

Desarrollo de Soluciones para E-Learning: Diferentes Enfoques, un Objetivo Común

Juan-Manuel Dodero, Francisco-José García-Peñalvo, Carina González, Pablo Moreno-Ger, Miguel-Ángel Redondo, Antonio Sarasa, y José-Luis Sierra

Title—Development of E-Learning Solutions: Different Approaches, a Common Mission

Abstract— As result of the discussions maintained at the Panel Session on “Software Development for E-Learning” of the 3rd Workshop on Software Engineering for E-Learning (ISELEAR’12), several points of view emerged regarding the conception, development and maintenance of E-Learning solutions. This paper summarizes and confronts these points of view: automated approaches, combination of different methodologies, emphasis on human and social aspects, domain-specific development approaches, model-driven / language-driven development and system integration approaches, and grammar-oriented development. While these points of view support different approaches to the engineering process, all of them share a common goal: to facilitate the development of complex E-Learning applications and solutions by multidisciplinary teams of software developers, instructors, domain experts, students and final users.

Index Terms— Software Engineering, E-Learning

I. INTRODUCCIÓN

UNA de las sesiones más activas de la pasada tercera edición del Taller de Ingeniería del Software en E-Learning (ISELEAR’12) fue la sesión de la mesa redonda sobre “Desarrollo de Software para E-Learning”. Esta sesión reunió a varios investigadores reconocidos de la comunidad española de E-Learning, que tuvieron la oportunidad de exponer sus puntos de vistas acerca de cómo conciben, desarrollan, mantienen y explotan sus desarrollos en E-Learning. Estos puntos de vista, que ya fueron resumidos en [17], aunque son heterogéneos, coinciden en considerar que la tarea de desarrollar con éxito un sistema E-Learning es complicada, y que es necesaria la

Juan-Manuel Dodero pertenece al grupo de investigación SPI&FM de la Universidad de Cádiz (email: juanma.dodero@uca.es)

Francisco-José García-Peñalvo es Director del grupo de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca(email: fgarcia@usal.es).

Carina González pertenece a la Universidad de La Laguna(cjgonza@ull.es).

Pablo Moreno-Ger pertenece al grupo de investigación e-UCM de la Universidad Complutense de Madrid(email: pablom@fdi.ucm.es).

Miguel-Ángel Redondo pertenece al grupo de investigación CHICO de la Universidad de Castilla La Mancha(email: Miguel.Redondo@uclm.es)

Antonio Sarasa Cabezuelo pertenece al Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Complutense de Madrid (email: asarasa@fdi.ucm.es).

José Luis Sierra Rodríguez pertenece al Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial, Universidad Complutense de Madrid. (email: jlsierra@fdi.ucm.es)

participación activa en el proceso de desarrollo de diferentes actores, tales como ingenieros del software y desarrolladores, diseñadores instruccionales, proveedores de contenido, expertos en el dominio, estudiantes / usuarios finales, etc.

Este objetivo común compartido por los participantes de la mesa redonda, animó a los ponentes y a los moderadores de la misma a extender y a detallar sus puntos de vista. El resultado de este esfuerzo ha cristalizado en este artículo, que además incluye los puntos de vista expuestos por los moderadores de la mesa redonda. De hecho, el artículo describe cinco enfoques para el desarrollo de sistemas E-Learning:

- Uso de técnicas de Ingeniería del Software para automatizar diferentes aspectos en un desarrollo software de E-Learning. Este enfoque fue expuesto por Juan-Manuel Dodero, del grupo de investigación SPI&FM de la Universidad de Cádiz.
- Combinación de marcos metodológicos. Esta propuesta fue defendida por Francisco-José García-Peñalvo, Director del grupo de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca.
- Énfasis sobre los aspectos humanos y sociales en los sistemas E-Learning. Esta propuesta fue desarrollada por Carina González, de la Universidad de La Laguna.
- Enfoque de desarrollo para dominios específicos (desarrollo de juegos educativos en particular), defendido por Pablo Moreno-Ger del grupo de investigación e-UCM de la Universidad Complutense de Madrid.
- Enfoques de integración de sistemas y desarrollo dirigido por Modelos/Lenguajes, presentado por Miguel A. Redondo del grupo de investigación CHICO de la Universidad de Castilla La Mancha.
- Desarrollo dirigido por gramáticas, presentado por José-Luis Sierra y Antonio Sarasa del grupo de investigación ILSA de la Universidad Complutense de Madrid.

En las siguientes secciones se describen los cinco enfoques anteriores. El artículo concluye con una sección final que presenta las principales conclusiones obtenidas de los diferentes enfoques expuestos.

II. AUTOMATIZACIÓN BASADA EN LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE (ENFOQUE DE DODERO)

La aplicación de técnicas y métodos de la Ingeniería del Software ayudan a automatizar diferentes aspectos del desarrollo e integración de componentes software. Así, en el área de la Mejora del Aprendizaje a través de la Tecnología (TEL), el desarrollo de los componentes software se orienta a construir entornos de aprendizaje personales [26] basados en aplicaciones [44] y servicios externos [11]. A este respecto, en el desarrollo de aplicaciones y plataformas de E-Learning se han aplicado satisfactoriamente diversos métodos y técnicas de Ingeniería del Software, tales como Ingeniería dirigida por modelos [16], Arquitectura dirigida por modelos [10], Modelado [39] y lenguajes [46] de dominios específicos, o Análisis del Dominio [14] y Líneas de Productos Software [52]. En concreto, las técnicas de Ingeniería del Software basadas en modelos propugnan la adaptación de soluciones de E-Learning, lo cual supone un coste más bajo y un menor número de fallos que los enfoques tradicionales de la Ingeniería del Software. Tales afirmaciones se sustentan en la interoperabilidad de las aplicaciones y sistemas que componen el sistema de E-Learning finalmente desplegado.

En los últimos años han surgido un número amplio de estándares en el campo del E-Learning para abordar el problema de la interoperabilidad [11]. Sin embargo estos estándares se limitan a cubrir aspectos acerca de la personalización y la descripción del contexto en el cual tiene lugar el aprendizaje [18]. La adopción de un LMS particular, una aplicación específica o un servicio web existente limita al diseñador instruccional, debido a las restricciones impuestas por la elección tecnológica. En este sentido, los métodos y técnicas de Ingeniería del Software basados en modelos juegan un papel crucial, separando los aspectos técnicos de aquellos puramente específicos del dominio (el aprendizaje, en este caso). De este modo, los enfoques basados en modelos dirigen cada vez más el esfuerzo de ingeniería dentro del ciclo de vida del proceso de desarrollo software hacia la integración y configuración, desplazándolo desde la programación. Por ejemplo, el proyecto ASCETA (<http://asceta.uca.es/>) ha orientado la investigación hacia el uso de tecnologías semánticas para simplificar las tareas de integración y configuración de los componentes software de los sistemas de E-Learning [15].

III. MÉTODOS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE PARA SISTEMAS E-LEARNING (ENFOQUE DE GARCÍA-PEÑALVO)

La complejidad del E-Learning y de los sistemas educativos basados en computador se debe mayoritariamente a la naturaleza de los proyectos, dado que estos involucran diferentes actores, papeles, contenidos, funcionalidades, servicios, etc. Generalmente un proyecto no empieza desde cero, puesto que sería imposible cumplir con los hitos temporales y los requisitos funcionales. Además estas aplicaciones educativas suelen ser capaces de inter-operar con otros componentes software externos, requiriendo de enfoques de tipo *mash-up* [38][45], y presentan, por tanto, claros retos de interoperabilidad [2][26][27].

