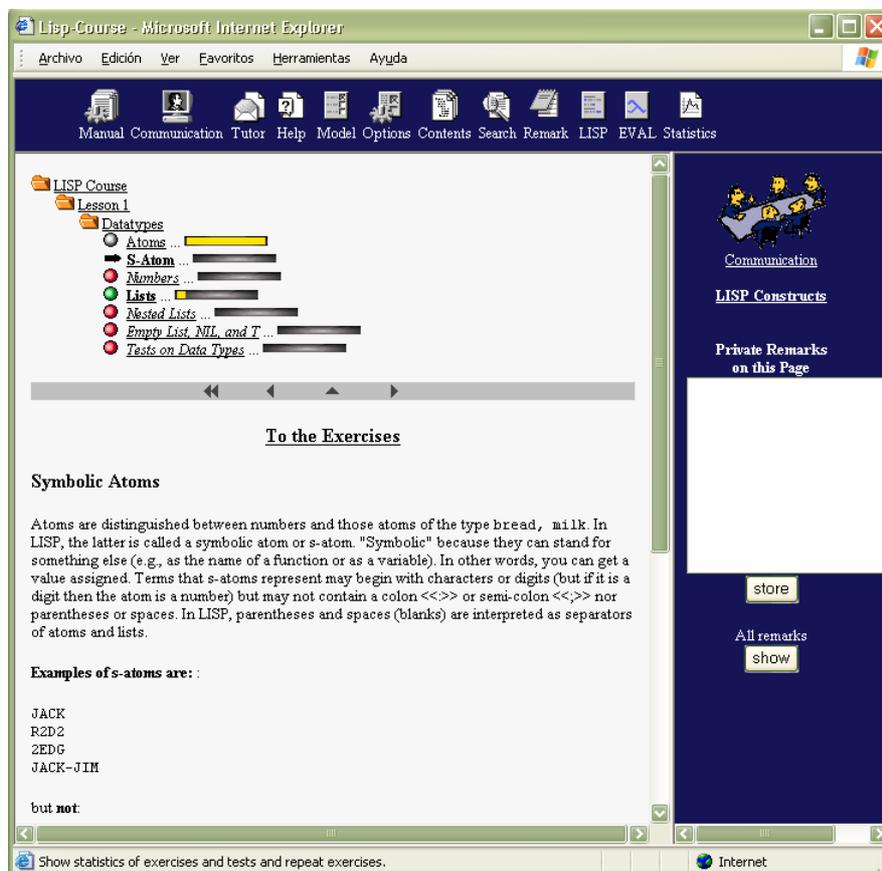


Figura 62. ELM-ART II: Anotación adaptativa de enlaces

²⁴ Cuando el nombre de la técnica de adaptación del SHAE no se encuentre dentro de la clasificación presentada en el apartado 2.2.6 Métodos y técnicas de adaptación, se especificará entre paréntesis el método y técnica equivalente.

ELM-ART II provee, además, herramientas de comunicación no adaptativas como correo electrónico, *chat*, foros de discusión e intercambio de documentos a nivel grupo de usuarios.

Este SHAE utiliza la plataforma Common LISP Hypermedia Server CL-HTTP. Adapta las páginas en tiempo de ejecución teniendo en cuenta el texto del curso (que está en HTML) y el dominio del conocimiento. Para el soporte en la resolución de problemas, utiliza formas en HTML y las envía a un servidor LISP para que las resuelva.

3. INTERBOOK

InterBook (Schwarz, Brusilovsky y Weber, 1996) (Eklund, Brusilovsky y Schwarz, 1997) (Brusilovsky, 1998) empezó a desarrollarse en 1995 siguiendo un enfoque basado en conceptos. Es un sistema de autor, que implementa la arquitectura definida en ELM-ART, para construir materiales educativos en línea mediante la metáfora del libro.

La adaptación que realiza InterBook se sustenta en la presencia de dos tipos de conocimiento que se complementan: el modelo del dominio y el modelo del estudiante – que incluye las observaciones—. A continuación se profundiza en ambos, y en las técnicas de adaptación que utiliza este sistema.

3.1. Modelo del dominio

Este modelo, que representa el conocimiento que se desea transmitir, es la base para estructurar cada libro electrónico. En su forma más simple, emplea únicamente conceptos (como temas, elementos de aprendizaje, objetos, etc.) definidos como piezas elementales del conocimiento sobre el dominio tratado; en su forma más avanzada utiliza una red de nodos interconectados mediante enlaces. Los nodos representan los conceptos del dominio, mientras que los enlaces reflejan las diferentes clases de relación que existen entre dichos conceptos.

Cada libro se estructura a partir de su contenido y de un glosario. Este último, parte central en la estructura de InterBook, es una visualización de la red del dominio del

conocimiento. Cada elemento de esta red representa un nodo del hiperespacio en donde los enlaces entre nodos constituyen recorridos probables, simulando así la estructura pedagógica del dominio del conocimiento. Recíprocamente, cada entrada del glosario corresponde a una descripción del concepto, por tanto –al igual que en ELM-ART– se trata de un glosario y un índice integrado.

En InterBook cada libro de texto electrónico se estructura jerárquicamente en unidades de información en forma de capítulos, secciones, subsecciones y elementos. Cada nivel terminal es una presentación atómica, ejemplo, problema o evaluación que se asocia a una lista de conceptos relacionados en donde se especifica su nombre y tipo (i.e. resultado o prerrequisito).

Finalmente, con el objetivo de que los alumnos puedan utilizar varios libros a la vez y realicen búsquedas, los libros electrónicos sobre un mismo tema se agrupan e indexan con los mismos conceptos formando una “estantería de libros”.

3.2. Modelo del estudiante y observaciones

El modelo del estudiante estructura el conocimiento sobre cada individuo. Almacena en capas las acciones que realiza el estudiante en su interacción con el sistema, y recurre a ellas para aumentar o disminuir el nivel de detalle o dificultad de los conceptos que presenta.

En cuanto a las observaciones, InterBook registra si el estudiante tiene conocimiento sobre el tema, si su conocimiento es de principiante (si ha leído una página sobre el concepto), intermedio (si ha leído sobre un concepto en dos diferentes páginas), o experto (si ha resuelto una prueba que pertenece al concepto) (Henze y Nejdil, 2003).

3.3. Técnicas de adaptación

La funcionalidad adaptativa con la que cuenta InterBook es similar a la de ELM-ART II. Está enfocada básicamente en auxiliar a los estudiantes en cuestiones relacionadas con los recorridos, proporcionándoles soporte a la navegación adaptativa (i.e. anotación y generación adaptativa de enlaces, guiado directo) y ayuda basada en prerrequisitos. A continuación se detallan estas técnicas.

- ❖ Anotación adaptativa de enlaces. Proporciona claves visuales para señalar el tipo y el estado educativo de cada enlace. La distinción de los estados educativos se basa en el modelo del estudiante y se representa empleando colores: blanco para el estado “ya ha sido aprendido”, verde para el estado “recomendado para leer” y rojo para el estado “no recomendado para aprenderse”. Del mismo modo, los niveles del conocimiento del estudiante se etiquetan con diferentes tamaños de marcas: pequeña para principiante (“se ha comenzado a aprender”), mediana para intermedio (“aprendida”), y grande para experto (“muy bien aprendida”). La ausencia de marca representa el nivel “desconocido”.
- ❖ Generación adaptativa de enlaces (o navegación avanzada). Determina, en tiempo de ejecución y según el modelo del estudiante, enlaces significativos entre el glosario y el contenido del libro de texto y viceversa.
- ❖ Guiado directo. Sugiere al estudiante la siguiente parte del material que debe aprender para ayudarle a decidir por dónde navegar.
- ❖ Ayuda basada en prerrequisitos (i.e. método de explicaciones de prerrequisitos/técnica texto condicional y ordenación de enlaces). Presenta una lista de enlaces, ordenados por grado de relevancia, que contienen información sobre los conocimientos previos necesarios para entender la sección actual.

3.4. Creación de contenidos

La interfaz para la creación de contenidos de InterBook es manual. Sus creadores defienden que está definida de este modo para ayudar al autor a transferir un libro de texto normal en un libro de texto adaptativo, pero también reconocen que puede mejorarse. El proceso de creación de contenidos educativos que tiene que seguir el profesor es el siguiente:

1. Crear un archivo en Microsoft Word[®] con estilos (título, subtítulo, etc.) que definen qué conceptos se encuentran en qué sección y si son resultados o prerrequisitos.
2. Guardar el archivo en formato RTF, utilizando un programa desarrollado para tal fin (RTFtoHTML) que convierte al archivo en HTML.

3. Alterar manualmente la extensión del archivo a “.INTER” para que sea reconocida por el sistema.
4. Enviar el archivo al servidor de InterBook –Common Lisp Hypermedia Server CL-HTTP– que transforma la información a marcos, y posteriormente la estructura utilizando el lenguaje LISP.

Una vez realizados estos pasos, InterBook adapta los contenidos en tiempo de ejecución considerando el modelo del estudiante, el modelo del dominio y los fragmentos del archivo HTML.

Finalmente, la interfaz para los alumnos de InterBook (véase la Figura 63) utiliza múltiples ventanas y marcos, cada uno dedicado a un componente. Así, por ejemplo, una ventana muestra el contenido del libro de texto, otra despliega el glosario, y otra provee de ayuda basada en prerequisites.

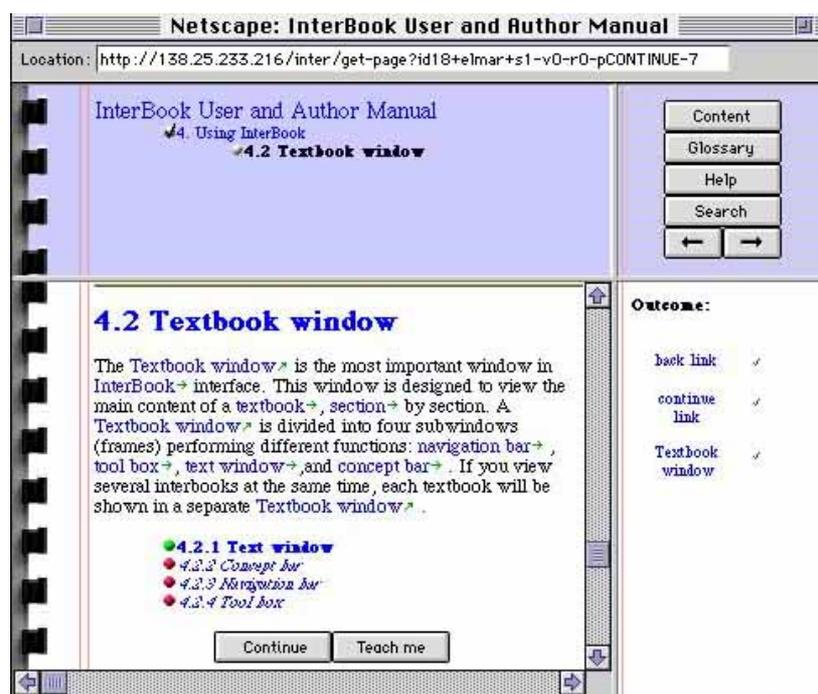


Figura 63. InterBook: Interfaz

4. AST

AST (*Adaptive Statistics Tutor*) (Specht *et al.*, 1997) –también basado en la arquitectura de ELM-ART y desarrollado en la Universidad de Trier– es un SHAE que implementó un curso adaptativo para la enseñanza de la Estadística. Genera contenidos adaptados a las características, conocimientos, resultados obtenidos en evaluaciones, y estilos de aprendizaje preferidos por los estudiantes. Para lograrlo cuenta con tres subsistemas: el módulo del dominio, el modelo pedagógico y el modelo del estudiante.

4.1. Módulo del dominio

Este módulo almacena la descripción de los conceptos que se desean transmitir y las relaciones existentes entre ellos. El conocimiento se estructura en una red conceptual que contiene diferentes tipos de unidades de aprendizaje (lecciones, secciones, subsecciones y conceptos) que se asocian a los conceptos. Los tipos de conceptos que maneja son:

- ❖ Texto de enseñanza. Explica los conceptos que se presentan. Pueden ser, por ejemplo, introducciones, resúmenes o estrategias. Para cada concepto se define un texto de enseñanza en tres niveles de detalle. El primero contiene información básica, el segundo explica conceptos a mayor detalle, y el tercero da información detallada y pistas o consejos. El valor de confianza de cada concepto se incrementa dependiendo del nivel de detalle que el usuario haya definido.
- ❖ Juegos interactivos. Demostraciones interactivas que se proporcionan al estudiante para reforzar el proceso de aprendizaje.
- ❖ Ejemplos. Modelos o patrones sobre un concepto en particular.
- ❖ Evaluaciones. Exámenes o pruebas para valorar el conocimiento. Existen cuatro tipos: respuestas sí-no, selección múltiple, completar espacios y formato libre.

Cada unidad de aprendizaje contiene prerrequisitos y “consecuencias” (posibles resultados y efectos en otras unidades de aprendizaje). Además, almacena información sobre los materiales que el estudiante ha utilizado y el grado de éxito que obtuvo.

4.2. Módulo pedagógico

Contiene las estrategias de enseñanza para transmitir el conocimiento. Existen dos tipos, las pedagógicas y las de diagnóstico.

Las estrategias pedagógicas están compuestas por reglas que permiten al sistema seleccionar la estrategia pedagógica para cada alumno considerando sus características y el tipo de concepto que se desea enseñar. Para auxiliar a los usuarios en la definición de estrategias, AST proporciona estrategias por defecto para cada tipo de concepto, aunque también es posible crear nuevas definiciones.

Las estrategias de diagnóstico del conocimiento de los estudiantes se diseñan mediante una herramienta creada para tal fin, que almacena diferentes tipos de pruebas y establece cómo deben generarse y valorarse. Con esto se crea una base de evaluaciones en donde cada ocurrencia se conecta con múltiples conceptos, definiendo su nivel de dificultad y relevancia. Para modificar el modelo del estudiante, el sistema considera estas características y las soluciones dadas por el alumno.

4.3. Modelo del estudiante y observaciones

AST utiliza un modelo por capas para almacenar las preferencias de cada estudiante y las unidades de aprendizaje que ha completado. Su definición inicial considera el conocimiento y las preferencias del alumno. En el primer caso la información se obtiene de un examen de ubicación sobre sus conocimientos de Estadística. En el segundo, se determina de sus respuestas a un cuestionario preliminar sobre sus conocimientos previos, objetivos, tipo de materiales, estrategia de aprendizaje preferida (ejemplos, lectura de textos, “aprender haciendo”, etc.), y nivel de detalle deseado en la presentación de contenidos (básico, medio, detallado con pistas).

Cada interacción del alumno con el sistema repercute en el modelo del estudiante. Así, el nivel de detalle con que el alumno desea que se le presenten los contenidos, si utiliza o no un juego interactivo, o solicita un ejemplo, son aspectos que influyen para incrementar o disminuir el valor de confianza de cada concepto en el modelo del estudiante.

Por su parte, las evaluaciones –relacionadas con uno o más conceptos– poseen un valor de dificultad general y un nivel de relevancia para el concepto valorado. Estas características también aumentan o disminuyen el valor de confianza probabilístico del modelo del estudiante. Otros elementos que se consideran para modificar el valor de confianza son la interacción con un concepto y el porcentaje de evaluaciones correctas.

4.4. Técnicas de adaptación

Los valores de confianza almacenados en el modelo del estudiante son la base para implementar la funcionalidad adaptativa de AST, entre la que destaca la anotación adaptativa de enlaces y la secuencia adaptativa:

- ❖ Anotación adaptativa de enlaces. Muestra para cada enlace un círculo o viñeta que representa información sobre su estado. Se emplea verde para un enlace que se recomienda, naranja para uno que es apropiado visitar y rojo para señalar aquellos enlaces que, debido a que incumple los prerrequisitos, el estudiante no está preparado para consultar o estudiar.
- ❖ Secuencia adaptativa. Recomienda caminos para recorrer el material de estudio. Cada vez que el estudiante visita una sección, el sistema verifica si posee el conocimiento previo para trabajar con dicha unidad de aprendizaje y aplica exámenes para evaluar los requisitos necesarios. Si el estudiante no es capaz de resolver la evaluación el sistema recomienda trabajar con los prerrequisitos. Los estudiantes también pueden preguntar al sistema cuál es el mejor siguiente paso. Para responderles AST considera el modelo del estudiante y los prerrequisitos de posibles unidades de estudio.

La interfaz de usuario de AST (véase la Figura 64) está estructurada en marcos. En la parte superior se muestra el contenido anotado, en el marco central se despliega información con iconos anotados que llevan a textos de enseñanza, a evaluaciones, o a la obtención de recomendaciones sobre el siguiente enlace a visitar. También cuenta con ayuda en fórmulas y contenidos, índice, herramientas de comunicación y búsqueda.