Debido a esta diversidad, cada proyecto requiere de su propio enfoque metodológico, con una clara diferenciación que depende de si se trata de un contexto de investigación o de un contexto de desarrollo. Por ejemplo, en un contexto de

investigación típico podría adoptarse los ciclos de acción-investigación [68]. De esta forma, usando una aproximación de *aprender haciendo*, el equipo de investigación trabaja junto intentando resolver e identificar un problema, ver el éxito de sus esfuerzos a través de métodos empíricos, extraer conclusiones y aplicar éstas de nuevo en otro ciclo. En estos ciclos, dependiendo de la naturaleza del sistema educativo, puede que se usen diferentes enfoques y técnicas (Ingeniería dirigida por modelos [16], Ingeniería de Líneas de Productos Software [52], Ingeniería del Software Orientada a Servicios [9], Ingeniería de Usabilidad [25], Representación Semántica del Conocimiento [63], etc). Por otro lado, existen soluciones tecnológicas especialmente adecuadas para el desarrollo y despliegue en contextos particulares, tales como los enfoques de *mash-ups* utilizados como una solución común en los ecosistemas de aprendizaje [24] para establecer flujos de información e interoperabilidad entre los componentes del ecosistema (sirva como ejemplo la integración de un portal basado en un CMS con una red social como Facebook).

Los ciclos de investigación y desarrollo comparten las características de ser iterativos e incrementales. Esto significa que ambas orientaciones se pueden abordar a través de enfoques ágiles que establecen intervalos de tiempo para los desarrollos o ciclos.

El uso de métodos ágiles, tanto para la gestión de proyectos [28] como para el proceso de desarrollo [43], se justifica por el alto riesgo de que se produzca una evolución y un cambio en los requisitos y en la arquitectura del sistema, así como también por la forma en la que están compuestos los equipos de desarrolladores (o investigadores). No obstante, cuando un proyecto es demasiado amplio, e involucra a equipos muy numerosos y distribuidos, entonces se debería pensar en usar un enfoque más formal, tal como el Proceso Unificado [33]. Sin embargo, para la gestión interna de cada iteración/incremento, se considera adecuado seguir usando una orientación ágil.

En el contexto de las experiencias realizadas en GRIAL (Grupo de Investigación en Interacción y E-Learning-<http://grial.usal.es>), los métodos basados en Scrum [61] han sido los más usados, tanto en desarrollos prácticos [8] como

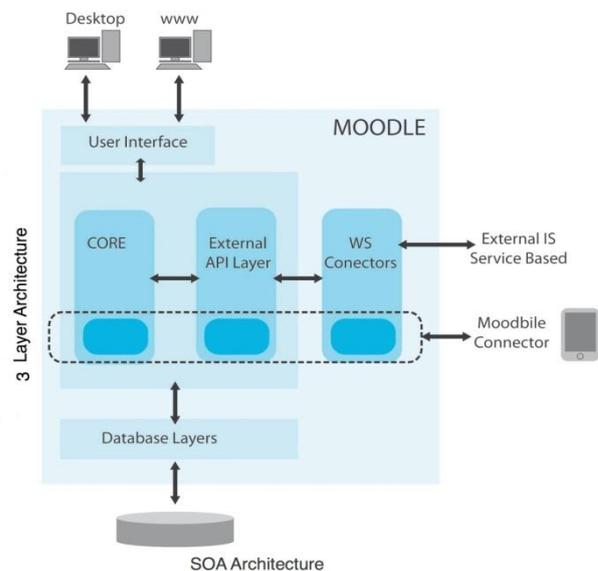


Figura 1. Arquitectura del conector Moodbile



Figura 2. (a) Educador y fisioterapeuta testeando TANGO-H en un laboratorio, (b) Educador y fisioterapeuta utilizando videojuegos educativos en la habitación de un hospital infantil, (c) Informático y médico terapeuta en una habitación usando TANGO-H con niños.

de investigación [7]. Scrum es un marco para la gestión ágil de proyectos de creciente interés en distintos campos de aplicación, incluyendo los proyectos de aprendizaje, en los que se usa esta metodología para gestionar tareas que involucran tanto desarrollo de software como de contenidos de aprendizaje [48], así como la organización del equipo 0.

El proyecto Moodbile [5] podría ser citado como un ejemplo de aplicación del enfoque metodológico mencionado anteriormente, dónde se utilizó, como base para el desarrollo, un marco basado en servicios para integrar aplicaciones de aprendizaje móvil con un Sistema de Gestión del Aprendizaje (LMS) Moodle. La motivación del proyecto Moodbile era convertir los LMS y las plataformas de E-Learning más utilizadas, que en general están diseñadas como sistemas monolíticos por capas, a un paradigma de servicios. En este sentido, este proyecto implementa una solución de interoperabilidad para extender un LMS a otros entornos, tales como el mundo móvil. Su principal contribución es adaptar los LMS a la generación actual del E-Learning 2.0. Su primer objetivo fue Moodle. La Figura 1 muestra la arquitectura del conector de Moodbile.

El proyecto Moodbile fue desarrollado por un equipo de desarrollo distribuido. Necesitó, por tanto, combinar ciclos de acción-investigación con los típicos incrementos de desarrollo. Este proyecto refleja muy bien las ideas expresadas en esta sección, ya que implica combinar de manera natural investigación y desarrollo, y también debido a las características cambiantes e inestables de sus requisitos, que invitan a usar un enfoque ágil para hacer frente a la evolución del sistema.

IV. ASPECTOS HUMANOS Y SOCIALES (ENFOQUE DE GONZÁLEZ)

Durante los últimos quince años, la Ingeniería del Software aplicada al E-Learning se ha enfocado principalmente en el aspecto tecnológico de los procesos de especificación, sistematización y estandarización de modelos y procesos de enseñanza-aprendizaje [13][20]. Algunos ejemplos de esta tendencia son las diversas iniciativas (e.g., IMS, IEEE LOM, SCORM, LAMS, etc.), metodologías y técnicas que ayudan a los equipos a llevar a cabo proyectos educativos de investigación y desarrollo.

Actualmente, uno de los mayores retos planteados a la Ingeniería del Software es la gestión y representación del conocimiento y el diseño instruccional en entornos de aprendizaje caracterizados por ser abiertos, ubicuos, sociales e informales. A modo de ejemplo es posible citar los cursos masivos en abierto (MOOCS) [36][37], cursos semiautomáticos con un diseño instruccional característico (píldoras de conocimiento en forma de videos interactivos,

autoevaluación, evaluación por pares, etc.) que permiten gestionar las interacciones de miles de estudiantes facilitando la autogestión del aprendizaje. Estos nuevos formatos facilitan que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean abiertos, estructurados e interactivos. Además generan muchos datos que se pueden utilizar para descubrir patrones de interacción, estilos de aprendizaje y obtener conocimiento acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado sobre la plataforma.

Por otra parte, otro fenómeno actual que resulta interesante para el campo de la Ingeniería del Software es el modelado y la representación de los procesos de aprendizaje que se llevan a cabo en los ecosistemas tecnológicos en el *micro-nivel* (micro-contenido, micro-formatos, micro-lecturas, etc.). Este fenómeno se ha denominado *micro-aprendizaje* [32], y se caracteriza porque el aprendizaje se realiza interactuando con nuevas estructuras de micro-contenidos durante cortos espacios de tiempo (desde un par de segundos en entornos de aprendizaje móvil, hasta 10-15 minutos o más). También en el contexto del micro-aprendizaje puede resultar útil describir los procesos de aprendizaje informal, en los que las personas adquieren conocimientos a través de estructuras de micro-contenido en un microcosmos o ecosistema.

Es interesante observar que el principal objetivo de la Ingeniería del Software para E-Learning es el diseño y desarrollo de sistemas y servicios accesibles y usables, con el objetivo de que los usuarios finales maximicen su experiencia de usuario en los sistemas de enseñanza y el aprendizaje. Este objetivo sólo puede conseguirse trabajando en equipos interdisciplinarios y usando metodologías ágiles centradas en el usuario, que incluyan a expertos y usuarios de las aplicaciones y servicios dentro del proceso de diseño. Los actores más importantes que intervienen en el proceso de aprendizaje son los profesores y los estudiantes. Es por ello que se necesita prestar especial atención a estos dos tipos de actores diferentes que intervienen en el desarrollo de plataformas de E-Learning. En este sentido, se han empleado exitosamente metodologías de diseño ligeras y ágiles centradas en el usuario (UCD) con equipos interdisciplinarios, que incluyan tanto a expertos educativos y a estudiantes durante todo el proceso de diseño. Esta aproximación metodológica se ha aplicado satisfactoriamente en algunos desarrollos de E-Learning en la Universidad de la Laguna, tales como ULLMedia [31], SAVEH [4], SALUD-in [51], VIDEM [67], o TANGO-H [64]. Por ejemplo la Figura 2 muestra el proceso de validación iterativo de nuestros videojuegos educativos en el contexto de TANGO-H (<http://tangoh.iter.es/>) con diferentes expertos, usuarios y escenarios reales.

V. RETOS EN EL DESARROLLO DE JUEGOS EDUCATIVOS (ENFOQUE DE MORENO-GER)

El uso de juegos digitales y simulaciones (conocidas como *juegos serios*) se ha incrementado en los últimos años en el área del TEL [30][66]. Estas iniciativas han ido sumando apoyos en los últimos diez años, y actualmente se han convertido en una línea de trabajo aceptada por la comunidad académica.

Sin embargo, esta aceptación no ha tenido como consecuencia un incremento del desarrollo de juegos educativos en dominios de aplicación real. Existen muchas barreras que impiden una difusión más amplia, tales como aspectos sociales (los juegos son percibidos normalmente como juguetes para niños pequeños o como un instrumento peligroso que puede corromper a los jóvenes jugadores [62]), falta de infraestructura, resistencia de los profesores, e incluso rechazo por parte de los estudiantes. Sin embargo, el problema más importante es típicamente el enorme coste que generan los proyectos de desarrollo de juegos educativos.

De hecho, la inspiración de usar juegos en la educación procede de la observación de la gran aceptación que tienen los juegos comerciales sobre las personas. Sin embargo estos juegos están respaldados por presupuestos multimillonarios, y se desarrollan por equipos de programadores altamente especializados, especialistas en efectos visuales, escritores y diseñadores de juegos. Desgraciadamente los juegos educativos raramente disponen de tales presupuestos, ni cuentan con equipos de trabajos tan especializados. Se requieren, por tanto, otros enfoques para su desarrollo.

Desde una perspectiva técnica, existe una necesidad imperiosa de adecuar los modelos de desarrollo y las técnicas de Ingeniería del Software requeridas, con el objetivo de reducir los costes de desarrollo y alinearlos con los típicos presupuestos educativos. A este respecto, existen principalmente dos propuestas en esta línea: usar lenguajes específicos y motores de ejecución especialmente diseñados para juegos, o bien usar herramientas de autoría de juegos que reduzcan los costes de desarrollo y faciliten la participación de expertos en el contenido en el proceso de autoría [3][40].

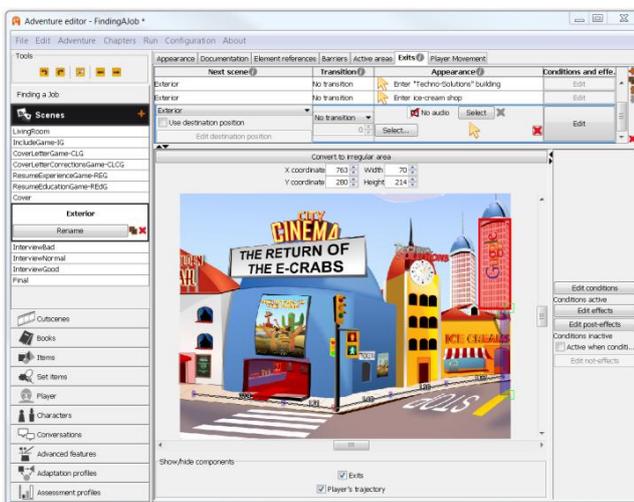


Figura 3. Una captura de e-Adventure, una plataforma de desarrollo de juegos educativos. Los juegos se crean usando acciones de *seleccionar* y *arrastrar*, sin requerir de programación alguna.

A. Lenguajes y Motores de Ejecución Específicos para Videojuegos.

Con el objetivo de elevar el nivel de abstracción, muchos videojuegos separan la lógica de bajo nivel del diseño de alto nivel que define el comportamiento del juego (uso de técnicas de Inteligencia Artificial, diseño de niveles, guion del juego, eventos, etc.). Así, el núcleo de estos desarrollos es típicamente un motor de ejecución muy eficiente que gestiona aspectos gráficos, físicos, sonido o efectos visuales. En este sentido el juego se construye usando lenguajes de *script*, que son normalmente más fáciles de usar para personas no expertas. Como ejemplos de motores de juegos usados en desarrollos no profesionales pueden citarse Ogre (<http://www.ogre3d.org/>) y jMonkeyEngine (<http://jmonkeyengine.com/>). Sin embargo los requisitos de programación para estos motores son aún bastante altos para las típicas aplicaciones de juegos educativos, lo que evidencia la necesidad de herramientas con un grado de abstracción mayor.

B. Herramientas de Autoría de Juegos

A este respecto, han surgido una variedad de herramientas que, reduciendo lo máximo posible el requisito de tener conocimientos de programación, permiten a los autores crear sus propios juegos. Obviamente, estas iniciativas necesitan reducir su expresividad para conseguir el objetivo de la simplicidad, y los juegos que pueden ser creados son, en general, muy similares. Esta posible falta de expresividad se compensa frecuentemente potenciando el uso de narraciones frente a la acción intensiva y a las interacciones complejas [41].

Usando estas herramientas de autoría, los desarrolladores de juegos sólo necesitan seleccionar y arrastrar componentes. Algunos ejemplos comerciales de estas herramientas son Game Salad (<http://gamesalad.com/>) o Unity (<http://unity3d.com/>). De manera similar, e-Adventure (<http://e-adventure.e-ucm.es>) es un ejemplo específico creado para facilitar el desarrollo de juegos educativos (ver Figura 3), que permite a los instructores crear sus propios juegos educativos usando una interface visual.

En particular e-Adventure ha sido utilizada con éxito para crear y desplegar juegos en diferentes ámbitos educativos tales como Medicina [47], Aprendizaje de lenguas [12], Cultura/Historia [22], Formación en primeros auxilios [42] o Formación en Nuevas Tecnologías[19].

VI. DESARROLLO DIRIGIDO POR MODELOS, DESARROLLO DIRIGIDO POR LENGUAJES E INTEGRACIÓN DE SISTEMAS (ENFOQUE DE REDONDO)

El desarrollo de sistemas E-Learning como un caso particular de sistemas software, requiere de métodos sistemáticos que guíen el proceso de desarrollo y reduzcan los costes de producción. Para este propósito, los métodos y técnicas de Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD) constituyen una aproximación adecuada, especialmente cuando el propósito es construir sistemas para el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computador (CSCL). De hecho, contar con herramientas o plataformas de E-Learning que soporten el trabajo práctico y el trabajo en grupo, tales como las que pueden encontrarse en entornos de formación de estudiantes, es una necesidad recurrente en los escenarios de E-Learning. Así mismo, es fundamental asegurar que estas herramientas estén integradas con las plataformas de E-Learning usuales, como,