Figura 64. AST: Interfaz

5. AHA!

AHA! (*Adaptive Hypermedia Architecture*) (De Bra y Calvi, 1998b) (De Bra, Aerts, Smits y Stash, 2002b) se desarrolló en la Universidad Tecnológica de Eindhoven a partir de un sistema adaptativo que soportaba el curso “Estructuras y Sistemas Hipermedia” (De Bra y Calvi, 1998a). Se trata del modelo genérico para crear aplicaciones (educativas o no) con características adaptativas más difundido y empleado²⁵. El desarrollo de AHA! comenzó en 1996, desde entonces se han liberado distintas versiones, la más reciente es la versión 3.0.

La arquitectura de AHA!, basada en AHAM (De Bra, Aerts, Smits y Stash, 2002a), se compone de los modelos del dominio, del usuario y de adaptación, y del motor de

²⁵ Además, diferentes proyectos de investigación han utilizado AHA! para probar su integración con sistemas hipermedia (Millard, Davis, Weal, Aben y De Bra, 2003), evaluar el grado de adaptación de sus cursos (Cini y Valdeni de Lima), y mejorar su eficiencia mediante técnicas de minería de datos (Romero, Ventura, De Bra y De Castro). Recientemente, se desarrolló una herramienta que permite importar a AHA! contenidos que cumplen con el modelo de referencia SCORM (Romero, Rider, Ventura, Hervás y De Bra, 2005).

adaptación. A continuación se explican estos modelos, así como las técnicas de adaptación que utiliza este sistema.

5.1. Modelo del dominio

Este modelo describe y estructura el conocimiento que se desea transmitir en términos de conceptos, páginas, y fragmentos. Cada uno de estos elementos contiene requisitos y reglas de adaptación que representan los vínculos existentes entre ellos.

El uso que se le puede dar a un concepto es muy amplio. Puede precisarse, por ejemplo, como un elemento de información que el usuario sabe o en el que está interesado, o como sus preferencias de presentación o su estilo de aprendizaje.

Los requisitos y del estado actual del conocimiento del usuario sirven para determinar si es propicio o no mostrar una página. Las reglas de adaptación, por su parte, expresan cómo propagar en el modelo del usuario los valores del conocimiento sobre un concepto, y modificar el de otros conceptos relacionados.

5.2. Modelo del usuario

El modelo del usuario está formado por un conjunto de conceptos relacionados con una serie de pares de valores de atributos. El sistema los rastrea (“observa”) y los almacena en una tabla que modifica cada vez que el usuario navega por la aplicación.

La parte central de AHA! es la gestión y modificación del modelo del usuario, que realiza considerando el nivel de conocimiento del sujeto sobre los conceptos. Las observaciones, que determinan este conocimiento, consideran la lectura de páginas y los resultados de las pruebas elaboradas por cada individuo.

5.3. Modelo de adaptación

Contiene las reglas que precisan cómo se llevará a cabo la adaptación. Ésta se define a partir de los requisitos, que determinan bajo qué circunstancias se mostrarán uno o varios fragmentos, páginas o conceptos, y de su deseabilidad, que tiene en cuenta tanto las páginas que el usuario ha leído como las que no.

5.4. Técnicas de adaptación

El motor de adaptación ejecuta las reglas definidas en el modelo de adaptación y lleva a cabo las siguientes técnicas:

- ❖ Fragmentos incluidos condicionalmente. Agrega explicaciones o elimina elementos considerando si son o no deseables.
- ❖ Anotación de enlaces. Muestra enlaces en diferentes colores de acuerdo al modelo del usuario. Aunque es posible cambiar las preferencias de color, AHA! toma por defecto el azul (“bueno”) para indicar páginas recomendadas para visitarse; violeta (“neutral”) para páginas que han sido visitadas con anterioridad, pero que pueden ser adecuadas; y negro (“malo”) para las que no lo son.

5.5. Creación de contenidos y reglas de adaptación

AHA! cuenta con dos herramientas de autor: el editor de conceptos (*the concept editor*) y la gráfica de autor (*the graph autor*) (De Bra, Stash y Smits, 2004b). Ambas permiten definir el modelo del dominio y el modelo de adaptación asociado a él. Es decir, para cada concepto se definen requisitos y reglas de generación. Los primeros establecen cómo se llevará a cabo la adaptación indicando bajo qué condiciones un concepto es “deseable” (i.e. es adecuado que lo consulte el alumno), y las segundas indican, considerando los accesos realizados por los alumnos a los conceptos, las modificaciones que se realizarán al modelo del usuario.

El editor de conceptos es una herramienta de bajo nivel que requiere que el autor defina todas las reglas y conceptos que desea utilizar. Presenta en forma de lista los conceptos que forman la estructura del dominio del conocimiento y sus atributos. Para cada uno de éstos el autor debe definir reglas de adaptación (del tipo IF-THEN-ELSE) que establezcan condiciones para modificar el valor de los conceptos. Estas reglas, además, pueden propagarse a conceptos de orden superior.

La gráfica de autor, por su parte, es una herramienta que presenta los conceptos y sus relaciones para que el autor, con ayuda del ratón, arrastre y conecte nuevos conceptos y establezca sus relaciones. Para definir el comportamiento adaptativo, el autor debe crear

tipos de relaciones (que pueden representar requisitos o reglas de generación) y establecer las reglas de adaptación para las relaciones existentes.

AHA!, en sus primeras versiones, utilizaba HTML para anotar los elementos. En la actualidad la versión 3.0 utiliza XML y XHTML. Esta versión, además, tiene la ventaja por encima de versiones anteriores de incluir objetos de forma condicional, lo que permite reutilizar explicaciones adicionales y prerrequisitos definidos previamente en el mismo sistema (De Bra *et al.*, 2004b).

La Figura 65 muestra la interfaz de usuario del curso Estructuras y Sistemas Hipermediales²⁶ que se creó utilizando AHA!. En la parte superior de la pantalla el alumno encuentra el informe de progreso que señala cuántas páginas ha leído y cuántas no. Al final de cada sección se presenta una evaluación para determinar si el usuario ha comprendido los conocimientos estudiados a través de la herramienta. Además, puede especificar su preferencia del color en la anotación de enlaces, modificar los valores de su modelo del usuario, y consultar su lista de mensajes.

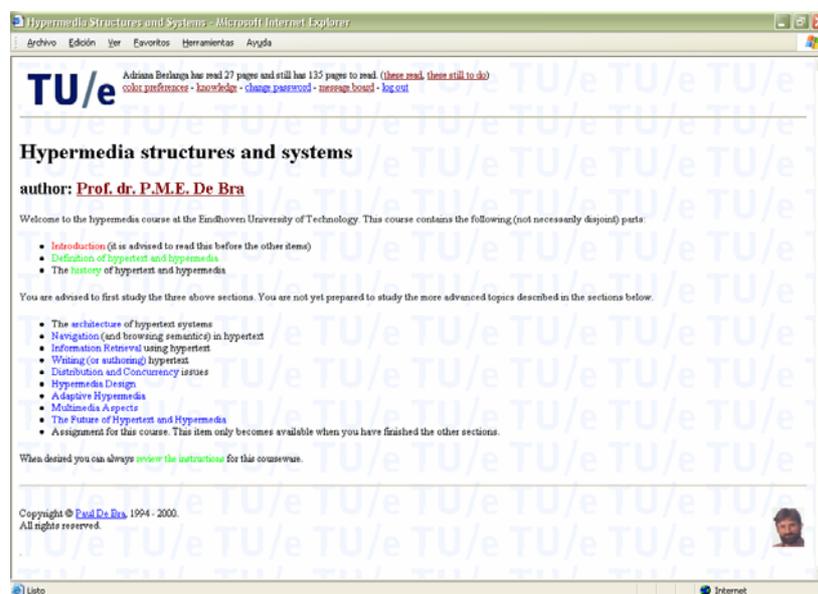


Figura 65. AHA!: Interfaz

²⁶ Este curso, *Hypermedia Structures and Systems* por su nombre en inglés, está disponible en: <http://wwwis.win.tue.nl/2L690>.

6. KBS-HYPERBOOK

Desarrollado en la Universidad de Hannover, KBS-Hyperbook (Henze y Nejd, 1999) (Henze *et al.*, 1999) permite modelar, organizar y mantener sistemas hipermediales en la Web. Dentro de sus áreas de aplicación están los libros hipermedia educativos, definidos como componentes que permiten la distribución, mantenimiento y personalización de los materiales de enseñanza.

Este sistema sigue un enfoque de aprendizaje constructivista, donde el proceso de enseñanza se lleva a cabo mediante proyectos, trabajo en grupo y discusiones. Su diseño está formado por un modelo del dominio del conocimiento y un modelo del estudiante. A continuación se explican estos modelos y las técnicas de adaptación que utiliza este sistema.

6.1. Modelo del dominio del conocimiento

KBS-Hyperbook representa el conocimiento en ítems que definen y ejecutan las estrategias de adaptación. Estos ítems denotan un concepto del dominio de forma elemental, aunque también se pueden conectar a gráficas de dependencia. Se dividen en unidades de información y en unidades de proyectos que hacen referencia al contenido que se desplegará como páginas web.

Las unidades de información son descripciones semánticas y, por ende, no están relacionadas con la estructura del libro. A su vez, las unidades de proyecto contienen los objetivos de aprendizaje de cada estudiante; están compuestas por descripciones de ejercicios, tareas, o ejemplos, y se indexan por los ítems del conocimiento que el estudiante tiene que saber para trabajar en el proyecto. Al diseñarlas se busca que representen “problemas del mundo real”.

La relación entre las unidades de proyecto y las unidades de información se obtiene automáticamente vía los ítems del conocimiento, consiguiendo con ello establecer qué unidades de información son relevantes. Para mostrar esta relevancia se anotan los enlaces de tal manera que representan su estado educativo (“conocido”, “sugerido”, “muy difícil”).

Finalmente, cabe destacar que el modelo de diseño de KBS-Hyperbook separa los conceptos, el modelo conceptual y las unidades de documento (i.e. documentos HTML). Los primeros incluyen páginas de información, ejemplos, soluciones de estudiantes, caminos guiados, discusiones, etc., destinados a modelar explícitamente todas las unidades relevantes de cada libro hipermedia, mientras que los datos y unidades del documento hacen referencia a la información actual. Con esto se consigue implementar un sistema que utiliza diferentes grupos de abstracciones para visualizar unidades de documento y su relación semántica.

La descripción de los elementos de la estructura y del modelo del dominio está basada en una ontología que define un lenguaje de modelado propietario para especificar las propiedades de las entidades en cuanto a conceptos, relaciones, atributos y herencias.

6.2. Modelo del estudiante y observaciones

El modelo del estudiante se fundamenta en el modelo pedagógico de un libro electrónico hipermedia. Para definir las dependencias entre los ítems del conocimiento, KBS-Hyperbook considera los prerrequisitos de los ítems para establecer cuál se debe aprender primero. Para ello utiliza fórmulas como:

$$KI: KI_1 < KI_2$$

En donde KI_1 es prerrequisito de KI_2 y, por tanto, tiene que mostrarse antes para que los estudiantes lo aprendan.

El estado del conocimiento del usuario, por su parte, se establece mediante un vector de ítems que contiene la estimación sobre el grado de conocimiento de cada usuario (experto, avanzado, principiante, inicial) de un ítem. Esta estimación se determina considerando la percepción que cada estudiante tiene sobre su propio desempeño, así como los juicios realizados por expertos al respecto.

Para representar el modelo del usuario, KBS-Hyperbook utiliza una red bayesiana que facilita la representación en una gráfica de dependencia de los ítems que constituyen el dominio del conocimiento, y la actualización del modelo del usuario. Cada nodo de esta red representa un ítem del conocimiento. Las dependencias entre ellos se expresan mediante probabilidades condicionales simples que se establecen gracias a

aproximaciones de dependencia estimadas con anterioridad. Además, las observaciones del grado de conocimiento de un usuario sobre un ítem del conocimiento son entradas directas a esta red.

Para actualizar la información del usuario se utilizan evaluaciones que éste hace sobre su propio desempeño en los proyectos (e.g. “el tema fue fácil”, “el tema fue difícil, tuve muchos problemas para entenderlo”, etc.), y los juicios realizados por expertos sobre su actuación.

6.3. Técnicas de adaptación

La funcionalidad adaptativa con la que cuenta KBS-Hyperbook está centrada principalmente en dos técnicas:

- ❖ Anotación de enlaces. Emplea la metáfora del semáforo para marcar la información apropiada para realizar proyectos. El verde se utiliza para marcar documentos con un estado “conocido” (todos los conceptos dependientes son conocidos), el blanco para “sugerido”, y el rojo para “no se recomienda” o para indicar que el documento se ha leído con anterioridad.
- ❖ Secuencia de aprendizaje. Crea recorridos personalizados según los objetivos del estudiante.

La implementación de KBS-Hyperbook está realizada en el lenguaje Java y reside en un servidor donde se ejecutan todos los procesos. Existen varios prototipos de libros electrónicos adaptativos, entre los que se encuentran uno sobre Tecnología de la Información y otro sobre el lenguaje de programación Java. La Figura 66 muestra la interfaz de este último (www.kbs.uni-hannover.de/hyperbook).

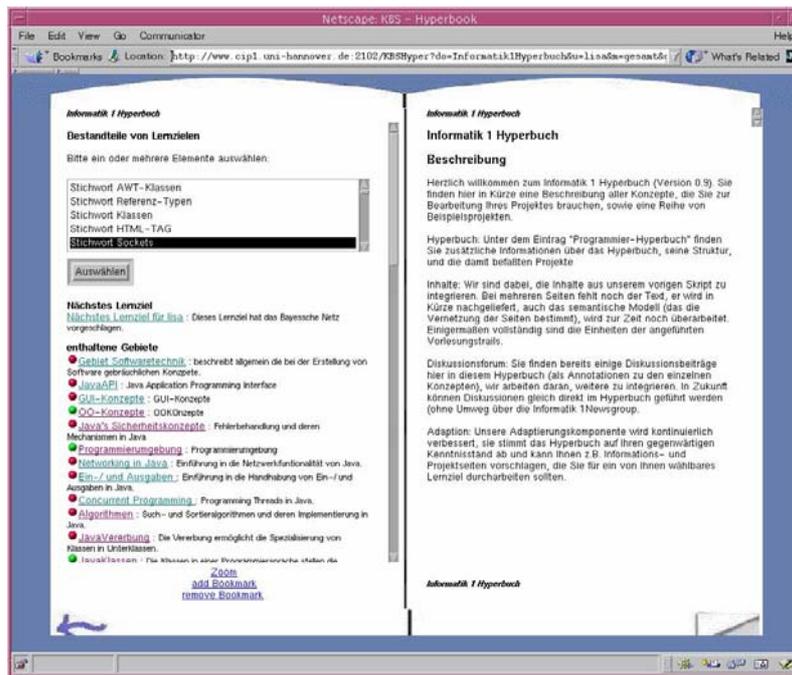


Figura 66. KBS-Hyperbook: Interfaz

7. TANGOW

TANGOW –*Task-based Adaptive learNer Guidance on the Web*– (Carro *et al.*, 1999) (Carro, 2001) (Paredes y Rodríguez, 2002) es una plataforma para crear cursos adaptativos en soporte web desarrollada en la Universidad Autónoma de Madrid, cuyo objetivo es guiar al estudiante en el proceso de aprendizaje.

El resto de este apartado explica brevemente el dominio del conocimiento, y el modelo del estudiante y las observaciones que realiza TANGOW, así como las técnicas de adaptación que emplea y su funcionalidad para la creación de contenidos.

7.1. Dominio del conocimiento

En TANGOW el contenido de cada curso se define mediante tareas y reglas docentes. Las tareas, que pueden representar conocimientos teóricos, ejemplos o ejercicios, son las unidades básicas de aprendizaje y se dividen en atómicas o compuestas. Las primeras son

unidades conceptuales de información, mientras que las segundas constituyen grupos de tareas.

Las reglas docentes, por su parte, son listas de subtareas que especifican la secuencia de presentación. Se rigen según los siguientes tipos de consideraciones lógicas:

- ❖ AND: Requiere ejecutar todas las subtareas en el orden definido en la regla.
- ❖ ANY: Requiere realizar todas las subtareas, pero el estudiante decide en qué orden.
- ❖ OR: Establece que sólo es necesario efectuar una subtask.
- ❖ XOR: Requiere realizar sólo una subtask en particular, pero el estudiante decide cuál.

7.2. Modelo del estudiante y observaciones

La primera vez que un estudiante entra en un curso de TANGOW debe especificar diferentes valores sobre sí mismo que el profesor estableció como determinantes como, por ejemplo, su edad, idioma o la estrategia de aprendizaje que prefiere seguir. Éste es almacenado en una base de datos y utilizado para presentar el curso según las reglas definidas.

Cada vez que el alumno interactúa con el sistema, las observaciones sobre las acciones que realiza se almacenan en un árbol de tareas dinámico. Esta información incluye el tiempo dedicado a ejecutar una tarea, el número de páginas visitadas, el total de ejercicios realizados y el número de ejercicios correctamente resueltos.