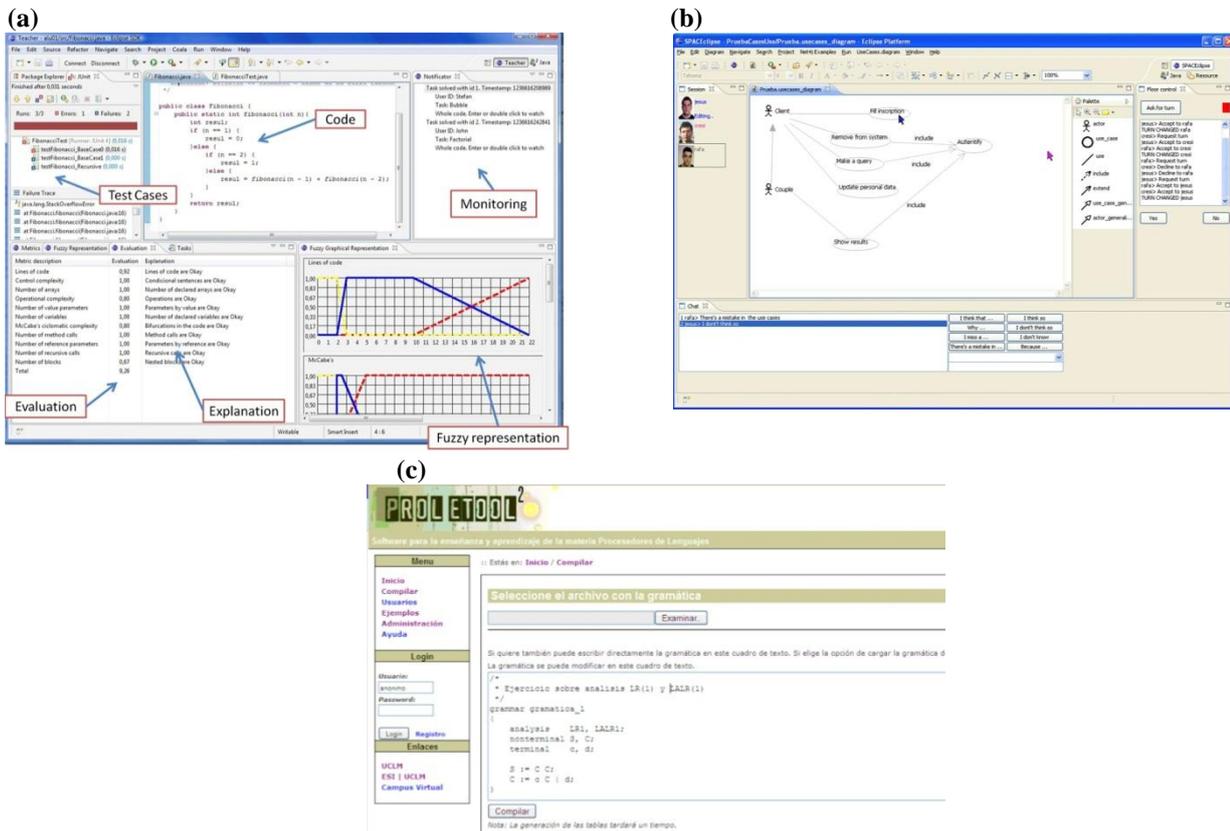


Figure 4. (a) Interface principal del entorno COALA; (b) Captura de una herramienta modelado colaborativo para el diseño de Diagramas de Casos de Uso; (c) Interface de usuario de Proletool para la especificación de problemas y soluciones.

por ejemplo, por medio de Entornos de Aprendizaje Personal [50].

En entornos generalistas, tales como la plataforma Eclipse, se incluye soporte para MDD como un método de desarrollo. Para ello se usan tecnologías como EMG, GMF, ATL, Ecore, etc. En [23] se proporcionan ejemplos de aplicación de estas tecnologías. Este tipo de entornos pueden especializarse con éxito en herramientas de E-Learning. Como caso particular de ejemplo, [35] describe el papel de Eclipse en el ámbito del aprendizaje en grupo en grupos de programación (o programación por parejas). En este ámbito, se presenta COALA, un entorno asistido por ordenador para el aprendizaje de algoritmos. En la Figura 4a se muestra una captura de la interface principal de este entorno.

De hecho, Eclipse también permite la aplicación de este enfoque a otros dominios, en los cuales las actividades de diseño son realizadas con el objetivo de aprender y adquirir capacidades específicas [23]. A este respecto, la captura de la Figura 4b se corresponde con un ejemplo relativo a una herramienta colaborativa de modelado. Esta herramienta soporta el aprendizaje del diseño de Diagramas de Casos de Uso.

Además en otros casos, se puede utilizar un enfoque similar que hace uso de las técnicas utilizadas para la construcción de Procesadores de Lenguaje. Estas técnicas dirigidas por los lenguajes son usadas para construir módulos específicos de los sistemas de aprendizaje. Por ejemplo, utilizando este enfoque es posible desarrollar módulos de evaluación, ayuda, retroalimentación personalizada, etc [6]. Un ejemplo de este enfoque es la herramienta ProleTool, que permite a los usuarios especificar sus propias actividades de aprendizaje, añadir soluciones alternativas y recibir una evaluación desde el

sistema, de manera que son guiados en el proceso de aprendizaje. ProleTool en sí se ha desarrollado usando lenguajes formales y procesadores de lenguajes para esos lenguajes, de manera que sea posible construir un modelo computable que resuelva las actividades y analice las soluciones. La Figura 4c muestra la interface de usuario de ProleTool para la especificación de problemas y soluciones.

Por último, cabe observar que cuando se aplican estos enfoques de desarrollo, es necesario considerar aspectos colaterales igualmente importantes, tales como la integración e interoperabilidad. En relación con estos aspectos, se pueden citar propuestas como las arquitecturas basadas en estándares, los lenguajes de modelado educativo, o las arquitecturas basadas en espacios de tuplas [34]. Así mismo, estos aspectos podrán, en un futuro próximo, beneficiarse de los nuevos paradigmas y tecnologías, tales como el *Cloud Computing*.

VII. DESARROLLO DIRIGIDO POR GRAMÁTICAS (ENFOQUE DE SIERRA Y SARASA-CABEZUELO)

La complejidad del desarrollo de aplicaciones de E-Learning requiere gestionar múltiples dimensiones, entre las cuáles las dos siguientes son particularmente relevantes:

- *Organización y Arquitectura del Software*. Los sistemas y aplicaciones de E-Learning son artefactos muy complejos que implican a muchos componentes diferentes que deben orquestarse de forma adecuada. Así las aplicaciones E-Learning habituales se despliegan, normalmente, en entornos Web, requiriéndose para ello una amplia variedad de marcos de trabajo y tecnologías de cliente y de servidor. Además, estas aplicaciones son altamente interactivas, lo cual aconseja organizar las mismas como RIAs (*rich-internet applications*) [21]

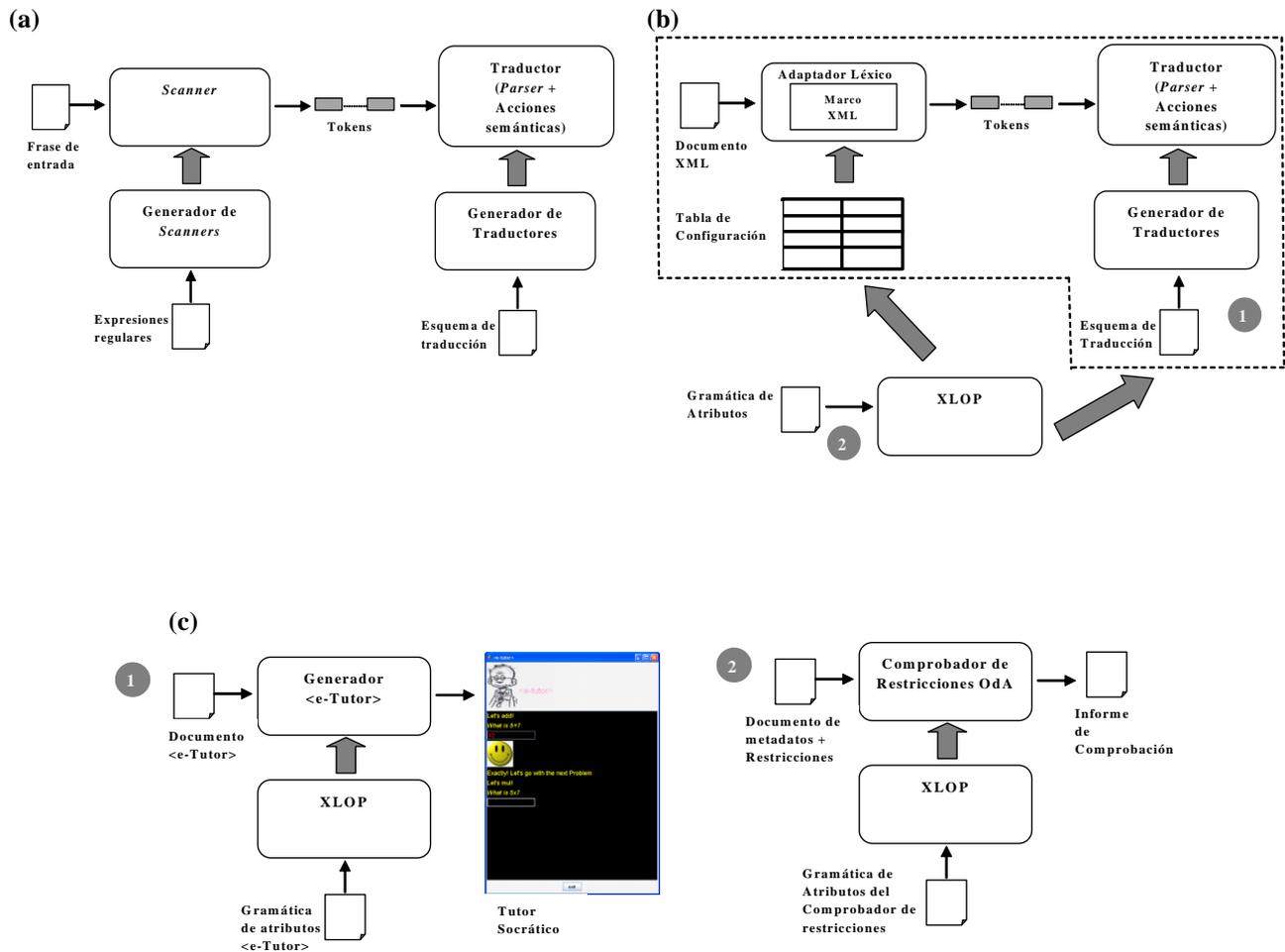


Figure 5. (a) Estructura clásica de un analizador dirigido por la sintaxis para el desarrollo de un procesador de lenguajes; (b) 1. Adaptación de (a) para el procesamiento de documentos XML; 2. Automatización de (1) con gramáticas de atributos y el entorno de desarrollo XLOP; (c) 1. Uso de XLOP para la construcción del sistema <e-Tutor>; 2. Uso de XLOP para la construcción del sistema del comprobación de restricciones de Oda

construidas sobre colecciones sofisticadas de servicios de E-Learning [11], sobre complejas arquitecturas de interacción basadas en el servidor [29], o bien sobre una mezcla de ambas. Por otro lado, las aplicaciones de E-Learning más exitosas son intrínsecamente modulares y extensibles, con el objetivo de poder adaptarse mejor a las necesidades individuales de los usuarios o a comunidades de usuarios. Por último señalar, que estas aplicaciones deben integrar contenidos educativos muy estructurados, y, así mismo, deben poder interactuar con otras aplicaciones, sistemas y plataformas que utilicen especificaciones y estándares reconocidos [11].

- *Distribución racional de papeles.* Como se ha indicado en las secciones previas, el desarrollo de aplicaciones de E-Learning involucra a diferentes categorías de expertos con conocimientos e intereses heterogéneos. En este sentido, no es aplicable una división directa entre desarrolladores, instructores y usuarios finales (estudiantes), sino que hay que realizar divisiones más finas en cada tipo de papel. Por ejemplo, respecto a los desarrolladores, podría muy bien diferenciarse entre modeladores de datos, gestores de la información y expertos en bases de datos, programadores de servicios y funcionalidades básicas del lado del servidor, expertos en arquitecturas y marcos de trabajo del lado del servidor, expertos en el desarrollo de RIAs, diseñadores gráficos y

web, etc., siguiendo las típicas divisiones que se realizan en los enfoques de desarrollo orientados a la Web [21][29].

En este sentido, la adopción de paradigmas de desarrollo que permitan gestionar de manera simultánea estas dimensiones de la complejidad resultará altamente beneficiosa durante el proceso de desarrollo.

De esta forma, en ILSA (el grupo de investigación en Ingeniería de Lenguajes Software y Aplicaciones de la UCM), se ha experimentado con el uso de gramáticas formales para conseguir este objetivo. Con este propósito se comenzó considerando la estructura estándar de un procesador de lenguaje dirigido por la sintaxis convencional [1]. Como se muestra en la Figura 5a, esta estructura está compuesta por un *scanner*, que es el encargado de fragmentar el texto de entrada en una secuencia de *tokens*, y un traductor (un analizador sintáctico o *parser*, aumentado con acciones semánticas) encargado de procesar la secuencia de *tokens*, imponiendo a dicha secuencia una estructura sintáctica y usando esta estructura para llevar a cabo los pasos del procesamiento. Como también se muestra en la Figura 5a, estos componentes pueden ser generados automáticamente usando especificaciones de alto nivel: especificaciones basadas en expresiones regulares en el caso del *scanner*, y esquemas de traducción (gramáticas incontextuales aumentadas con acciones semánticas) en el caso del traductor.

Esta organización puede ser utilizada para abordar conjuntamente las dimensiones de la *organización y arquitectura del software* y la *distribución de papeles* de la siguiente manera:

- Respecto a la organización y la arquitectura del software, la organización dirigida por la sintaxis divide el procesamiento del lenguaje en dos capas bien diferenciadas: una *capa lingüística*, según la cual el texto de entrada se procesa siguiendo modelos lingüísticos bien definidos (expresiones regulares, gramáticas incontextuales aumentadas, etc.), y una colección de *acciones semánticas*, que pueden verse, en realidad, como un conjunto de servicios y funcionalidades convencionales.
- Respecto a la distribución de papeles, básicamente afecta a los desarrolladores. La capa lingüística puede ser realizada por expertos en el diseño e implementación de lenguajes de programación, desarrollando los componentes necesarios utilizando herramientas de generación especializadas que soportan las especificaciones de alto nivel antes mencionadas (expresiones regulares, esquemas de traducción,...). Las acciones semánticas, por su parte, consisten en la programación convencional de funcionalidades simples y servicios básicos (por ejemplo en el procesador de un lenguaje de programación, chequear si dos tipos son equivalentes consultando la tabla de símbolos, o la generación de código). Estos servicios pueden ser directamente desarrollados por programadores convencionales sin un conocimiento específico de las técnicas de procesamiento de lenguajes.

Así, el enfoque orientado a gramáticas para el desarrollo de aplicaciones de E-Learning que se ha creado en el contexto del grupo de investigación ILSA, concibe una aplicación de E-Learning como un conjunto coordinado de procesadores de lenguaje cuya construcción puede ser automatizada en términos de especificaciones de alto nivel basadas en gramáticas formales.

Con el objetivo de experimentar con este enfoque, en los últimos cuatro años ILSA ha centrado sus esfuerzos en el procesamiento de documentos XML dirigido por lenguajes [54][57], dado que XML es una de las tecnologías básicas utilizadas en las actuales plataformas y sistemas de E-Learning [55]. Con este propósito, se empezó adaptando la estructura básica del procesamiento dirigido por la sintaxis de la Figura 5a para tratar con documentos XML. La idea básica fue reemplazar el scanner convencional por un adaptador de un marco de procesamiento estándar de XML [57]. Tal adaptador puede configurarse mediante tablas que mapean eventos de documentos XML (como por ejemplo, *etiqueta de apertura*, *etiqueta de cierre*, *contenido*, etc) en los *tokens* esperados por los traductores. El resto de la organización permanece inalterada (ver Figura 5b-1). Este esquema permite usar herramientas de construcción de compiladores convencionales (como por ejemplo JavaCC, ANTLR, CUP, ...) para desarrollar aplicaciones de procesamiento XML usando especificaciones de alto nivel (más concretamente, esquemas de traducción [1]). Se han desarrollado dos realizaciones de esta solución, una usando JavaCC como herramienta de construcción de compiladores y SAX como marco estándar de procesamiento XML [60], y otra usando CUP como herramienta de construcción de

compiladores y StAX para tratar con la *tokenización* de los documentos XML [56].

Con el objetivo de facilitar el uso de este enfoque, se ha desarrollado, así mismo, una meta-herramienta denominada XLOP (*XML Language-Oriented Processing*) [54][59] que, tomando como entrada especificaciones basadas en *gramáticas de atributos* [49], permite generar de manera automática todos los componentes software necesarios (los esquemas de traducción y las tablas para configurar los adaptadores de los marcos de procesamiento XML; Figura 5b-2).