7.3. Técnicas de adaptación

TANGOW construye, teniendo en cuenta las reglas y tareas definidos previamente, la estructura del curso de acuerdo al perfil del estudiante, así como las interacciones y acciones que ha realizado. Para ello cuenta con las siguientes técnicas de adaptación:

- ❖ Inclusión adaptativa de fragmentos. Muestra a cada alumno diferentes versiones de un mismo fragmento de información considerando su perfil.

- ❖ Secuencia adaptativa del currículo y anotación de enlaces. Emplea el cuestionario ILS (*Index of Learning Styles*) de Felder y Soloman (1999) para determinar la escala en el estilo de aprendizaje secuencial-global del sujeto (estudiantes lineales y ordenados que aprenden por pasos, frente a alumnos holísticos que visualizan sistemas totales). Utilizando estos valores presenta el árbol de tareas anotado según la metáfora del semáforo. Las tareas accesibles se marcan con verde, las que no lo son con rojo, y las que se han realizado con negro.

Además, se planea añadir nueva funcionalidad para generar cursos colaborativos adaptativos (Carro, Ortigosa y Schlichter, 2003), y se realizan investigaciones relacionadas con el reconocimiento de patrones en secuencias de navegación para determinar necesidades de adaptación y mejorar la calidad de los cursos adaptativos (Ortigosa y Carro, 2003).

7.4. Creación de contenidos y reglas de adaptación

ATLAS (*Authoring Tool for Adaptive Software design*) (Macías y Castells, 2001) y BOLEROW (Carro, Pulido y Rodríguez, 2000) son herramientas que se pueden utilizar en para diseñar cursos adaptativos en TANGOW.

ATLAS es una herramienta de autor que presenta gráficamente la estructura del curso y permite relacionarla con los contenidos y los perfiles del estudiante. También permite crear tareas, reglas y sus condiciones de activación. Estas últimas, que se crean a partir de la selección de los atributos que contiene el modelo del usuario, se pueden definir estableciendo comparaciones entre propiedades del estudiante, parámetros o valores.

BOLEROW, por su parte, automatiza el proceso de creación de cursos y facilita su mantenimiento e instalación. Utiliza formularios HTML para la creación de tareas, reglas y para definir los elementos HTML que constituirán el material educativo que se presentará. Así, por ejemplo, el formulario para definir una tarea contiene campos que esperan como valor de entrada su nombre, tipo (i.e. conocimientos teórico, ejemplo o ejercicio), atomicidad, descripción, parámetros y elementos HTML. Del mismo modo, el formulario para definir una regla contiene campos para especificar su nombre, secuencia

de presentación (según los operadores lógicos explicados anteriormente: AND, ANY, etc.), información sobre las tareas que engloba, parámetros de entrada y su condición de activación.

8. METALINKS

Desarrollado en la Universidad de Massachussets, MetaLinks (Murray, Condit, Piemonte, Shen y Khan, 2000a) (Murray *et al.*, 2000b) emplea una arquitectura simple para crear libros hipermedia adaptativos. Su diseño instructivo está basado en encuestas, y en el descubrimiento y exploración de contenidos.

Este SHAE almacena los contenidos en una base de datos relacional (FileMaker), y modela al usuario empleando un modelo histórico que registra sus interacciones con el sistema, las páginas que ha visitado y las herramientas que ha utilizado.

8.1. Técnicas de adaptación

MetaLinks cuenta con las siguientes técnicas de adaptación:

- ❖ Anotación de enlaces. Marca las páginas con enlaces tipo para que el usuario sea capaz de determinar en dónde ha estado y por qué ha estado ahí.
- ❖ Texto expansible. Oculta texto y gráficos no esenciales y los muestra cuando el puntero del ratón se arrastra sobre ellos, con lo que se pretende que sea el usuario, y no el sistema, quien decida si desea o no información adicional.

8.2. Creación de contenidos

Para la creación de contenidos MetaLinks cuenta con una herramienta de autor que permite crear páginas de contenido y sus enlaces. Para definirlos es necesario especificar su tipo, texto, enlaces, y elementos didácticos. La herramienta automatiza la creación de índices de contenido y glosarios (Murray, 2005).

Este sistema se ha utilizado de manera experimental para configurar cuatro libros, entre los que destaca uno de Geología (www.tommurray.us/index.asp) (véase la Figura 67).

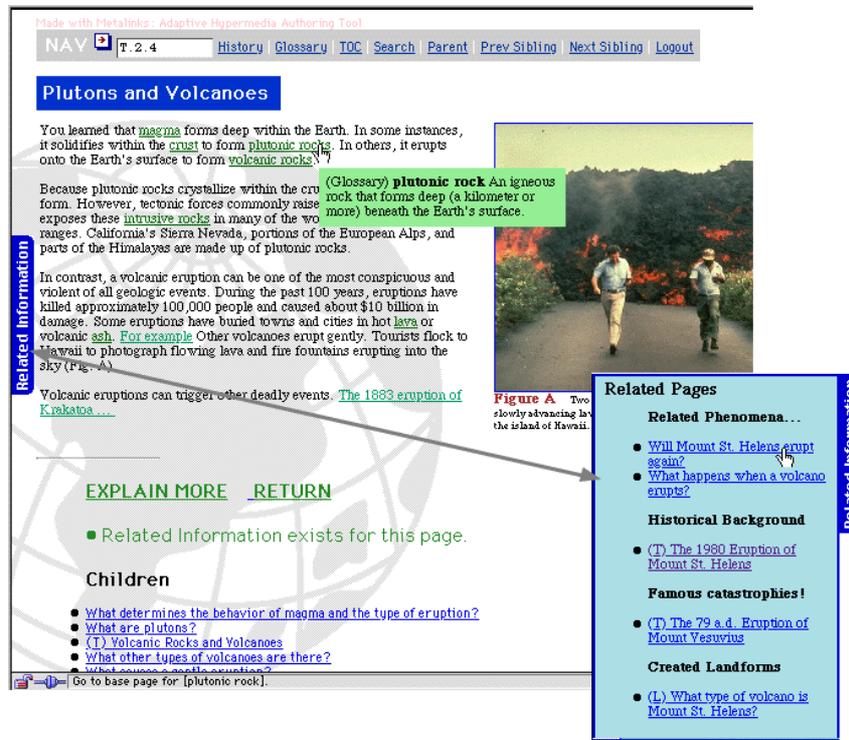


Figura 67. MetaLinks: Interfaz

9. INSPIRE

INSPIRE (*INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment*) (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis y Magoulas, 2002) (Papanikolaou *et al.*, 2003) es un sistema hipermedia adaptativo desarrollado en la Universidad de Atenas que sirve como material de soporte en un curso de arquitectura de ordenadores. El diseño de este sistema, que integra teorías del diseño instructivo y estilos de aprendizaje, se basa en la idea de que cada alumno percibe la información de diferente manera.

El dominio del conocimiento, el modelo del usuario, las observaciones que tiene en cuenta, y las técnicas de adaptación que utiliza INSPIRE, se explican a continuación.

9.1. Dominio del conocimiento

La estructura del conocimiento en INSPIRE está representada jerárquicamente en tres niveles:

1. Objetivos de Aprendizaje. Corresponden a un tema del dominio del conocimiento y están asociados al conjunto de conceptos que los cubren.
2. Conceptos. Representan la estructura de conceptos y relaciones que cubren un objetivo de aprendizaje y, al mismo tiempo, están asociados a un conjunto de materiales educativos que forman módulos de conocimiento que contienen representaciones múltiples de un concepto en forma de, por ejemplo, preguntas, presentaciones teóricas, etc. El diseño de este nivel se basa en la Teoría de la Elaboración (Reigeluth, 1999a) que permite seleccionar, secuenciar, sintetizar y resumir el contenido.
3. Materiales educativos. Se dividen en presentaciones teóricas (definiciones, descripciones, conclusiones), preguntas (para introducir o evaluar un concepto), actividades (de simulación, exploración, casos de estudio), ejemplos, ejercicios, y definiciones de glosario. Diseñados siguiendo la Teoría de Presentación de los Componentes (*Component Display Theory*) (Merrill, 1983), se dividen en materiales indicados para recordar, utilizar, o para encontrar. Además, estos materiales están definidos siguiendo la recomendación ARIADNE (2004), lo que permite reutilizarlos para soportar diferentes objetivos de aprendizaje e intercambiarlos entre diferentes sistemas compatibles con esta recomendación.

9.2. Modelo del estudiante y observaciones

El modelo del estudiante –modificable por el alumno– utiliza una estructura en capas múltiple que, siguiendo la estructura del dominio, representa el nivel del conocimiento que tiene el estudiante de cada concepto u objetivo de aprendizaje.

Cuando un estudiante interactúa con el sistema se genera un modelo en cuatro capas que contiene: (1) información general (nombre, profesión, sexo, estilo de aprendizaje); (2) nivel de conocimiento y actitud de estudio hacia los objetivos de aprendizaje; (3) nivel de

conocimiento y actitud de estudio hacia los conceptos; y (4) actitud de estudio hacia el material educativo.

El conocimiento del estudiante se estima utilizando un modelo cualitativo de diagnóstico que determina el desempeño (inadecuado, mediocre, competente, avanzado) que ha mostrando al estudiar los diferentes conceptos. Por su parte, el estilo de aprendizaje –que sirve para determinar la actitud de estudio del estudiante– se inicializa con los resultados que obtuvo en el cuestionario de estilos de aprendizaje de Honey y Mumford (1992). Posteriormente, el estudiante puede modificar los valores de desempeño y de estilo de aprendizaje.

Cada capa del modelo del estudiante contiene observaciones. Por ejemplo, la primera almacena información sobre las interacciones de estudiante, como el último día en que estuvo conectado al sistema o si activó el componente adaptativo del sistema. La segunda registra información sobre el tiempo total dedicado a un objetivo de aprendizaje. La tercera, sobre el tiempo total de estudio dedicado a cada concepto o si abrió un prerrequisito, y la cuarta sobre el tiempo dedicado a cada página de información o sus resultados en las pruebas, entre otras observaciones.

9.3. Técnicas de adaptación

INSPIRE utiliza el estilo de aprendizaje y el nivel de conocimiento del estudiante, así como los objetivos de aprendizaje que se desean alcanzar, para secuenciar las lecciones que se le presentan. Dentro de cada lección se ejecutan las siguientes técnicas de adaptación:

- ❖ Secuencia individual del currículo. Utiliza estrategias instructivas que, teniendo en cuenta el nivel de conocimiento del estudiante, buscan presentar gradualmente conceptos relacionados al objetivo de aprendizaje, así como recomendar páginas que contienen material educativo relacionado.
- ❖ Anotación de enlaces. Emplea iconos en la estructura de la lección y cambia la apariencia de los enlaces para indicar al estudiante su nivel de conocimiento y marcar la página en la que está o las que ha visitado. Si el nivel de conocimiento del estudiante es inadecuado, despliega una taza de medir vacía, si es mediocre la muestra

medio llena, si es competente o avanzado, entonces la muestra llena. Además, destina iconos sin color o blancos para marcar páginas no recomendadas e iconos con color para aquellas que sí lo son, y anota la historia de navegación para que el alumno identifique su recorrido por el material de estudio.

- ❖ Variantes de páginas o fragmentos. Teniendo en cuenta su estilo de aprendizaje, muestra a cada estudiante diferentes representaciones del mismo concepto.

La interfaz de INSPIRE (véase la Figura 68) está dividida en tres áreas. La parte central muestra el material de estudio, la parte izquierda despliega la estructura de navegación anotada, y la parte superior muestra una barra de herramientas que contiene enlaces al glosario, ayuda, favoritos, modelo del usuario, desactivación de la opción de generación automática de lecciones, y herramientas de comunicación.

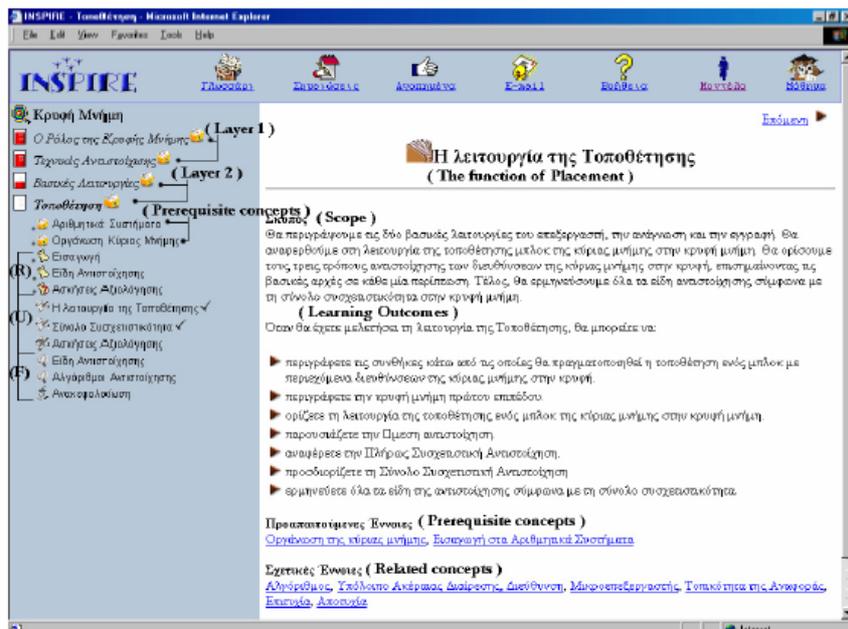


Figura 68. INSPIRE: Interfaz

10. ALE

ALE (*Adaptive Learning Environment*) (Specht *et al.*, 2002) (Kravcik y Specht, 2004a) (Kravcik y Specht, 2004b) es un sistema gestor de *e-learning* (LMS por sus siglas en inglés, *Learning Management System*) destinado a impartir cursos de arquitectura y diseño en diferentes universidades.

Este sistema se desarrolló dentro del proyecto europeo WINDS (*Web-based Intelligent Design and Tutoring System*) (www.e-arch.org/pages/Elearning.jsp), que tiene como uno de sus objetivos permitir diseñar diferentes enfoques pedagógicos como el aprendizaje significativo, los mapas del conocimiento y el razonamiento basado en casos.

A continuación se explican el dominio del conocimiento, el modelo del usuario, las observaciones, y las técnicas de adaptación de ALE.

10.1. Dominio del conocimiento

Para estructurar el dominio del conocimiento, ALE utiliza un modelo en red compuesto por conceptos descritos semánticamente. Cada concepto (o término índice) está definido por su nombre, descripción, sinónimos y relaciones con otros conceptos.

Para estructurar los cursos este sistema emplea tipos de objetos de aprendizaje que se definen en diferentes niveles:

1. Unidades del curso. Elementos de primer nivel que contienen subunidades, pero que no están contenidas en unidades más generales.
2. Unidades de aprendizaje. Contenedores que estructuran jerárquicamente el curso. Existen diferentes tipos: unidad de aprendizaje (párrafos y ejercicios), pruebas y cuestionarios.
3. Elementos de aprendizaje. Piezas básicas de información que representan el contenido del curso. Están formados por tres subgrupos: párrafos, ejercicios y pruebas.
4. Términos índice. Conceptos que representan el glosario de un curso.

10.2. Modelo del estudiante y observaciones

ALE utiliza un modelo del estudiante histórico. Esto es, almacena todas las observaciones, llamadas eventos, relacionadas con el estudiante y con el estatus de los objetos de aprendizaje.

Las observaciones relacionadas con el estudiante registran las acciones que el alumno realizó con cada objeto de aprendizaje, además de la fecha y hora en que se efectuaron. Los tipos de eventos que se registran son: “el usuario entró al sistema”, “se matriculó en un curso”, “solicitó un objeto de aprendizaje” o “demostró dominio de una prueba”.

Las observaciones relacionadas con el estatus de los objetos de aprendizaje registran, por ejemplo, cuándo han sido consultados por el usuario o cuando una prueba ha sido dominada por un usuario.

Además, el modelo del estudiante incluye las preferencias y el conocimiento que se asume que el individuo tiene (teniendo en cuenta los objetos de aprendizaje que ha visitado) y que el sistema ha verificado.

10.3. Técnicas de adaptación

ALE aplica el modelo histórico, las preferencias del alumno y su estilo de aprendizaje – que se obtiene según la prueba *Index of Learning Styles* (ILS) (Felder y Soloman, 1999)– para llevar a cabo las siguientes técnicas adaptativas:

- ❖ Mejor objeto de aprendizaje (Guiado directo). Presenta el mejor siguiente objeto de aprendizaje que debe visitar el alumno considerando su estilo de aprendizaje, y los tipos de objetos de aprendizaje y sus metadatos.
- ❖ Anotación de enlaces. Considera los metadatos de los objetos de aprendizaje y el modelo del estudiante para marcar el estado de cada objeto utilizando iconos y textos alternativos.

Adicionalmente, ALE cuenta con diferentes estrategias para soportar la navegación basada en casos, en la navegación secuencial, y para encontrar a un compañero de trabajo afín.