XLOP se ha utilizado con éxito para refactorizar el sistema

<e-Tutor>, un sistema para la generación de tutores socráticos descritos mediante documentos XML (Figura 5c-1) [55][65]. Tal como aparece en la Figura 5c-1, usando XLOP es posible describir el generador <e-Tutor> (es decir el componente encargado de transformar los documentos XML en la aplicación tutorial en sí) como una gramática de atributos, y automáticamente generar este generador desde la especificación de alto nivel. XLOP también ha sido usado en el desarrollo de un servicio de comprobación de restricciones impuestas sobre los objetos de aprendizaje almacenados en OdA, un sistema para el desarrollo de colecciones de objetos de aprendizaje en dominios especializados [53][55][58]. Para ello, el servicio de comprobación se expone como un servicio web, el cual puede generarse automáticamente con XLOP a partir de una descripción dada como una gramática de atributos (Figura 5c-2).

VIII. CONCLUSIONES

Este artículo ha presentado cinco formas diferentes de abordar el desarrollo de aplicaciones para E-Learning. Aunque las propuestas difieren en los enfoques y en los detalles subyacentes, todas ellas comparten un objetivo común, que es el de facilitar el desarrollo de aplicaciones en este dominio de aplicación complejo.

Efectivamente, las propuestas de Dodero y Redondo señalan el papel clave que juegan los enfoques generativos, y en particular los métodos dirigidos por modelos o por lenguajes, en el desarrollo de sistemas de E-Learning. Este punto de vista también es compartido por Sierra y Sarasa, quienes proponen el uso de gramáticas formales para el desarrollo de este tipo de sistemas.

Este énfasis en los desarrollos dirigidos por modelos o por lenguajes es consistente con la percepción de Moreno-Ger acerca de la necesidad de que los expertos en el dominio adopten un papel activo en el desarrollo de juegos educativos. Además, Moreno-Ger muestra cómo los modelos y lenguajes específicos del dominio no son suficientes, dado que necesitan ser soportados por herramientas educativas orientadas al instructor.

Sin embargo como García-Peñalvo indica, el E-Learning es un dominio software muy complejo. En efecto, la complejidad intrínseca del desarrollo web, un hecho que también se hizo patente en la propuesta de Redondo de usar técnicas sofisticadas de integración de sistemas durante el desarrollo de sistemas E-Learning, requiere hacer frente a la compleja coordinación de equipos multidisciplinares de expertos en el dominio, estudiantes y desarrolladores. Para este propósito, García-Peñalvo señala los beneficios de adoptar enfoques ágiles como técnicas de desarrollo básicas, un punto de vista compartido por González. Sin embargo,

García-Peñalvo también apunta que esto no debería implicar que se descarten enfoques más estructurados. Por el contrario, propone la integración consistente de métodos ágiles con convencionales con el objetivo de orquestar las diferentes fases o iteraciones. En el enfoque gramatical de Sierra y Sarasa se describe un aspecto particular de este problema, distinguiendo entre la capa lingüística y la convencional y proponiendo el uso de gramáticas formales para llevar a cabo el desarrollo del nivel lingüístico.

Finalmente, tal como argumenta González, independientemente de aspectos tales como la participación activa de expertos en el dominio, el uso de estándares bien establecidos y otras cuestiones metodológicas y tecnológicas, un hecho clave en los modernos sistemas de E-Learning es la dimensión social/humana. En este sentido, gestionar este hecho debería ser prioritario en cualquier proceso de desarrollo de E-Learning. En relación con este tema, González señala la línea de trabajo emergente de los micro-formatos y del micro-aprendizaje como un tema clave en los escenarios de E-Learning actuales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer especialmente a los organizadores del SIIE'12 por todas las facilidades recibidas para llevar a cabo el taller ISELEAR'12 como parte de la conferencia principal, y en particular por permitirnos organizar la mesa redonda que ha sido el origen del presente trabajo. Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos TIN2010-21695-C02-01, TIN2010-21288-C02-01 y P09-TIC-5230.

REFERENCIAS

- [1] Aho, A.V., Lam, M.S., Sethi, R., Ullman, J.D. 2007. *Compilers: principles, techniques and tools* (second edition). Addison-Wesley
- [2] Alier-Forment, M., Casany-Guerrero, M^a-J., Conde-González, M.A., García-Peñalvo, F.-J. & Severance, C. Interoperability for LMS: the missing piece to become the common place for E-Learning innovation. *International Journal of Knowledge and Learning*, 6(2/3), pp. 130-141
- [3] Burgos, D., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B., & Koper, R. (2007). Authoring Game-Based Adaptive Units of Learning with IMS Learning Design and <e-Adventure>. *International Journal of Learning Technologies*, 3(3), 252–268.
- [4] Carina S. González, P. Toledo, S. Alayón, V. Muñoz, D. Meneses (2011). Using Information and Communication Technologies in Hospital Classrooms: SAVEH Project. *Knowledge Management & E-Learning - Special Issue on "Advances in Health Education Applying E-Learning, Simulations and Distance Technologies"*, 3(1), pp.72-83.
- [5] Casany, M^a. J., Alier, M. Mayol, E., Piguillem, J., Galanis, N., García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á. (2012) Moodbile: A Framework to Integrate m-Learning Applications with the LMS. *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 44(2), pp. 129-149.
- [6] Castro-Schez, J.J., et al. (2012). Designing and developing software for educative virtual laboratories with language processing techniques: lessons learned in practical experiments. *Journal of Research and Practice of Information Technology*, 44(3), pp. 289-307.
- [7] Conde, M. Á. (2012). *Personalización del aprendizaje: Framework de servicios para la integración de aplicaciones online en los sistemas de gestión del aprendizaje*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- [8] Conde, M. Á., Álvarez Rosado, N., García Peñalvo, F. J. (2011). Aplicación de procesos y técnicas de la Ingeniería del Software para la definición de una solución mLearning basada en HTML 5.0. En *Actas del 2º Taller sobre Ingeniería del Software en E-Learning (ISELEAR'11)*, pp. 131-145.
- [9] Conde, M. Á., Gómez, D. A., Pozo, A. del, García, F. J. Web services layer for Moodle 2.0: a new area of possibilities in web based learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning (IJTEL)*, 3(3):308-321. Inderscience. 2011. ISSN (Online): 1753-5263 - ISSN (Print): 1753-5255.
- [10] Cong, X., Zhang, H., Zhou, D., Lu, P. & Qin, L. (2010). A model-driven architecture approach for developing E-Learning platforms. *Entertainment for Education. Digital Techniques and Systems*, LNCS 6249, pp. 111-12
- [11] Dagger, D., O'Connor, A., Lawless, S., Walsh, E. & Wade, V. P. (2007) Service-Oriented E-Learning Platforms. From Monolithic Systems to Flexible Services. *IEEE Computer*, 35, pp. 28-35.
- [12] del Blanco, Á., Marchiori, E. J., & Fernández-Manjón, B. (2010). Adventure Games and Language Learning. *First International Workshop on Technological Innovation for Specialized Linguistic Domains: Theoretical and Methodological Perspectives (TISLID 10)* (pp. 1–9).
- [13] Devedzic, V., Jovanovic, J. & Gasevic, D. (2007), The Pragmatics of Current E-Learning Standards, *IEEE Internet Computing*, 11(3), pp. 19-27.
- [14] Díez, D., Díaz, P., & Aedo, I (2012). The ComBLA Method: The Application of Domain Analysis to the Development of E-Learning Systems. *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 44(3).
- [15] Doderó, J. M., Ghiglione, E. & Torres, J. (2010) Engineering the Life-cycle of semantic services-enhanced learning systems, *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 20(4), pp. 499.519.
- [16] Doderó, J. M., Ruiz-Rube, I., Palomo-Duarte, M., & Cabot, J. (2012): Model-Driven Learning Design, *International Journal of Research and Practice in Information Technology*, 44(3), pp. 61-82.
- [17] Doderó, J.M., García-Peñalvo, F.J., González, C., Moreno-Ger, P., Redondo, M.A., Sarasa, A. & Sierra, J.L. (2013) Points of view on Software Engineering for E-Learning (Panel Session). *Proc. of the 14th International Conference on Computers in Education (SIIE'12)*. IEEE Computer Society (in press)
- [18] Drira, R., Laroussi, M., La Pallec, X., & Warin, B. (2011) Contextualizing learning scenarios according to different Learning Management Systems, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 5(3), pp. 213-225.
- [19] Dumitrache, A., Logofatu, M., Moldovan, O (2012). Using GBL in ECDL Courses. *8th International Scientific Conference - E-Learning and software for Education*. Bucharest, April 26-27, 2012
- [20] Fernández-Manjón, B., Sierra, J.L., Martínez-Ortiz I., Moreno-Ger, P. (2011) Estándares en E-Learning y diseño educativo. Serie Informes 20. Instituto de Tecnologías Educativas (ITE) Ministerio de Educación.
- [21] Fraternali, P. (2010). Rich-Internet Applications. *IEEE Internet Computing* 14(3), 9-12.
- [22] Frossard, F., Barajas, M. and Trifonova, A. (2012). A Learner-Centred Game-Design Approach. Impacts on teachers' creativity. *Digital Education Review*, 21, 13-22.
- [23] Gallardo, J., C. Bravo, M.A. Redondo. (2012). A model-driven development method for collaborative modeling tools. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(3), 1086–1105.
- [24] García, F. J., Rodríguez, M^a J., Seoane, A. M., conde, M. Á., Zangrando, V., García, A. (2012) GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y E-Learning), USAL. *IE Comunicaciones* 15, pp. 85-94..
- [25] García-Peñalvo, F. J., Colomo-Palacios, R., Hsu, J. Y. (2013) Discovering Knowledge through Highly Interactive Information Based Systems. *Journal of Information Science and Engineering (JISE)*, 29(1)
- [26] García-Peñalvo, F.J., Conde, M.A., & Alier, M. (2011) Opening Learning Management Systems to Personal Learning Environments, *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), pp. 1222–1240.
- [27] García-Peñalvo, F.-J., Alier, M. & Lytras, M. (2012). Some Reflections about Service Oriented Architectures, Cloud Computing Applications, Services and Interoperability. *Journal of Universal Computer Science*. 18(11), pp. 1405-1409. June 2012.
- [28] Garzás, J., Enríquez, J., Irrazábal, E. (2012) *Gestión Ágil de Proyectos Software*. Kybele Consulting. 2012.
- [29] Geary, D., Horstmann, C.S. (2010). *Core JavaServer Faces* (3rd Edition). Prentice-Hall

- [30] Gee, J. P. (2007). *Good videogames and good learning: collected essays on video games*. New York: Peter Lang Publishing.
- [31] González, C., Cabrera, D. Barroso, A., López, D (2011). ULLMedia: Producción, distribución y producción de contenidos multimedia universitarios. Sierra, J.L., Sarasa, A (Eds.): *Ingeniería del Software en E-Learning*, pp. 15-26.
- [32] Hug, T. (Ed.). (2007). *Didactics of Microlearning: Concepts, Discourses and Examples*. New York: Waxmann Verlag GmbH.
- [33] Jacobson, I, Booch, G., Rumbaugh, J. (1999). *The Unified Software Development Process*. Addison-Wesley Professional.
- [34] Jurado, F., M.A. Redondo, and M. Ortega. (2012). Blackboard Architecture to Integrate Components and Agents in Heterogeneous Distributed E-Learning Systems: An Application for Learning to Program. *Journal of Systems and Software*, 85(7), 1621-1636.
- [35] Jurado, F., M.A. Redondo, M. Ortega. (2009). Providing Instructional Guidance with IMS-LD in COALA, an ITS for Computer Programming Learning. The 15th International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS'09).
- [36] Kop, R (2011). The challenges to connectivist learning on open online networks: Learning experiences during a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(3)
- [37] Kop, R. Fournier, H. (2010). New Dimensions to Self-Directed Learning in an Open Networked Learning Environment. *International Journal of Self-Directed Learning*, 7(2)
- [38] Kulathuramaiyer, N. & Maurer, H. (2007). Current Development of Mashups in Shaping Web Applications. In C. Montgomerie & J. Seale (Eds.), *Proc. of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2007*, pp. 1172-1177. Chesapeake, VA: AACE.
- [39] Laforcade, P. (2010). A domain-specific modeling approach for supporting the specification of visual instructional design languages and the building of dedicated editors. *Journal of Visual Languages & Computing*, 21(6): 347–358.
- [40] Marchiori, E. J., Serrano, A., del Blanco, A., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2012). Integrating Domain Experts in Educational Game Authoring: A Case Study. *2012 IEEE Fourth International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning* (pp. 72–76). Takamatsu, Japan: IEEE.
- [41] Marchiori, E. J., Torrente, J., del Blanco, Á., Moreno-Ger, P., Sancho, P., & Fernández-Manjón, B. (2012). A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. *Computers & Education*, 58(1), 590–599.
- [42] Marchiori, E.J., Ferrer, G., Fernández-Manjón, B., Povar-Marco, J., Suberviola, J. F., Giménez-Valverde, A. (2012). Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos a escolares: comparación de resultados frente a un grupo control. *Emergencias* 2012(24), 433-437.
- [43] Martin, R.C. (2011). *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices*. Pearson.
- [44] Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B & Fernández-Valmayor, A. (2009). Language engineering techniques for the development of E-Learning applications. *Journal of Network and Computer Applications*, 32(5), pp. 1092-1105.
- [45] Mödrtscher, F., Neumann, G., García-Barrios, V.M., & Wild, F. (2008). A Web Application Mashup Approach for E-Learning. Proc. of the 2008 OpenACS and LRN Conference, pp. 105–110
- [46] Montenegro-Marín, C.E., Cueva-Lovelley, J. M., Sanjuán-Martínez, O. & García-Díaz, V (2012) Domain specific language for the generation of learning management systems modules, *Journal of Web Engineering*, 11(1), pp. 23-50.
- [47] Moreno-Ger, P., Torrente, J., Bustamante, J., Fernández-Galaz, C., Fernández-Manjón, B., & Comas-Rengifo, M. D. (2010). Application of a low-cost web-based simulation to improve students' practical skills in medical education. *International Journal of Medical Informatics*, 79(6), 459–67.
- [48] O'Sullivan, J., Stewart, J. C. (2010). A Framework for Developing an Assessment of Industry Based-Learning Outcomes Using Agile Pedagogical Methods to Deliver Content in an Undergraduate ERP Business Course. Proc. of Student-Faculty Research Day, CSIS, Pace University. Pages D3.1-D3.6.
- [49] Paakki, J. 1995. Attribute Grammar Paradigms – A High-Level Methodology in Language Implementation. *ACM Comp. Surveys*, 27(2), 196-255.
- [50] Peñalvo, F., et al. (2011). Opening Learning Management Systems to Personal Learning Environments. *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), 1222-1240.
- [51] SALUD-in: Plataforma de rehabilitación virtual interactiva basada en videojuegos sociales para la salud y la educación física y en técnicas de interacción natural. N° ProID20100218. Retrieved December, 14, 2012 from <http://saludin.es/>
- [52] Sánchez, P., García-Saiz, D., & Zorrilla, M. Software Product Line Engineering for E-Learning Applications: A Case Study, XIV Simposio Internacional de Informática Educativa, pp. 377-382, 2012
- [53] Sarasa-Cabezuelo, A., Sierra, J.-L., Fernández-Valmayor, A. (2009). Processing Learning Objects with Attribute Grammars. 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009), Riga, Latvia, pp. 527-531.
- [54] Sarasa-Cabezuelo, A., Sierra-Rodríguez, J.L. (2013). The Grammatical Approach: A Syntax-Directed Declarative Specification Method for XML Processing Tasks. *Computer Standards & Interfaces*, 35(3), 114-131
- [55] Sarasa-Cabezuelo, A., Sierra-Rodríguez, J.L., Fernández-Valmayor, A. (2009) Procesamiento de Documentos XML Dirigido por Lenguajes en Entornos de E-Learning. *IEEE RITA*, 4(3) pp. 175-183.
- [56] Sarasa-Cabezuelo, A., Temprado-Battad, B., Martínez-Avilés, A., Sierra, J.-L., Fernández-Valmayor, A. (2009). Building an Enhanced Syntax-Directed Processing Environment for XML Documents by Combining StAX and CUP. Fourth International Workshop on Flexible Database and Information System Technology (FlexDBIST'09) Munich, Germany.
- [57] Sarasa-Cabezuelo, A., Temprado-Battad, B., Rodríguez-Cerezo, D., Sierra, J.-L. (2012). Building XML-Driven Application Generators with Compiler Construction Tools. *Computer Science and Information Systems Journal*, 9(2), 485-504
- [58] Sarasa-Cabezuelo, A., Temprado-Battad, B., Sierra, J.-L. (2011). Engineering Web Services with Attribute Grammars: A Case Study. *ACM SIGSOFT Software Engineering*, vol. 36, no. 1, pp. 1-8.
- [59] Sarasa-Cabezuelo, A., Temprado-Battad, B., Sierra, J.-L., Fernández-Valmayor, A. (2009). XML Language-Oriented Processing with XLOP. 5th International Symposium on Web and Mobile Information Services, Bradford, UK, pp. 322-327.
- [60] Sarasa-Cabezuelo, Navarro-Iborra, A., Sierra, J.-L., Fernández-Valmayor, A. (2008). Building a Syntax Directed Processing Environment for XML Documents by Combining SAX and JavaCC. 3rd International Workshop on XML Data Management Tools & Techniques (XANTEC'08), Turin, Italy, pp. 256-260.
- [61] Schwaber, K. (2007). *The enterprise and Scrum*. Microsoft Press.
- [62] Squire, K. (2005) "Toward a theory of games literacy," *Telemidium*, 52, (1-2), 9–15.
- [63] Stojanovic, L., Staab, S., Studer, R. (2001) E-Learning based on the Semantic Web. Proc. of WebNet'2001, World Conference of the WWW and Internet, pp. 1774-1783.
- [64] TANGO-H: Tangible Goals: Health. Retrieved December, 14, 2012 from <http://tangoh.iter.es/>
- [65] Temprado-Battad, B., Sarasa-Cabezuelo, A., Sierra, J.-L. (2010). Managing the Production and Evolution of E-Learning Tools with Attribute Grammars. 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010), Sousse, Tunisia, pp. 427-431
- [66] Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16–30.
- [67] VIDEM: Desarrollo de hábitos saludables y la educación física a través de videojuegos educativos motores para niños y adolescentes hospitalizados N° EDU2010-20010. Retrieved December, 14, 2012 from <http://videm.es/>
- [68] Winter, R. (1989) *Learning From Experience: Principles and Practice in Action-Research*. The Falmer Press, 1989
- Yazyi, S. A. (2011). Una experiencia práctica de Scrum a través del aprendizaje basado en proyectos mediado por TIC en un equipo distribuido. Tesis de Máster. Universidad de Salamanca.