10.4. Creación de contenidos

El proceso de creación de contenidos que se sigue en ALE comienza con la definición de objetos de aprendizaje, sus metadatos –que pueden seguir especificaciones como SCORM (2004), IMS LOM (2001), CanCore (Friesen *et al.*, 2004), o el estándar IEEE LOM (2002)–, y el establecimiento de relaciones entre ellos (e.g. prerequisite, parte-de, relacionado-con, etc.).

ALE cuenta con editor HTML para la creación de contenidos que opera en el modo WYSIWYG (*What You See Is What You Get*) y permite, también, definir los tipos de elementos deseados y plantillas que servirán después de guía a los autores en la creación de objetos de aprendizaje (véase la Figura 69).

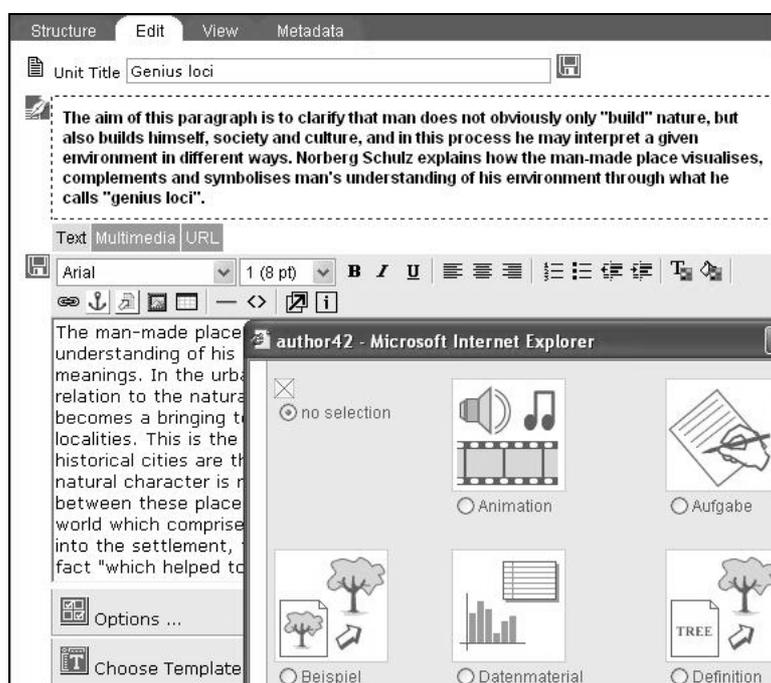


Figura 69. ALE: Herramienta de autor. Creación de objetos de aprendizaje

HyCo: ARQUITECTURA

Este apéndice presenta el modelo conceptual y arquitectónico de HyCo, los paquetes en los que se descompone y el diseño de datos que utiliza. Todo ello centrado en las cuestiones relacionadas con HyCo-LD.

1. MODELO CONCEPTUAL

La Figura 70 muestra el diagrama de paquetes correspondientes al modelo conceptual de HyCo. Los paquetes Libro y Bibliografía, se muestra en amarillo ya que corresponden a la versión anterior de HyCo, la 2.0 (Carabias, 2003). Los paquetes DiseñoAprendizaje, Empaquetamiento y Ejecución, se muestran en azul y corresponden a la nueva versión de la herramienta, la versión 3 (Carabias, 2006).

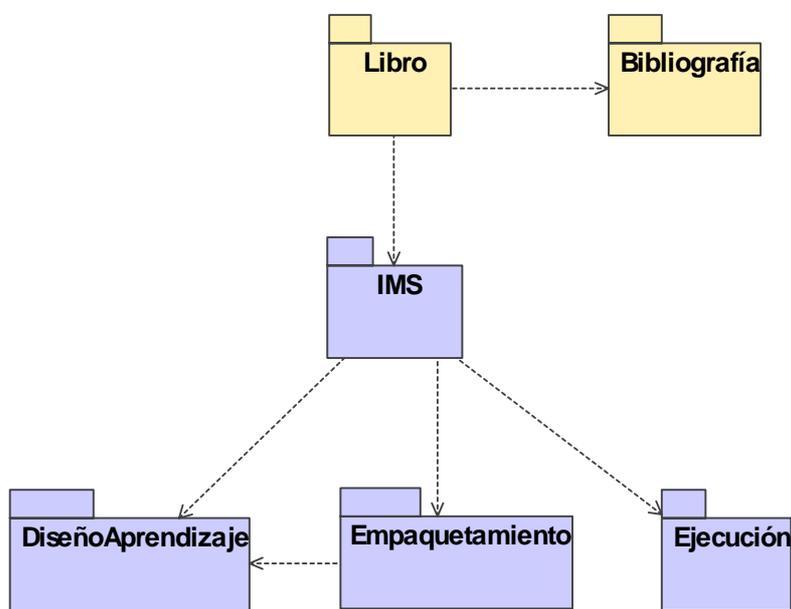


Figura 70. Modelo conceptual: Diagrama de paquetes

La Figura 71 muestra el diagrama de clases correspondiente al paquete IMS. Este paquete incluye la clase HyCoIMS que realiza funciones de enlace entre las tres clases principales de los paquetes DiseñoAprendizaje, Empaquetamiento y Ejecución, que son IMSLearningDesign, EmpaquetadorCP y Player respectivamente, y el paquete Libro que realiza el tratamiento del contenido en la aplicación.

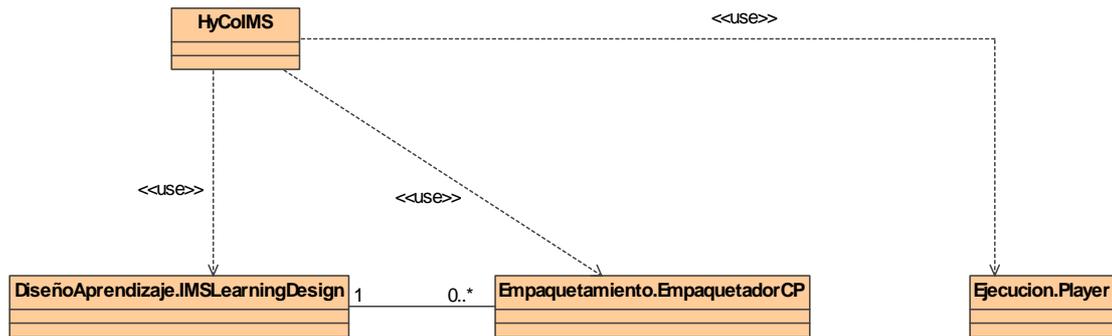


Figura 71. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete IMS

Por su parte, la Figura 72 ilustra las clases pertenecientes al paquete DiseñoAprendizaje. A continuación se describen brevemente:

- ❖ IMSLearningObjective: Representa un objetivo de aprendizaje para una actividad o diseño instructivo.
- ❖ IMSPrerequisite: Representa un prerrequisito para una actividad o diseño instructivo.
- ❖ IMSRoles: Modela los roles que los usuarios (i.e. alumnos, profesores, instructores, etc.) tomarán en el proceso de aprendizaje.
- ❖ IMSGloppersProperty: Representa una propiedad global común para varios diseños instructivos.
- ❖ IMSLocProperty: Representa una propiedad que sólo se puede considerar dentro de un diseño instructivo concreto.
- ❖ IMSLocpersProperty: Representa una propiedad de un usuario que se considera sólo en un diseño instructivo.
- ❖ IMSLocroleProperty: Representa una propiedad de un rol en un diseño instructivo.
- ❖ IMSLearningActivity: Modela una actividad de aprendizaje que se realiza en el proceso de aprendizaje.
- ❖ IMSActivityStructure: Representa la posibilidad de agrupar actividades de aprendizaje en estructuras que a su vez pueden incluir otras subestructuras.

- ❖ IMSAct: Representa la definición de las actividades o estructuras que realizarán los roles.
- ❖ IMSPlay: Modela la secuencia de actos que realizarán y el orden de los mismos.
- ❖ IMSMethod: Representan las ejecuciones diferentes que se pueden dar en el proceso de aprendizaje.
- ❖ IMSConditions: Modela las reglas que permiten definir la adaptación.
- ❖ IMSLearningDesign: Modela el diseño de aprendizaje completo que engloba a los elementos anteriores.

La Figura 73 y la Figura 74 muestran las clases pertenecientes a los paquetes Empaquetamiento y Ejecución.

Las clases que componen el paquete Empaquetamiento se describen a continuación:

- ❖ EmpaquetadorCP: Representa un paquete que contiene los contenidos y el diseño instructivo. Permite realizar el empaquetamiento.
- ❖ Manifest: Representa la información sobre los contenidos del paquete.
- ❖ Recopilador: Se encarga de obtener los elementos que debe incluir el paquete.

Dentro del paquete Ejecución se observa la clase *Player* que se encarga de la comunicación con el reproductor y de la publicación y eliminación de contenidos del mismo.

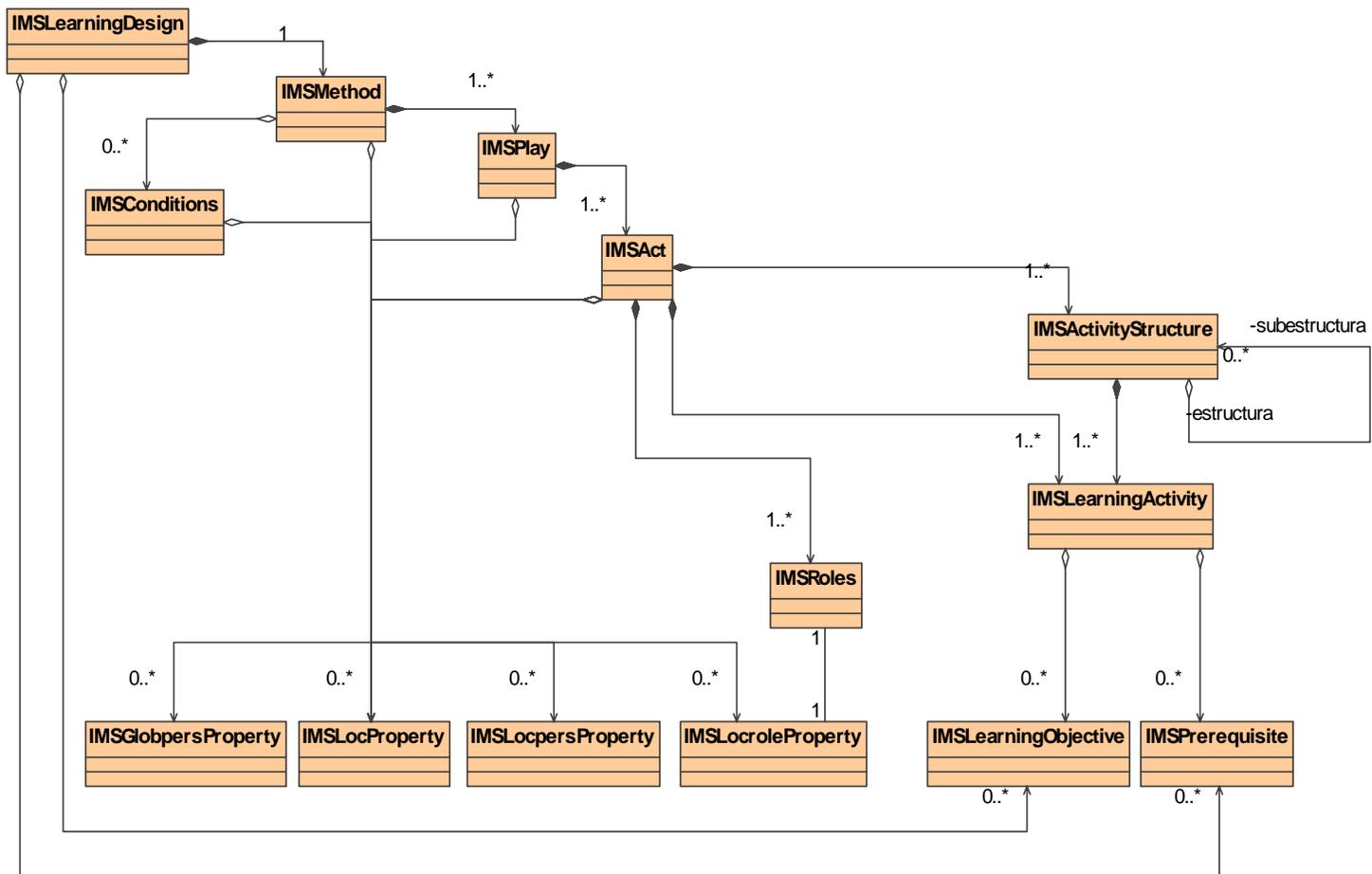


Figura 72. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete Diseño Aprendizaje

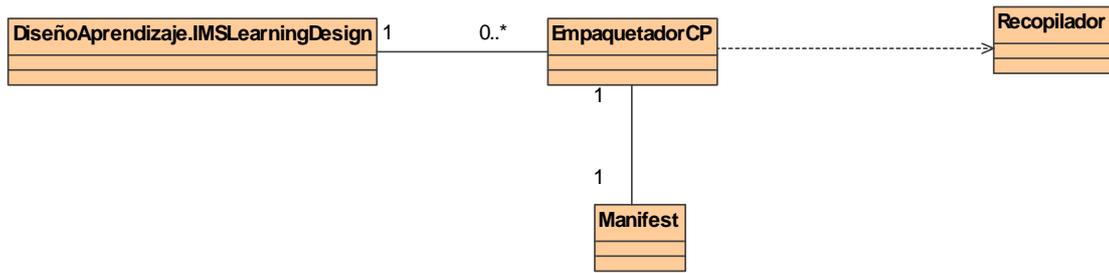


Figura 73. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete Empaquetamiento



Figura 74. Modelo conceptual: Diagrama de clases del paquete Ejecución

2. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN

Para facilitar la realización de cambios y mejoras, la arquitectura de la aplicación se ha estructurado en varias capas, la Figura 75 la ilustra:

- ❖ La capa de vista: Contiene ventanas, *widgets*, etc.
- ❖ La capa de modelo de la aplicación: Traduce los mensajes que entiende la interfaz gráfica en mensajes que entienden los objetos del modelo de dominio.
- ❖ La capa del modelo del dominio: Contiene la mayoría de los objetos. A partir de esta capa comienzan los objetos que con un buen diseño pueden reutilizarse.
- ❖ La capa de infraestructura: Incluye los objetos que se relacionan con los ficheros y entidades del exterior del sistema.

Por debajo de esta capa se encuentran las capas que conforman una aplicación Java como las capas de máquina virtual y la del sistema operativo.

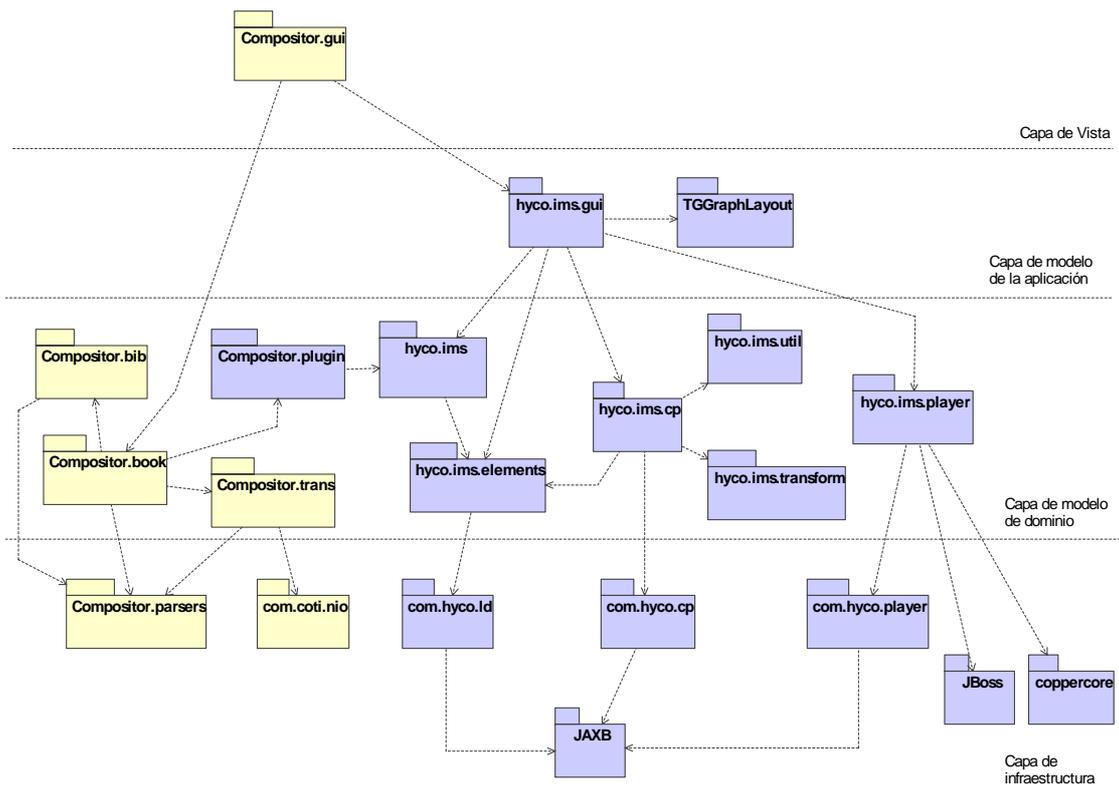


Figura 75. HyCo: Arquitectura por capas de la aplicación

Si se analiza cada capa desde la parte superior en dirección descendente, se comprueba que en la primera capa aparece el paquete de HyCo correspondiente a la interfaz gráfica de la herramienta.

Una capa por debajo de la de interfaz con la aplicación se encuentra la capa de modelo de la aplicación. Esta capa incluye al paquete `hyco.ims.gui` que contiene las clases de los manejadores de la interfaz gráfica de HyCo así como las clases que implementan la ayuda contextual y la generación de la vista de grafo para los elementos de los diseños instructivos.

Un nivel por debajo se encuentra la capa principal de la aplicación, la capa de modelo de dominio, que engloba la biblioteca de clases encargada de la gestión de los diseños de aprendizaje, del empaquetamiento y del *player*. A continuación se explican los paquetes que integran esta biblioteca.

2.1. Paquete Compositor.plugin

Este paquete incluye las clases que permiten a la aplicación principal soportar *plugins* de forma dinámica. El soporte de *plugins* permite la independencia de los componentes nuevos que se desarrollen de tal manera que la modificación de uno no suponga cambios en los demás. Para mostrar el correcto funcionamiento de esta arquitectura, se ha hecho que el soporte de diseños de aprendizaje, empaquetamiento y reproducción de los mismos sea un *plugin*. Si la aplicación comprueba que dispone de este plugin lo cargará de forma dinámica y permitirá el uso de su funcionalidad. En caso contrario, se cargará de forma normal.

La clase `PlugInRegistry` es la encargada de examinar, cargar y mantener los *plugins* de forma dinámica al principio de la aplicación y de notificar a los mismos los diferentes cambios que se produzcan.

La interfaz `HyCoPlugIn` especifica los métodos que una de las clases de cada *plugin* debe implementar para ser un *plugin* válido y que la comunicación entre aplicación y *plugin* se realice de forma correcta.

En el diagrama de la Figura 76 se observa que la relación existente entre `PlugInRegistry` y la interfaz `HyCoPlugIn` refleja la comunicación que la primera realiza con los distintos *plugins* a través de los métodos que define la segunda.



Figura 76. HyCo: Diagrama de clases *Compositor.plugin*

2.2. Paquete hyco.ims

La Figura 77 muestra el paquete que realiza la comunicación entre los diseños de instructivos, empaquetamientos y gestión del *player* con la aplicación principal.

La clase IMSManager implementa los métodos de la interfaz HyCoPlugIn del paquete Compositor.plugin para que la aplicación principal reconozca el *plugin* y pueda comunicarse con él. Esta clase actúa como fachada con la aplicación principal y realiza inicializaciones necesarias como crear un objeto ReferenceManager que gestione las referencias entre los elementos del diseño de aprendizaje.

Cabe mencionar que la clase IMSManager es una clase Singleton, sólo existe una instancia de la misma en tiempo de ejecución.

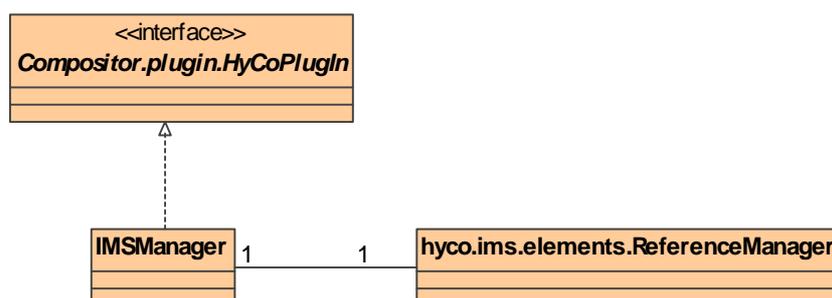


Figura 77. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims

2.3. Paquete hyco.ims.elements

Este paquete contiene las clases que realizan el tratamiento de los diseños instructivos. La Figura 72, presentada anteriormente, ilustra estructura jerárquica de los componentes de un diseño mostrando como los elementos de más alto nivel se componen de los elementos de bajo nivel.

En el nivel más bajo se encuentran las clases que representan las propiedades, los objetivos de aprendizaje y los prerrequisitos. Se puede observar, a través de relaciones de agregación, como tanto los objetivos, IMSLearningObjective, como los prerrequisitos, IMSPrerequisite, pueden formar parte de las actividades de aprendizaje y de un diseño completo.

Un nivel más arriba se sitúan las actividades de aprendizaje, IMSLearningActivity, y los roles, IMSRoles. Por encima de las actividades de aprendizaje se encuentran las estructuras de actividades, IMSActivityStructure que pueden estar compuestas de actividades o de subestructuras.

Los actos, IMSAct se relacionan con los roles y las actividades porque indican que actividades debe realizar cada rol definido. Los *plays*, IMSPlay, indican una secuencia de actos e IMSMethod indica una secuencia de *plays*. Se observa en el diagrama que los métodos pueden incluir reglas, IMSConditions. Se añade una clase RuleController encargada del control de creaciones de reglas. Esta clase controladora implementa una máquina de estados para realizar esta tarea y asegurar que las reglas creadas cumplen con la estructura correcta. Los métodos, *plays*, actos y reglas pueden incluir propiedades para indicar, por ejemplo, valores que se deben cambiar cuando finalicen.

En el nivel más alto se encuentra el diseño de aprendizaje completo, IMSLearningDesign. A este paquete pertenece también la clase ReferenceManager encargada del control de las referencias entre los elementos que se van construyendo de tal manera que se mantenga la integridad referencial y no se permita hacer referencia a elementos inexistentes.

2.4. Paquete hyco.ims.cp

La Figura 78 ilustra la composición del paquete que contiene las clases que realizan el empaquetamiento de los contenidos y los diseños instructivos.

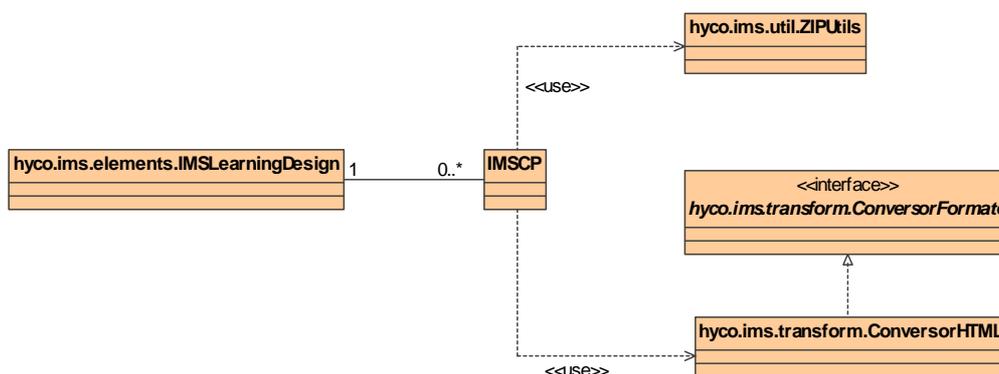


Figura 78. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims.cp

La clase IMSCP se encarga del empaquetamiento de diseños de aprendizaje en ficheros .zip que cumplan con IMS CP. Para realizar esta tarea, utiliza clases de utilidades como ZIPUtils (del paquete hyco.ims.util) que implementa métodos para la compresión y descompresión de archivos en formato .zip.

La clase IMSCP también hace uso de ConversorHTML. Esta clase, perteneciente al paquete hyco.ims.transform, implementa la interfaz ConversorFormato, y se encarga de transformar los contenidos creados con HyCo en formato XML a HTML. La estructura que se ha dado a estas clases permite una fácil extensión para permitir conversiones a otros formatos. Por ejemplo, si se desea incluir en el fichero .zip final los contenidos en formato PDF, solamente se debería incluir una nueva clase ConversorPDF que implemente la interfaz ConversorFormato y que realice la conversión a formato PDF.

2.5. Paquete hyco.ims.player

La Figura 79 muestra la composición del paquete que contiene las clases para la gestión del *player* de paquetes CP.

La única clase que se detalla es PlayerMediator que realiza las labores de mediación entre HyCo y el *player* automatizando diversas tareas. Las clases LDCourseManagerDelegate, PublicationResult, RunDto y UolDto pertenecen a los paquetes de clases del *player* CopperCore.

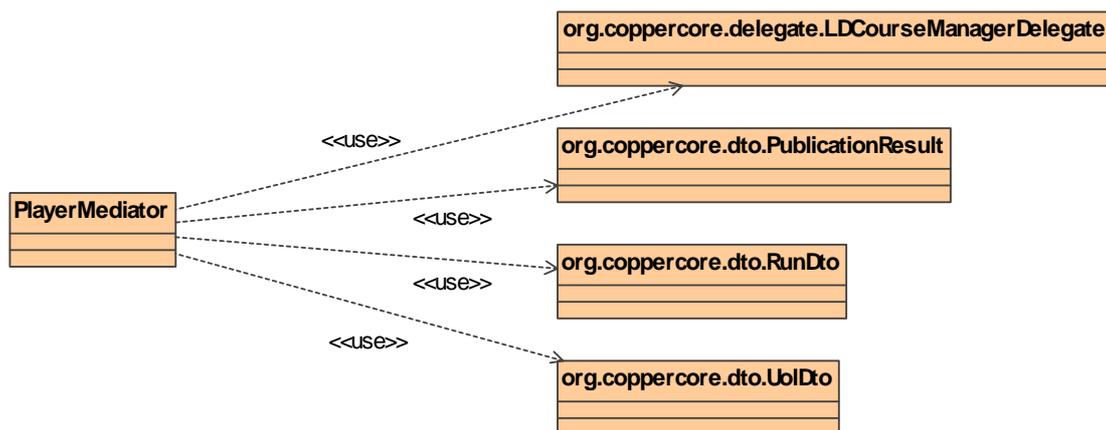


Figura 79. HyCo: Diagrama de clases hyco.ims.player

No se profundiza en el resto de paquetes de esta capa, ya que pertenecen a la versión 2.0 de HyCo y no han sufrido cambios.

La capa de infraestructura engloba los paquetes `com.hyco.ld`, `com.hyco.cp` y `com.hyco.player`. Estos paquetes contienen las clases generadas con JAXB (*Java API for XML Binding*) para el manejo de los ficheros XML.

3. DISEÑO DE DATOS

Como se ha mencionado con anterioridad, HyCo almacena la información de acuerdo con IMS LD para el diseño instructivo, con IMS CP para el empaquetamiento y con IMS LOM para los metadatos. Por tanto, la información de los diseños instructivos, sus elementos y el archivo *manifest*, incluido en cada paquete CP, se almacena mediante los esquemas XML que establecen cada una de estas especificaciones.

Queda fuera del alcance de este apéndice incluir los esquemas XML que utiliza IMS LD para almacenar el diseño instructivo (véase para ello (IMS LD, 2003)).

A manera ejemplo representativo a continuación se explica la estructura que esta especificación establece para almacenar las actividades de aprendizaje (véase la Figura 80). Dicha estructura establece las siguientes etiquetas:

- ❖ *learning-activity*. Etiqueta principal cuyos atributos almacenan el identificador de la actividad, la visibilidad y los parámetros.
- ❖ *title*. Almacena el título de la actividad.
- ❖ *learning-objectives*. Contiene los objetivos de aprendizaje de la actividad.
- ❖ *prerequisites*. Contiene los prerrequisitos de la actividad de aprendizaje.
- ❖ *activity-description*. Elemento de tipo item que almacena la descripción de la actividad.
- ❖ *complete-activity*. Almacena la información relativa a la finalización de la actividad. Se permiten dos alternativas: *user-choice* (cuando el usuario lo decida) o *time-limit* (en un tiempo establecido).

- ❖ *on-completion*: Almacena información sobre la acción que se realizará cuando finalice la actividad. Se permite la creación de una retroalimentación (etiqueta feedback de tipo *item*) o cambiar el valor de una propiedad.

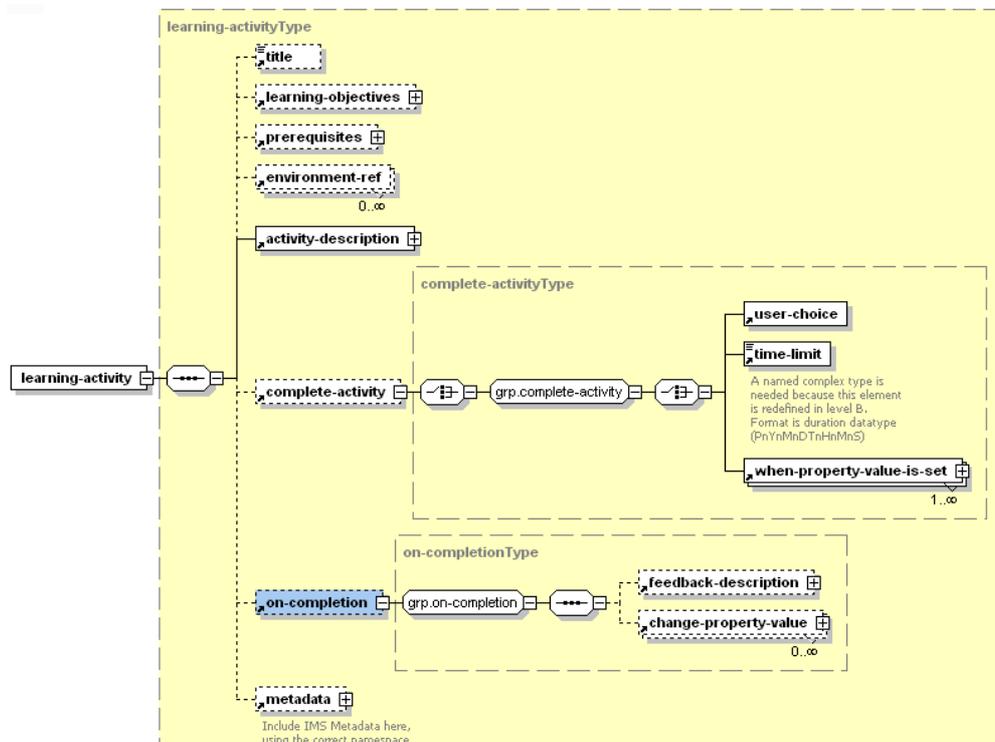


Figura 80. Estructura de almacenamiento para actividades de aprendizaje (IMS LD, 2003)

Una muestra de cómo HyCo almacena en XML una actividad de aprendizaje se ilustra en el siguiente fragmento:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes"?>
<learning-activity isvisible="true" parameters="" identifier="LA-1136155140304"
xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imsld_vlp0">
  <title>Introducción a IMS LD</title>
  <learning-objectives>
    <item identifier="LOB-1" parameters=";http://www.imsglobal.org"
isvisible="true">
      <title>El alumno identificará los elementos de IMS LD </title>
    </item>
  </learning-objectives>
```