Juan Manuel Dodero es Licenciado en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid y Doctor por la Universidad Carlos III de Madrid. Actualmente es Profesor Titular en la Universidad de Cádiz. Fue también profesor en la Universidad Carlos III de Madrid y trabajó como Ingeniero de Investigación y Desarrollo en la empresa *Intelligent Software Components S.A.* Sus principales

intereses de investigación se centran en la ingeniería y ciencias de la web y la mejora del aprendizaje usando tecnología.



Francisco-José García-Peñalvo realizó sus estudios universitarios en informática en la Universidad de Salamanca y en la Universidad de Valladolid y se doctoró en la Universidad de Salamanca. El doctor García-Peñalvo es el director del grupo de investigación GRIAL (Grupo de investigación en Interacción y E-Learning). Sus principales intereses de

investigación se centran en el E-Learning, Computadores y Educación, Sistemas Adaptativos, Ingeniería Web, Web Semántica y Reutilización de Software. Ha dirigido y participado en más de 15 proyectos de innovación e investigación. Fue Vicerrector de Innovación Tecnológica de la Universidad de Salamanca entre Marzo de 2007 y Diciembre de 2009. Ha publicado más de 100 artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha sido editor invitado en varios números especiales de revistas internacionales (*Online Information Review*, *Computers in Human Behaviour*, *Interactive Learning Environments*...). Además, es miembro del comité de programa de varias conferencias internacionales y revisor de varias revistas internacionales.



Carina González es Profesora Contratada Doctora del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Control, y Arquitectura de Computadores de la Universidad de La Laguna. Realizó su doctorado en Ciencias de la Computación, especializándose en técnicas de Inteligencia Artificial e Interacción

Persona-Computadora, llevando a cabo su tesis sobre el desarrollo de Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) para la educación de niños con necesidades educativas especiales (síndrome de *Down* y Dislexia). Sus principales áreas de interés de investigación son las aplicaciones de las técnicas de Inteligencia Artificial, multimedia, interfaces adaptativas y videojuegos sociales en Educación. También tiene una amplia experiencia en la aplicación de *buenas prácticas* en E-Learning y sistemas LMS. Fue Vicerrectora de Innovación Educativa y Tecnología y Directora de la Unidad de Enseñanza Virtual de la Universidad de La Laguna desde 2005 hasta 2011.



Pablo Moreno-Ger es Profesor Contratado Doctor del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial de la Universidad Complutense de Madrid. Es miembro del grupo de investigación e-UCM (<http://www.e-ucm.es>) y sus intereses investigadores cubren los diferentes retos educativos, técnicos e ingenieriles para conseguir la integración de los juegos educativos en el proceso

de aprendizaje. Dentro de esta área, su investigación se centra en facilitar la participación e integración de instructores, a través del uso de herramientas de autoría simples, como también a través del desarrollo de técnicas de seguimiento y monitorización automáticas que proporcionen a los instructores información acerca de cómo los estudiantes aprenden. Es autor de casi 50 publicaciones relacionadas con estos temas.



Miguel-Angel Redondo es Profesor Titular en el Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información de la Universidad de Castilla La Mancha (España). Sus intereses de investigación están enfocados en los campos de las tecnologías de la información aplicadas al Aprendizaje Colaborativo y a la Interacción Hombre-Computadora. Es responsable de diferentes proyectos de

investigación sobre el desarrollo de aplicaciones móviles y sistemas colaborativos para aprender a programar.



Antonio Sarasa-Cabezuelo es Licenciado en C.C.Matemáticas en la especialidad de C.C.Computación por la Universidad Complutense de Madrid, Ingeniero Técnico en Informática por la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Ingeniero en Informática por la Universitat Oberta de Catalunya y Doctor en Informática por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente

es Profesor Colaborador en la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid, siendo miembro del Grupo de Investigación ILSA (Ingeniería de Lenguajes Software y Aplicaciones). Su investigación se ha centrado en el ámbito del E-Learning, lenguajes de marcado y lenguajes específicos del dominio. Fue uno de los desarrolladores del proyecto *Agrega* de repositorios digitales. Ha publicado más de 50 trabajos de investigación en conferencias y revistas nacionales e internacionales. Así mismo, es miembro del Subcomité 36 de AENOR.



José-Luis Sierra es Diplomado y Licenciado en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid, y Doctor en Informática por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid, donde dirige el Grupo de Investigación ILSA. Su investigación se centra en el desarrollo y usos prácticos

de las herramientas de descripción de lenguajes de programación y en el desarrollo orientado a lenguajes de aplicaciones web e interactivas en los campos de las Humanidades Digitales y el E-Learning. El profesor Sierra ha dirigido y participado en varios proyectos de investigación en los campos de las Humanidades Digitales, E-Learning e Ingeniería de lenguajes Software. Los resultados de estos proyectos han sido publicados en alrededor de 100 artículos de investigación en revistas internacionales, conferencias y capítulos de libros. Es revisor habitual y miembro del comité de programa de revistas y congresos de prestigio. Así mismo, es miembro del Subcomité 36 de AENOR