```
<activity-description>
  <item parameters=";; file://1.dat" isvisible="true">
    <title>Tener conocimientos de LD</title>
  </item>
</activity-description>
<complete-activity>
  <time-limit>POY0MODT0H10M0S</time-limit>
</complete-activity>
<on-completion>
  <feedback-description>
    <item parameters=";;" isvisible="true">
      <title/>
    </item>
  </feedback-description>
</on-completion>
</learning-activity>
```

Nótese que, siguiendo la metáfora del Lego (véase el apartado 4.3.2), HyCo permite que las actividades de aprendizaje ensamblen diferentes componentes creados con anterioridad, en este caso los objetivos de aprendizaje y prerequisites. Además, la descripción de la actividad se encuentra en el archivo 1.dat que puede generarse desde el editor de HyCo.

CASO PRÁCTICO: FORMULARIO DE RETROALIMENTACIÓN

Este apéndice contiene el formulario de retroalimentación que se utilizó para conocer la opinión de los alumnos que participaron en el caso práctico.

Cuestionario de retroalimentación

Lección: Objetos de aprendizaje y metadatos

Curso: Nuevas tecnologías en contextos de formación

Por favor, responde a las siguientes cuestiones:

(1) Tu experiencia como alumno en ambientes de *e-learning* es

Nula	Muy poca	Poca	Bastante	Mucha
------	----------	------	----------	-------

(2) Tu experiencia como profesor o diseñador instruccivo en ambientes de *e-learning* es

Nula	Muy poca	Poca	Bastante	Mucha
------	----------	------	----------	-------

(3) Tu experiencia en la creación de contenidos para *e-learning* es

Nula	Muy poca	Poca	Bastante	Mucha
------	----------	------	----------	-------

(4) Antes de empezar la lección, ¿qué tan familiarizado estabas con los temas tratados en esta lección (objetos de aprendizaje, metadatos, estándares, etc.)?

Nada	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
------	----------	------	----------	-------

(5) ¿Qué tan adecuado a tu perfil y conocimientos iniciales consideras el material de estudio presentado en esta lección?

Nada	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
------	----------	------	----------	-------

¿Por qué?

Comentarios

(6) ¿El material presentado en esta lección te ayudó a familiarizarte con los objetos de aprendizaje, metadatos y estándares para *e-learning*?

Nada	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
------	----------	------	----------	-------

¿Por qué?
Comentarios

(7) Las actividades de aprendizaje que realizaste en esta lección (discusión, folio de trabajo, etc.) ¿te ayudaron a familiarizarte con los objetos de aprendizaje, metadatos y estándares para *e-learning*?

Nada	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
------	----------	------	----------	-------

¿Por qué?
Comentarios

(8) ¿Te gustaría tener control sobre el material que se presentó en la lección (por ejemplo, poder decidir qué temas estudiar antes que otros)?

Nada	Muy poco	Poco	Bastante	Mucho
------	----------	------	----------	-------

¿Por qué?
Comentarios

(9) ¿Tuviste algún problema técnico durante el desarrollo del curso?

 SI NO

Comentarios

Gracias por tu participación

CASO PRÁCTICO: FOLIO DE TRABAJO

Este apéndice contiene el folio de trabajo utilizado por los alumnos para anotar los resultados de las actividades de aprendizaje que llevaron a cabo durante el caso práctico.

Folio de Trabajo

Lección: Objetos de aprendizaje y metadatos

Curso: Nuevas tecnologías en contextos de formación

Nombre:

(1) Objetos de Aprendizaje

Escribe tres ejemplos de objetos de aprendizaje

1.

2.

3.

(2) Metadatos

Describe un objeto de aprendizaje en IEEE LOM (adjunta otro folio si es necesario)

(3) Repositorios

El área o tema que seleccionaste es:

Describe brevemente los enlaces de los tres objetos de aprendizaje que encontraste:

1. Nombre:

URL:

Descripción:

2. Nombre

URL:

Descripción:

3. Nombre

URL:

Descripción:

(4) Estándares y especificaciones para *e-learning*

1. Menciona las dudas sobre los estándares y especificaciones de *e-learning* y las organizaciones involucradas en su desarrollo.

2. Menciona las dudas sobre los estándares y especificaciones de *e-learning* que se discutieron en tu grupo de trabajo (adjunta otro folio si es necesario).

E . G L O S A R I O

Actividad de aprendizaje	Acción o tarea que se llevará a cabo para alcanzar un objetivo de aprendizaje.
Actividad de soporte	Tarea que se realizará por el personal que apoya o guía el proceso de aprendizaje.
Acto	Contiene las actividades que realizarán los roles. Se identifica con un <i>role-part</i> el cual asigna una actividad de aprendizaje a un rol.
Contexto	Contiene los objetos de aprendizaje, servicios y sub-contextos que se utilizarán en las actividades de aprendizaje.
Diseño Instructivo	Conocimiento que emplean los profesores o diseñadores cuando definen la instrucción.
Diseño Instructivo Adaptativo (DIA)	Unidad de aprendizaje que contiene elementos que permiten proveer a cada estudiante de un flujo de aprendizaje que considera una o más condiciones de personalización definidas previamente.
Empaquetar DIA	Acción de generar un paquete conforme a la especificación IMS CP que contiene un DIA y las referencias a los recursos utilizados.
Ensamblar DIA	Acción de seleccionar los componentes que formarán el DIA (i.e. método de instrucción para ciertos objetivos de aprendizaje y prerequisites).
Especificación para la definición de metadatos	Tecnología, formato o método para anotar metadatos

educativos	educativos que no ha sido aprobado por ningún organismo oficial de estandarización.
Estándar para la definición de metadatos educativos	Tecnología, formato o método para anotar metadatos educativos que ha sido ratificado por un organismo oficial de estandarización.
Estructuras de actividades de aprendizaje	Contenedor que agrupa actividades o estructuras de actividades de aprendizaje, e indica la forma en que se presentarán al estudiante.
IMS Learning Design (IMS LD)	Lenguaje de modelado educativo para definir LD. Define una notación pedagógicamente neutral que permite diseñar procesos que, con el fin de alcanzar un objetivo de aprendizaje, establecen qué actividades realizarán alumnos y profesores, en qué momento, con qué recursos didácticos o servicios y bajo qué condiciones.
<i>Learning Design (LD)</i>	Describe un método de enseñanza que permitirá a los estudiantes mediante la realización de determinadas actividades de aprendizaje dentro de un contexto con fines instructivos, conseguir ciertos objetivos de aprendizaje.
Metadatos	Datos sobre datos (definición más simple). Se utilizan para describir, administrar o estructurar OA.
Método de aprendizaje	Indican cuáles son los objetivos y prerrequisitos del flujo de aprendizaje y qué <i>plays</i> y reglas de adaptación formarán parte de él.
Objeto de Aprendizaje (OA)	Cualquier recurso digital que se desee incluir en un elemento de un DIA. Según el IEEE LOM: “Cualquier entidad, digital o no digital, que puede utilizarse para aprender, educar o formar”.

Perfiles de aplicación	Combinación de uno o más estándares o especificaciones para crear nuevos esquemas dirigidos a situaciones específicas pero que, sin embargo, no agregan nuevos elementos.
Play	Indica, dentro de un DIA, qué roles deben realizar qué actos en qué orden.
Propiedades de personalización	VARIABLES (e.g. estilo de aprendizaje, conocimientos, preferencias, etc.) que se consideran para ajustar el DIA a las características de los alumnos.
Regla de adaptación	Enunciado que contiene las condiciones que se tomarán en cuenta para personalizar el DIA según las características deseadas.
Roles	Representan e identifican a los participantes del DIA.
Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA)	Sistemas o aplicaciones que presentan información y recorridos adecuados a las características de cada usuario, guiándolos en la navegación y en el descubrimiento y manejo de información relevante.
Sistemas Hipermedia Adaptativos con fines Educativos (SHAE)	Sistemas que, con la intención de facilitar la adquisición del conocimiento, personalizan el proceso de aprendizaje presentando contenidos educativos y recorridos apropiados a las metas educativas, formación previa, características individuales o nivel de conocimiento de cada estudiante.
Tecnologías de mercado para metadatos educativos	Identificar y anotar de manera homogénea técnicas, métodos y elementos relacionados con la formación, con el objetivo de facilitar su intercambio, distribución y reutilización en diferentes sistemas y cursos.
Unidad de Aprendizaje (UdA)	Unidad de formación completa y auto-contenida, como por ejemplo, un curso o una lección.

F. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

.zip	<i>Zip file compressed archive</i>
[LD]	<i>Learner Demographics</i> (características demográficas), conjunto de
[LOB]	<i>Learning Objectives</i> (objetivos de aprendizaje), conjunto de
[LP]	<i>Learner Preferences</i> (preferencias del estudiante), conjunto de
[MC]	<i>Media Characteristics</i> (características del medio), conjunto de
[PRE]	<i>PREquisites</i> (prerrequisitos), conjunto de
AC	<i>Adaptive Component</i> (componente de adaptación)
ACT	<i>Act</i> (acto)
ADL	<i>Advanced Distributed Learning initiative</i>
AGR	<i>AICC Guidelines and Recommendations</i>
AH	<i>Adaptive Hypermedia</i>
AICC	<i>Aviation Industry CBT Committee</i>
AS	<i>Activity Structures</i> (estructuras de actividades de aprendizaje)
BNF	<i>Backus Naur Form</i> (<i>Backus Naur notation</i>)
CBT	<i>Computer Based Training</i>
CEN/ISSS LTS	<i>Learning Technology Workshop of the European Committee for Standardization</i>

DIA	Diseño Instructivo Adaptativo
DOCS	<i>Documents</i> (documentos)
EML	<i>Educational Modelling Language</i>
EN	<i>Environment</i> (contexto)
GRIAL	GRupo de investigación en InterAcción y <i>eLearning</i> (GRIAL)
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
HyCo	<i>Hypermedia Composer</i>
HyCo-LD	<i>Hypermedia Composer - Learning Design Editor</i>
HyCo-LOM	<i>Hypermedia Composer - Learning Object Metadata Editor</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.</i>
IEEE API	<i>IEEE Standard for Learning Technology. API for Content to Runtime Services Communication</i>
IEEE Data-Model	<i>IEEE draft Standard for Learning Technology. Data Model for Content Object Communication</i>
IEEE LOM	<i>IEEE Standard for Learning Object Metadata</i>
IEEE LTSC	<i>IEEE Learning Technology Standard Committee</i>
IEEE PAPI	<i>IEEE Draft Standard for Learning Technology Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)</i>
IMS	<i>IMS Global Learning Consortium, Inc. (Originalmente Instructional Management Systems project)</i>
IMS CP	<i>IMS Content Packaging Specification</i>

IMS DR	<i>IMS Digital Repositories Interoperability Specification</i>
IMS EP	<i>IMS ePortfolio Specification</i>
IMS LD	<i>IMS Learning Design Specification</i>
IMS LIP	<i>Learner Information Package Specification</i>
IMS LOM	<i>IMS Learning Resources Metadata Specification</i>
IMS QTI	<i>IMS Question and Test Interoperability Specification</i>
IMS RDCEO	<i>IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective Specification</i>
IMS SS	<i>IMS Simple Sequencing Specification</i>
LA	<i>Learning Activity</i> (actividad de aprendizaje)
LD	<i>Learning Design</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
LO	<i>Learning Object</i>
LOB	<i>Learning Objective</i> (objetivo de aprendizaje)
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
MET	<i>Method of learning</i> (método de aprendizaje)
MPEG	Vídeo o audio (formato)
OA	Objeto de Aprendizaje
OBS	<i>Observations</i> (observaciones)
OUNL-EML	<i>Educational Modelling Language</i> de la <i>Open University of the Netherlands</i> (OUNL)

PDF	<i>Portable Document Format</i>
PLY	<i>Plays</i>
PP	<i>Personalization properties</i> (propiedades de personalización)
PRE	<i>Prerequisites</i> (prerrequisitos)
R	<i>Role</i> (rol)
RP	<i>Role-part</i>
RTF	<i>Rich Text Format</i>
RUL	<i>Rule</i> (regla de adaptación)
SA	<i>Support Activity</i> (actividad de soporte)
SCO	<i>SCORM Sharable Content Object</i>
SCORM	<i>Sharable Content Object Reference Model</i>
SCORM CAM	<i>SCORM Content Aggregation Model book</i>
SCORM RTE	<i>SCORM Run-Time Environment book</i>
SCORM SN	<i>SCORM Sequencing and Navigation book</i>
SHA	Sistema Hipermedia Adaptativo
SHAE	Sistema Hipermedia Adaptativo con fines Educativos
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i> (formato)
TXT	Texto (formato)
UdA	Unidad de Aprendizaje
UK LOM	<i>UK Learning Object Metadata Core</i>

UM	<i>User Model (modelo del usuario)</i>
UoL	<i>Unit of Learning</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VARK	<i>Visual, Auditory, Read/Write, Kinaesthetic</i>
XHTML	<i>eXtensible HyperText Markup Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

REFERENCIAS

ADL. (2005). *Advanced Distributed Learning*. Retrieved January, 2006, from <http://www.adlnet.org>.

AICC. (2005). *Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee*. Retrieved November, 2005, from <http://www.aicc.org>.

Allert, H., Dhraief, H., & Nejdil, W. (2002). Meta-Level Category "Role" in Metadata standards for learning. In A. Clarke, C. Fencott, C. Lindley, G. Mitchell & F. Nack (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Computational Semiotics for Games and New Media. COSIGN 2002*.

ARIADNE. (2004). *Foundation for the European Knowledge Pool*. Retrieved November, 2005, from <http://www.ariadne-eu.org>.

Armstrong, R., Freitag, D., Joachims, T., & Mitchell, T. (1995). WebWatcher: A learning apprentice for the World Wide Web. In *Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Information Gathering from Distributed, Heterogeneous Environments* (pp. 6-12): AAAI Press.

Bailey, C., Hall, W., Millard, D., & Weal, M. (2002). Towards Open Adaptive Hypermedia. In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 36-46). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Ballacker, K., Lawrence, S., & Giles, L. (2000). Discovering Relevant Scientific Literature on the Web. *IEEE Intelligent Systems*, 15(2), 42-47.

Barbosa, H., & García, F. J. (2005). Importance of Online Assessment in the E-Learning Process. In *Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2005* (pp. F3B-1-F3B-6): IEEE Computer Society Press.

Berlanga, A., & García, F. (2004a). Towards Semantic Metadata for Learning Elements. In Y. Akpınar (Ed.) *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2004* (pp. 572-577): IEEE Press.

Berlanga, A., & García, F. J. (2004b). Towards Adaptive Learning Designs. In P. De Bra & W. Nejdil (Eds.), *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. 3rd International Conference, AH 2004* (Vol. 3137, pp. 373-375). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2004c). A Open Model to define Adaptive Educational Hypermedia Systems based on Learning Technology Specifications. In *Proceedings of the 3rd*

International Workshop on Web Semantics, WebS 2004. 15th International Database and Expert Systems Applications, DEXA 2004 (pp. 198-2002): IEEE Computer Society Press.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2004d). Towards Reusable Adaptive Rules. In *Proceedings of the Workshop on Adaptive Hypermedia and Collaborative Web-based Systems. AHCW-04. Held in conjunction with the 4th International Conference, ICWE 2004*: CD-ROM.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005a). Authoring Tools for Adaptive Learning Designs in Computer-Based Education. In *Proceedings of the 2005 Latin American Conference on Human-Computer Interaction. CLIHC 2005* (Vol. 124, pp. 190-201). New York, USA: ACM Press.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005b). IMS LD reusable elements for adaptive learning designs. In C. Tattersall & R. Koper (Eds.), *Journal of Interactive Media in Education*: 11, August 2005.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005c). Learning technology specifications: semantic objects for adaptive learning environments. *Int. J. Learning Technology*, 1(4), 458–472.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005d). Modelling Adaptive Navigation Support Techniques Using the IMS Learning Design Specification. In S. Reich & M. Tzagarakis (Eds.), *Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia. HT'05* (pp. 148-150). New York, NY, USA: ACM Press.

Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005e). Using IMS LD for Characterizing Techniques and Rules in Adaptive Educational Hypermedia Systems. In R. Koper, C. Tattersall & D. Burgos (Eds.), *Proceedings of the Current research on IMS Learning Design UNFOLD/Prolearn Workshop* (pp. 61-79). Heerlen: Open University of The Netherlands.

Berlanga, A. J., García, F. J., & Carabias, J. (2005). IMS Learning Design: Hacia la Descripción Estandarizada de los Procesos de Enseñanza. En M. Ortega (Ed.), *Actas del Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en la Educación, SINTICE'2005. Congreso Español de Informática, CEDI 2005* (pp. 95-102). Thomson.

Berners-Lee, T. (1996). WWW: Past, Present and Future. *IEEE Computer*, 29(10), 69-77.

Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 34-43.

Billsus, D., Pazzani, M. J., & Chen, J. (2000). A Learning Agent for Wireless News Access. In *Proceedings of the 2000 International Conference on Intelligent User Interfaces* (pp. 33-36). New York, NY: ACM Press.

Bray, T., Paoli, J., Sperberg-MacQueen, C. M., Maler, E., & Yergeau, F. (Eds.). (2004). *Extensible Markup Language (XML) (3rd Ed.) v1.0. World Wide Web Consortium*

Recommendation. Retrieved January, 2006 from <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204>.

Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129.

Brusilovsky, P. (1998). Web-based Education for All: A Tool for Development Adaptive Courseware. *Computer Networks and ISDN Systems (Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference. WWW'98)*, 30(1-7), 291-300.

Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 11, 87-110.

Brusilovsky, P. (2003). Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools. In T. Murray, S. Blessing & S. Ainsworth (Eds.), *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment*. (pp. 377-410). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Brusilovsky, P., & Nejdil, W. (2004). Adaptive Hypermedia and Adaptive Web. In M. P. Singh (Ed.), *Practical Handbook of Internet Computing* (pp. 1-1;1-12). Baton Rouge, USA: Chapman & Hall/ CRC Press.

Brusilovsky, P., Pesin, L., & Zyryanov, M. (1993). Towards an Adaptive Hypermedia Component for an Intelligent Learning Environment. In *Proceedings of the Selected papers from the 3rd International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 348-358): LNCS. Springer-Verlag.

Brusilovsky, P., Schwarz, E., & Weber, G. (1996a). ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. In C. Frasson, G. Gauthier & A. Lesgold (Eds.), *Proceedings of the Intelligent Tutoring Systems. ITS'96* (Vol. 1086, pp. 261-269). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Brusilovsky, P., Weber, G., & Schwarz, E. (1996b). A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on WWW. In *Proceedings of the AACE WebNet-96* (pp. 64-69). Charlottesville, VA: AACE.

Bush, V. (1945). As we may think. *Atlantic Monthly*, 176(1), 641-649.

Cabrero, J., & Gisbert, M. (2002). *Materiales formativos multimedia en la Red. Guía práctica para su diseño*: Universidad de Sevilla.

Calvi, L., & De Bra, P. (1997). Using Dynamic Hypertext to Create Multi-Purpose Textbooks. In T. Müldner & T. C. Reeves (Eds.), *Proceedings of the WorldConference on Educational Multimedia/Hypermedia and World Conference on Educational Telecommunications. ED-MEDIA/ED-TELECOM'97* (pp. 130-135). Charlottesville, VA: AACE.

Caplan, P. (2003). *Metadata Fundamentals for All Librarians*. Chicago: American Library Association.

Carabias, J. (2003). Compositor de Recursos Hipermedia v2.0. Proyecto de carrera. Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas: Universidad de Salamanca.

Carabias, J. (2006). Compositor de Recursos Hipermedia con capacidad de creación de diseños instruccionales (HyCo 3.0). Proyecto de fin de carrera. Ingeniería en Informática: Universidad de Salamanca.

Carro, R., Ortigosa, A., & Schlichter, J. (2003). Integrando Colaboración y Adaptación en Cursos Accesibles a Través de Internet. In *Proceedings of the IV Congreso Interacción Persona Ordenador. Interacción 2003*: CD-ROM.

Carro, R. M. (2001). *Un mecanismo basado en tareas y reglas para la creación de sistemas hipermedia adaptativos: aplicación a la educación a través de Internet*. Unpublished PhD Thesis, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

Carro, R. M., Pulido, E., & Rodríguez, P. (1999). TANGOW: Task-based Adaptive learner Guidance On the WWW. In P. Brusilovsky & P. De Bra (Eds.), *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the Web at the 8th International World Wide Web Conference* (Vol. CS-Report 99-07, pp. 49-57). Eindhoven: TUE. http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/WWWUM99_workshop/carro/carro.html.

Carro, R. M., Pulido, E., & Rodríguez, P. (2000). A Tool for the Construction of Adaptive Web sites. *INFORMATIK-INFORMATIQUE*, 5.

CETIS (2005). *Centre for Educational Technology Interoperability Standards*. Retrieved January, 2006 from <http://www.cetis.ac.uk>.

Cini, A., & Valdeni de Lima, J. (2002). Adaptivity Conditions Evaluation for the User of Hypermedia Presentations Built with AHA! In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 490-493). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Conlan, O., Dagger, D., & Wade, V. (2002). Towards a Standards-based Approach to e-Learning Personalization using Reusable Learning Objects. In *Proceedings of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education. E-Learn'2002* (pp. 210-217). Charlottesville, VA: AACE.

Conlan, O., Honey, P., Lefrere, P., Wade, V., & Albert, D. (2001). Extending Educational Metadata Schemas to Describe Adaptive Learning Resources. In *Proceedings of the 12th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia. HT'01* (pp. 161-162). New York, NY: ACM Press.

Conlan, O., Wade, V., Bruen, C., & Gargan, M. (2002). Multi-Model, Metadata Driven Approach to Adaptive Hypermedia Services for Personalized eLearning. In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 100-111). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

CopperAuthor. (2005). *SourceForge site*. Retrieved January, 2006, from <http://sourceforge.net/projects/copperauthor>.

CopperCore. (2005). *SourceForge site*. Retrieved January, 2006, from <http://www.coppercore.org>.

Cristea, A. I. (2004). What can the Semantic Web do for Adaptive Educational Hypermedia? *Educational Technology & Society*, 7(4), 40-58.

Cristea, A. I., & Aroyo, L. (2002). Adaptive Authoring of Adaptive Educational Hypermedia. In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 122-132). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Cristea, A. I., & Calvi, L. (2003). The Three Layers of Adaptation Granularity. In P. Brusilovsky, A. T. Corbett & F. De Rosis (Eds.), *Proceedings of the User Modeling 2003, 9th International Conference, UM 2003*. (Vol. 2702, pp. 4-14). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Cristea, A. I., & De Bra, P. (2002). ODL Education Environments based on Adaptivity and Adaptability. In *Proceedings of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education. E-Learn'2002* (pp. 232-239). Chesapeake, VA: AACE.

Cristea, A. I., & De Mooij, A. (2003). LAOS: Layered WWW AHS Authoring Model with Algebraic Operators. In *Proceedings of the 12th World Wide Web Conference. WWW2003. Alternate Paper Tracks*.

Cristea, A. I., & Kinshuk. (2003). Considerations on LAOS, LAG and their Integration in MOT. In D. Lassner & C. McNaught (Eds.), *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. ED-MEDIA'03* (pp. 511-518). Norfolk, USA: AACE.

Cristea, A. I., & Verschoor, M. (2004). The LAG Grammar for Authoring the Adaptive Web. In *Proceedings of the International Conference on Information Technology, ITCC'04* (Vol. 1, pp. 382-386). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.

Dagger, D., Wade, V., & Conlan, O. (2004). Developing Active Learning Experiences for Adaptive Personalised eLearning. In P. De Bra & W. Nejdl (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2004* (Vol. 3137, pp. 55-64). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

DCMI Metadata Terms (2004). *Dublin Core Metadata Initiative*. Retrieved November, 2005 from <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms>.

De Bra, P. (2000). Pros and Cons of Adaptive Hypermedia in Web-based Education. *Journal on CyberPsychology and Behavior*, 3(1), 71-77.

De Bra, P., Aerts, A., Smits, D., & Stash, N. (2002a). AHA! meets AHAM. In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 388-391). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

De Bra, P., Aerts, A., Smits, D., & Stash, N. (2002b). AHA! The Next Generation. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia* (pp. 21-22). New York, NY: ACM Press.

De Bra, P., Aroyo, L., & Chepegin, V. (2004a). The Next Big Thing: Adaptive Web-Based Systems. *Journal of Digital Information*, 5(1).

De Bra, P., Brusilovsky, P., & Houben, G. J. (1999a). Adaptive Hypermedia: From Systems to Framework, *ACM Computing Surveys* (Vol. 31). New York, USA: ACM Press.

De Bra, P., & Calvi, L. (1998a). 2L670: A Flexible Adaptive Hypertext Courseware System. In *Proceedings of the 9th ACM conference on Hypertext and Hypermedia. HT'98* (pp. 283-284). New York, NY: ACM Press.

De Bra, P., & Calvi, L. (1998b). AHA: a Generic Adaptive Hypermedia System. In P. Brusilovsky & P. De Bra (Eds.), *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia* (Vol. CSN 98-12, pp. 5-12). Eindhoven: TUE. <http://wwwis.win.tue.nl/ah98/DeBra.html>.

De Bra, P., Houben, G. J., & Wu, H. (1999b). AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia. In *Proceedings of the 10th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia. HT'99* (pp. 147-156). New York, NY: ACM Press.

De Bra, P., & Ruiter, J. P. (2001). AHA! Adaptive Hypermedia for All. In *Proceedings of the AACE WebNet Conference. WebNet2001* (pp. 262-268). Charlottesville, VA: AACE.

De Bra, P., Stash, N., & Smits, D. (2004b). Creating Adaptive Textbooks with AHA! (An Interactive RoundTable). In *Proceedings of the AACE ELearn'2004 Conference* (pp. 2588-2593). Charlottesville, VA.

Dolog, P., Gavrioloie, R., Nejd, W., & Brase, J. (2003). Integrating Adaptive Hypermedia Techniques and Open RDF-based Environments. In *Proceedings of the 12th World Wide Web Conference. Alternate Track. WWW'03*.

Dolog, P., & Nejd, W. (2003). Challenges and Benefits of the Semantic Web for User Modelling. In P. De Bra, H. Davis, J. Kay & m. schraefel (Eds.), *Proceedings of the Workshop on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. AH2003. 12th World Wide Web Conference, WWW'03* (pp. 99-111). Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

Downes, S. (2003). *Design, Standards and Reusability*. Canada. Retrieved November, 2005, from <http://www.downes.ca/cgi-bin/website/view.cgi?dbs=Article&key=1059622263>.

Duffy, T., & Jonassen, D. (1992). Constructivism: New Implications for Instructional Design. In T. Duffy & D. Jonassen (Eds.), *Constructivism and the Technology of Instruction. A Conversation* (pp. 1-16): Lawrence Erlbaum Associates.

Duval, E. (2002). *Learning Technology Standardization: Too Many? Too Few?* Leuven, Belgium: Dept. Computerwetenschappen, K.U.Leuven. Retrieved November, 2005, from http://www.rz.uni-frankfurt.de/neue_medien/standardisierung/duval_text.pdf.

Duval, E., & Hodgins, W. (2004). *Metadata Matters*. Retrieved November, 2005, from <http://rubens.cs.kuleuven.ac.be:8989/mt/blogs/ErikLog>.

e-Learning Consortium. (2002). *Making Sense of Learning Specifications & Standards: A Decision Maker's Guide to their Adoption (1st Edition)*. Saratoga Springs NY: MASIE Center. E-learning Consortium.

e-Learning Consortium. (2003). *Making Sense of Learning Specifications & Standards: A Decision Maker's Guide to their Adoption (2nd Edition)*. Saratoga Springs NY: MASIE Center. E-learning Consortium.

Eklund, J., Brusilovsky, P., & Schwarz, E. (1997). Adaptive Textbooks on the WWW. In H. Ashman, P. Thistewaite, R. Debreceny & A. Ellis (Eds.), *Proceedings of the 3rd Australian Conference on the World Wide Web. AUSWEB97* (pp. 186-192): Southern Cross University Press.

eLive GmbH. (2005). *e-Live LD Suite*. Retrieved January, 2006, from <http://www.elive-ld.com>.

Etesse, C. (2004). *Leading the Way on Standards-Based e-Learning. Blackboard White Paper*. Retrieved May, 2005, from http://www.blackboard.com/docs/wp/Bb_Whitepaper_Standards_Leading_The_Way.pdf.

Farance, F. (2003). IEEE LOM Standard Not Yet Ready For "Prime Time". *Learning Technology Newsletter*, 5(1).

Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.

Felder, R. M., & Soloman, B. A. (1999). *Index of Learning Styles Questionnaire*. North Carolina State University. Retrieved February, 2005, from <http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>.

Friesen, N. (2002). *E-learning Standardization: An Overview*. Retrieved November, 2005, from http://www.cancore.ca/e-learning_standardization_overview.doc.

Friesen, N., Fischer, S., & Roberts, A. (2004). *CanCore Guidelines for the Implementation of Learning Object Metadata (IEEE 1484.12.1-2002) v.2*. Retrieved November, 2005, from <http://www.cancore.ca>.

Friesen, N., & Nirhamo, L. (2003). *Survey of LOM Implementations: Preliminary Report* (No. ISO/IEC JTC1 SC36 WG4 N0057).

Gagné, R., & Briggs, L. (1979). *Principles of Instructional Design*. New York, N.Y. USA: Holt, Rinehart & Winston Inc.

García, F. J., Berlanga, A. J., Moreno, M. N., García, J., & Carabias, J. (2004). HyCo – An Authoring Tool to Create Semantic Learning Objects for Web-Based E-learning Systems. In N. Koch, P. Fraternali & M. Wirsing (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Web Engineering. ICWE 2004* (Vol. 3140, pp. 344-348). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

García, F. J., Carabias, J., Gil, A. B., García, J., & Berlanga, A. J. (2004). Facilidades de Interacción en la Herramienta de Autor HyCo para la Creación de Recursos Docentes. In J. L. Vidal & R. N. Prieto (Eds.), *Proceedings of the V Congreso Interacción Persona Ordenador. Interacción 2004* (pp. 113-120).

García, F. J., & García, J. (2005). Educational Hypermedia Resources Facilitator. *Computers & Education*, 3, 301-325.

Gaudioso, E. (2002). *Contribuciones al modelado del usuario en entornos adaptativos de aprendizaje y colaboración a través de Internet mediante técnicas de aprendizaje automático*. Universidad de Educación a Distancia, Madrid, España.

Gorissen, P., & Tattersall, C. (2005). A Learning Design Worked Example. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 341-365). The Netherlands: Springer Verlag.

Griffiths, D., Blat, J., Elferink, R., & Zondergeld, S. (2005). Open Source and IMS Learning Design: Building the Infrastructure for eLearning. In *Proceedings of the First International Conference on Open Source Systems* (pp. 329-333).

Halasz, F. G., & Schwartz, M. (1990). The Dexter Hypertext Reference Model. In *Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop*: National Institute of Standards and Technology.

Henze, N. (2003). From Web-Based Educational Systems to Education on the Web: On the Road to the Adaptive Web. In V. Palade, R. J. Howlett & L. C. Jain (Eds.), *Proceedings of the Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. 7th International Conference. KES-2003* (Vol. 2774, pp. 297-303). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Henze, N., Naceur, K., Nejd, W., & Wolpers, M. (1999). Adaptive Hyperbooks for Constructivist Teaching. *KI-Themenheft, 4*.

Henze, N., & Nejd, W. (1999). Adaptivity in the KBS Hyperbook System. In P. Brusilovsky & P. De Bra (Eds.), *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the Web at the 8th International World Wide Web Conference* (Vol. CS-Report 99-07, pp. 67-74). Eindhoven: TUE.
http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/WWWUM99_workshop/henze/henze.html

Henze, N., & Nejd, W. (2003). *Logically Characterizing Adaptive Educational Hypermedia Systems. Extended Technical Report*. University of Hannover. Retrieved May, 2004, from <http://www.kbs.uni-hannover.de/Arbeiten/Publikationen/2003/TechReportHenzeNejd.pdf>.

Hodgins, W. (2004). The Future of Learning Objects. In *Proceedings of the PGL Workshop on e-learning Objects & Systems*: Available at: http://grove.ufl.edu/~pgl/events/Hodgins/future_lo.pdf.

Holt, P., Dubs, S., Jones, M., & Greer, J. (1994). The state of student modelling. In J. E. Greer & G. I. McCalla (Eds.), *Student modelling: The key to individualized knowledge-based instruction* (Vol. 125, pp. 3–38). Berlin: Springer Verlag.

Honey, P., & Mumford, A. (1992). *The Manual of Learning Styles*. Maidenhead, UK: Peter Honey Publications.

Höök, K., Karlgren, J., Wärn, A., Dahlbäck, N., Jansson, C., Karlgren, K., & Lemaire, B. (1996). A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction (Special issue on Adaptive Hypertext and Hypermedia)*, 6(2-3), 157-184.

Hummel, H., Manderveld, J., Tattersall, C., & Koper, R. (2004). Educational Modelling Language and Learning Design: New Opportunities for Instructional Reusability and Personalised Learning. *Int. J. Learning Technology*, 1(1), 111-126.

IEEE API. (2003). *IEEE 1484.11.2-2003 Standard for Learning Technology. API for Content to Runtime Services Communication*. Retrieved November, 2005, from <http://ltsc.ieee.org>.

IEEE Data Model. (2003). *IEEE P1484.11.1 Draft Standard for Learning Technology. Data Model for Content Object Communication*. Retrieved November, 2005, from <http://ltsc.ieee.org>.

IEEE LOM. (2002). *IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata*. Retrieved January, 2006, from <http://ltsc.ieee.org/wg12>.

IEEE PAPI. (2001). *IEEE P1484.2.1/D8, 2001-11-25 Draft Standard for Learning Technology Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)*. Retrieved November, 2005, from <http://jtc1sc36.org/doc/36N0175.pdf>.

IMS CP. (2004). *Content Packaging specification v1.1.4*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/content/packaging>.

IMS DR. (2003). *IMS Digital Repositories Interoperability v1*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/index.html>.

IMS EP. (2005). *ePortfolio v1*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/ep/index.html>.

IMS LD. (2003). *Learning Design specification v1*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/learningdesign>.

IMS LIP. (2003). *Learner Information Package specification v1*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/profiles>.

IMS LOM. (2001). *Learning Resource Metadata specification v1.1.2*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/metadata>.

IMS QTI. (2004). *Questions and Test Interoperability Specification. v1.2.2*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/question>.

IMS RDCEO. (2002). *Reusable Definition of Competency or Educational Objective Specification v1*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/competencies>.

IMS SS. (2003). *Simple Sequencing v1.0*. Retrieved January, 2006, from <http://www.imsglobal.org/simplesequencing>.

Kaplan, C., Fenwick, J., & Chen, J. (1993). Adaptive Hypertext Navigation based on User Goals and Context. *User Models and User Adapted Interaction*, 3, 193-220.

Karagiannidis, C., Sampson, D., & Cardinali, F. (2001). Integrating Adaptive Educational Content into Different Courses and Curricula. *Educational Technology & Society*, 4(3).

Kay, J., & Kummerfeld, R. J. (1994). An Individualised Course for the C Programming Language. In *Proceedings of the 2nd International World Wide Web Conference*. <http://archive.ncsa.uiuc.edu/SDG/IT94/Proceedings/Educ/kummerfeld/kummerfeld.html>.

Kobsa, A., Koenemann, J., & Pohl, W. (2001). Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships. *The Knowledge Engineering Review*, 16(2), 111-155.

Koch, N. (2000). *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems. Reference Model, Modeling Techniques and Development Process*. Unpublished PhD Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich.

Koch, N., & Rossi, G. (2002). Patterns for Adaptive Web Applications. In *Proceedings of the Seventh European Conference on Pattern Languages of Programs, EuroPlop 2002* (pp. 179-194).

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, N.J. USA: Prentice-Hall, Inc.

Koper, R. (2001). *Modelling Units of Study from a Pedagogical Perspective. The Pedagogical Metamodel behind EML*. Retrieved January, 2006, from <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>.

Koper, R. (2004). Use of the Semantic Web to Solve Some Basic Problems in Education, *Journal of Interactive Media in Education. Special Issue on Reusing Online Resources* (Vol. 6).

Koper, R. (2005). An Introduction to Learning Design. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 3-20). The Netherlands: Springer Verlag.

Koper, R., & Burgos, D. (2005). Developing Advanced Units of Learning Using Learning Design Level B. *International Journal on Advanced Technology for Learning*, 2(3).

Kravicik, M., & Specht, M. (2004a). Authoring Adaptive Courses: ALE Approach. *Advanced Technology for Learning*, 1(4), 215-220.

Kravicik, M., & Specht, M. (2004b). Flexible Navigation Support in the WINDS Learning Environment for Architecture and Design. In P. De Bra & W. Nejdl (Eds.), *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. 3rd International Conference, AH 2004* (pp. 156-165): LNCS. Springer.

Lamport, L. (1986). *LaTeX User's Guide and Document Reference Manual*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

Li, W. S., Vu, Q., Agrawal, D., Hara, Y., & Takano, H. (1999). PowerBookmarks: A System for Personalizable Web Information Organization, Sharing, and Management. *Computer Networks*, 31(11-16), 1375-1389.

- Lieberman, H. (1995). Letizia: An Agent that Assists Web Browsing. In *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence. IJCAI-95*. (pp. 924-929).
- Lieberman, H., van Dyke, N., & Vivacqua, A. (1999). Let's Browse: A Collaborative Browsing Agent. *Knowledge-Based Systems*, 12, 427-431.
- Littlejohn, A. (2003). Issues in Reusing Online Resources. In A. Littlejohn & S. B. Shum (Eds.), *Journal of Interactive Media in Education. Special Issue on Reusing Online Resources*.
- Macías, J. A., & Castells, P. (2001). Interactive Design of Adaptive Courses. In M. Ortega & J. Bravo (Eds.), *Computer and Education - Towards an Interconnected Society* (pp. 235-242). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McAndrew, P., & Weller, M. (2005). Applying Learning Design to Supported Open Learning. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 281-291). The Netherlands: Springer Verlag.
- Merrill, D. (1983). Component Display Theory. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models: A Overview of their current status* (pp. 279-333). Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum Assoc.
- Merrill, D. (1994). *Instructional Design Theory*. Englewood Cliffs, New Jersey. USA: Educational Technology Publications.
- Merrill, D. (2002). Instructional Strategies and Learning Styles: Which takes Precedence? In R. Reiser & J. Dempsey (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Technology*: Prentice Hall.
- Millard, D., Davis, H., Weal, M., Aben, K., & De Bra, P. (2003). AHA! meets Auld Linky: Integrating Designed and Free-form Hypertext Systems. In *Proceedings of the 14th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia. HT'03* (pp. 161-169). New York, NY: ACM Press.
- Mladenic, D. (2001). Using Text Learning to Help Web Browsing. In M. Smith, G. Salvendy, D. Harris & R. J. Koubek (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Human-Computer Interaction. HCI International'2001* (Vol. 1, pp. 893-897). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Morales, E., & García, F. J. (2005). Quality content management for e-learning: General issues for a decision support system. In C. Chen, J. Filipe, I. Seruca & J. Cordeiro (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2005* (pp. 343-346).

Mortimer, L. (2002). *(Learning) Objects of Desire: Promise and Practicality*. Virginia, USA.: American Society for Training & Development (ASTD). Retrieved November, 2005, from <http://www.learningcircuits.org/2002/apr2002/mortimer.html>.

Murray, T. (2004). Design Tradeoffs in Usability and Power for Advanced Educational Software Authoring Tools. *Educational Technology*, 44(5), 10-16.

Murray, T. (2005). Hyperbook Features Supporting Active Reading Skills. In Z. Ma (Ed.), *Web-based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications* (pp. 156-174). Hershey, PA: Idea Group Publishing.

Murray, T., Condit, C., Piemonte, J., Shen, T., & Khan, S. (2000a). Evaluating the Need for Intelligence in an Adaptive Hypermedia System. In C. Frasson, G. Gauthier & K. VanLehn (Eds.), *Proceedings of the Intelligent Tutoring Systems 2000, ITS'00* (Vol. 1839, pp. 373-382). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Murray, T., Shen, T., Piemonte, J., Condit, C., & Thibedeau, J. (2000b). Adaptivity for Conceptual and Narrative Flow in Hyperbooks: the MetaLinks System. In P. Brusilovsky, O. Stock & C. Strapparava (Eds.), *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. AH2000* (Vol. 1892, pp. 155-166). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Nelson, T. H. (1972). As we will think. In *Proceedings of the Online '72 Conference* (Vol. Reprinted in J. Nyce & P. Kahn (Eds.) (1991): *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine*). New York: Academic Press Inc.

Olivier, B., & Tattersall, C. (2005). The Learning Design Specification. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 21-40). The Netherlands: Springer Verlag.

Ortigosa, A., & Carro, R. (2003). The Continuous Empirical Evaluation Approach: Evaluating Adaptive Web-based Courses. In P. Brusilovsky, A. Corbett & F. De Rosis (Eds.), *Proceedings of the User Modeling 2003, 9th International Conference, UM 2003* (Vol. 2702, pp. 163-167). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., & Magoulas, G. D. (2002). INSPIRE: An INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment. In S. Reich, M. M. Tzagarakis & P. De Bra (Eds.), *Proceedings of the Hypermedia: Openness, Structural Awareness, and Adaptivity: International Workshops OHS-7, SC-3, and AH-3* (Vol. 2266, pp. 215-225). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., & Magoulas, G. D. (2003). Personalizing the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: The Case of INSPIRE. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 12, 213-267.

- Papasalouros, A., Retalis, S., Avgeriou, P., & Skordalakis, M. (2003). An Integrated Model for the authoring of Web-based Adaptive Educational Applications. In P. De Bra, D. Davis, J. Kay & m. schraefel (Eds.), *Proceedings of the Workshop on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. AH2003. 12th World Wide Web Conference, WWW'03* (Vol. Eindhoven, pp. 29-40): Eindhoven University of Technology.
- Paquette, G., De la Teja, I., Léonard, M., Lundgren-Cayrol, K., & Marino, O. (2005a). An Instructional Engineering Method and Tool for the Design of Units of Learning. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 160-184). The Netherlands: Springer Verlag.
- Paquette, G., Marino, O., De la Teja, I., Léonard, M., & Lundgren-Cayrol, K. (2005b). Delivery of Learning Design: the Explor@ System's Case. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 311-325). The Netherlands: Springer Verlag.
- Paramythis, A., & Loidl-Reisinger, S. (2004). Adaptive Learning Environments and eLearning Standards. *Electronic Journal on e-Learning*, 2(1), 181-194.
- Paredes, P., & Rodríguez, P. (2002). Tratamiento de casos secuenciales - globales moderados y extremos en un sistema de enseñanza adaptativo. In *Proceedings of the 3^{er} Congreso Internacional Persona-Ordenador. Interacción 2002*.
- Pazzani, M. J., Muramatsu, J., & Bilsus, D. (1996). Syskill and Webert: Identifying Interesting Web Sites. In *Proceedings of the 13th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI'96* (pp. 54-61): AAAI Press.
- Pemberton, S., Austin, D., Axelsson, J., Çelik, T., Dominiak, D., Elenbaas, H., Epperson, B., Ishikawa, M., Matsui, S. i., McCarron, S., Navarro, A., Peruvemba, S., Relyea, R., Schnitzenbaumer, S., & Stark, P. (2002). *Extensible HyperText Markup Language (XHTML) (2nd Ed.) v1.0. World Wide Web Consortium Recommendation*. Retrieved January, 2006, from <http://www.w3.org/TR/2002/REC-xhtml1-20020801>.
- Prieto, M., Leighton, H., & García, F. J. (2004). Adaptive Educational Hypermedia Proposal based on Learning Styles and Quality Evaluation. In P. De Bra & W. Nejdl (Eds.), *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. 3rd International Conference, AH 2004* (Vol. 3137, pp. 316-319). Berlin: LNCS. Springer Verlag.
- Rawlings, A., van Rosmalen, P., Koper, R., Rodríguez-Artacho, M., & Lefrere, P. (2002). *Survey of Educational Modelling Languages (EMLs)*. CEN/ISSS Learning Technologies Workshop. Retrieved November, 2005, from <http://www.cenorm.be/iss/workshop/lt>.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española. Vigésima Segunda Edición*. Madrid: Espasa Calpe.

Rego, H., Moreira, T., & García, F. J. (2005). The Impact of Metadata on AHKME E-Learning Platform. In P. Goodyear, D. G. Sampson, D. Jin-Tan Yang, Kinshuk, T. Okamoto, R. Hartley & N.-S. Chen (Eds.), *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT'05* (pp. 817-821): IEEE Computer Society Press.

Rehak, D. R. (2004). Good&Plenty, Googlezon, Your Grandmother and Nike: Challenges for Ubiquitous Learning & Learning Technology. In *Proceedings of the PGL Workshop on e-learning Objects & Systems*. Available at: <http://grove.ufl.edu/~pgr/events/Rehak/googlezon.pdf>.

Rehak, D. R., & Mason, R. (2003). Keeping the Learning in Learning Objects. In A. Littlejohn (Ed.), *Journal of Interactive Media in Education. Special Issue on Reusing Online Resources* (Vol. 1).

Reigeluth, C. M. (1999a). The Elaboration Theory: Guidance for Scope and Sequence Decisions. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum Assoc.

Reigeluth, C. M. (Ed.). (1999b). *Instructional Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (Vol. II). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc.

Reload. (2005). *Project website*. Retrieved January, 2006, from <http://www.reload.ac.uk>.

Retalis, S., & Papasalouros, A. (2005). Designing and Generating Educational Adaptive Hypermedia Applications. *Educational Technology & Society*, 8(3), 26-35.

Richards, G. (2005). Designing Educational Games. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 227-237). The Netherlands: Springer Verlag.

Rodriguez, O., Chen, S., Shi, H., & Shang, Y. (2002). Open Learning Objects: The Case for Inner Metadata. In *Proceedings of the 11th World Wide Web Conference. WWW'02. Alternate Track on Education*.

Romero, C., Rider, J. J., Ventura, S., Hervás, C., & De Bra, P. (2005). AHA! Meets SCORM. In *Proceedings of the Multiconference on Computer Science and Information Systems, MCCSIS 2005* (pp. 95-98): IADIS.

Romero, C., Ventura, S., De Bra, P., & De Castro, C. (2003). Discovering Prediction Rules in AHA! Courses. In P. Brusilovsky, A. Corbett & F. De Rosi (Eds.), *Proceedings of the User Modeling 2003, 9th International Conference, UM 2003* (Vol. 2702, pp. 25-34). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Sampson, D., Karampiperis, P., & Zervas, P. (2005). ASK-LDT: A Web-Based Learning Scenarios Authoring Environment based on IMS Learning Design. *International Journal on Advanced Technology for Learning (ATL). Special issue on Designing Learning Activities: From Content-based to Context-based Learning Services*, 2(4), 207-215.

SCORM (2004). *Sharable Content Object Reference Model v1.3.1*. Retrieved January, 2006 from <http://www.adlnet.org>.

SCORM CAM (2004). *Content Aggregation Model v1.3.1*. Retrieved January, 2006 from <http://www.adlnet.org>.

SCORM RTE (2004). *Run-Time Environment v1.3.1*. Retrieved January, 2006 from <http://www.adlnet.org>.

SCORM SN (2004). *Sequencing and Navigation v1.3.1*. Retrieved January, 2006 from <http://www.adlnet.org>.

Schwarz, E., Brusilovsky, P., & Weber, G. (1996). World-Wide Intelligent Textbooks. In *Proceedings of the AACE World Conference on Educational Telecommunications. ED-TELECOM'96* (pp. 302-307). Charlottesville, VA: AACE.

SLED. (2005). *Service Based Learning Design Player*. Retrieved January, 2006, from <http://sled.open.ac.uk/web>.

Specht, M., & Kobsa, A. (1999). Interaction of Domain Expertise and Interface Design in Adaptive Educational Hypermedia. In P. Brusilovsky & P. De Bra (Eds.), *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the Web at the 8th International World Wide Web Conference* (Vol. CS-Report 99-07, pp. 89-93). Eindhoven: TUE. http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/WWWUM99_workshop/specht/specht.html.

Specht, M., Kravcik, M., Klemke, R., Pesin, L., & Hüttenhain, R. (2002). Adaptive Learning Environment for Teaching and Learning in WINDS. In P. D. Bra, P. Brusilovsky & R. Conejo (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2002* (Vol. 2347, pp. 572-575). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Specht, M., Weber, G., Heitmeyer, S., & Schöch, V. (1997). AST: Adaptive WWW-Courseware for Statistics. In P. Brusilovsky, J. Fink & J. Kay (Eds.), *Proceedings of the Workshop Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web. 6th International User Modeling Conference. UM97* (pp. 91-97).

Spiro, R., & Jihn-Chang, J. (1990). Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), *Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology* (pp. 163-205). Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum Associates.

Stash, N., Cristea, A. I., & De Bra, P. (2004). Authoring of Learning Styles in Adaptive Hypermedia: Problems and Solutions. In *Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference, WWW'04. Alternate Track Papers & Posters* (pp. 114-123). New York, NY: ACM Press.

Tattersall, C., & Koper, R. (2003). *EML and IMS Learning Design: from LO to LA. Learning & Teaching Support Network*. Retrieved January, 2006, from http://www.heacademy.ac.uk/resources.asp?process=full_record§ion=generic&id=255.

Telcert (2005). *Technology Enhanced Learning Conformance. European Requirements and Testing*. Retrieved January, 2006 from <http://www.opengroup.org/telcert>.

The Learning Federation. (2003). *Metadata Application Profile v. 1.3*. Retrieved November, 2005, from http://www.thelearningfederation.edu.au/repo/cms2/tlf/published/8519/Metadata_Application_Profile_1_3.pdf.

Towle, B., & Halm, M. (2005). Design Adaptive Learning Environments with Learning Design. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 215-226). The Netherlands: Springer Verlag.

UK LOM. (2004). *UK Learning Object Metadata Core. Draft 0.2*. Retrieved November, 2005, from http://www.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore/uklomcore_v0p2_may04.doc.

Valiathan, P. (2002). Blended Learning Models, *Learning Circuits Magazine*. American Society for Training & Development.

Van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training Complex Cognitive Skills. A Four Component Instructional Design Model for Technical Training*. Englewood Cliffs, NJ.: Educational Technology Publications.

Van Rosmalen, P., & Boticario, J. (2005). Using Learning Design to Support Design and Runtime Adaptation. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training* (pp. 291-301). The Netherlands: Springer Verlag.

VARK (2001). *Visual, Auditory, Read/Write, Kinaesthetic. A Guide to Learning Styles*. Retrieved November, 2005 from <http://www.vark-learn.com/english/index.asp>.

Walker, E. (2003). *Session introduction*. Retrieved November, 2005, from <http://www.elearningresults.com/old/documents/pdf/Walker/Walker.pdf>.

Weber, G., & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web-based Instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12(4), 351-384.

Weber, G., & Möllenberg, A. (1994). ELM-PE: A Knowledge-Based Programming Environment for Learning LISP. In *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia. ED-MEDIA '94* (pp. 557-562).

Weber, G., & Specht, M. (1997). User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-based Tutoring Systems. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (Eds.), *Proceedings of the Sixth International User Modeling Conference. UM97* (pp. 289-300). Berlin: LNCS. Springer Verlag.

Wiley, D. (2002). *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. Retrieved May, 2005, from <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.

Wu, H. (2002). *A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Applications*. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.

Wu, H., De Bra, P., Aerts, A., & Houben, G. J. (2000). Adaptation Control in Adaptive Hypermedia Systems. In P. Brusilovsky, O. Stock & C. Strapparava (Eds.), *Proceedings of the Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: International Conference, AH 2000* (Vol. 1892, pp. 250-259): LNCS. Springer Verlag.

Zimmermann, A., Lorenz, A., & Specht, M. (2003). User Modelling in Adaptive Audio Augmented Museum Environments. In P. Brusilovsky, A. T. Corbett & F. De Rosis (Eds.), *Proceedings of the User Modeling 2003, 9th International Conference, UM 2003* (Vol. 2702, pp. 403-407): LNAI, Springer Verlag.