

## Construcción de objetos virtuales de aprendizaje aplicando ingeniería de software

*Elsa P. Urrutia<sup>1</sup>, Fernando Urrutia<sup>1</sup>, Anita L. Larrea<sup>1</sup>, Thalía San Antonio<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Avenida Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato, Ecuador.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Avenida Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato, Ecuador.

Autores para correspondencia: (elsapurrutia, t.sanantonio, fernandourrutia, anitallarrea)@eta.edu.ec

Fecha de recepción: 28 de septiembre 2015 - Fecha de aceptación: 12 de octubre 2015

### RESUMEN

En este artículo se presenta una experiencia de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, en el uso de la metodología de ingeniería de software para desarrollar objetos de aprendizaje (ISDOA) en la creación de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), a través del desarrollo de un proyecto en el cual se creó un primer OVA para ser utilizado en la plataforma virtual de aprendizaje (EVA) de la carrera de Ingeniería en Sistemas. El uso de este OVA ha permitido mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el sistema presencial de la universidad, ayudando a los estudiantes a adquirir más conocimientos mediante la vinculación de la teoría y la práctica con el uso de simulaciones en 3D.

Palabras clave: Objetos Virtuales de Aprendizaje, Ingeniería de Software, Plataforma Virtual de Aprendizaje.

### ABSTRACT

This article presents the results of the use of SEDLO methodology at the Universidad Técnica de Ambato for the creation of virtual learning objects (OVA). The project was developed in the Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, and enabled the creation of an OVA that was used in the virtual learning platform (EVA) of the university, specifically for the Software Engineering career. The use of OVA improved the traditional teaching-learning process in the classroom, helping students to acquire more knowledge by linking theory with practice through 3D simulation.

Keywords: Virtual learning objects, software engineering, virtual learning platform.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pedagogía, al igual que otras áreas del conocimiento, ha evolucionado en sus prácticas, objetos de estudio, formas de investigar y, por consiguiente, en los modos de tratar y generar nuevos conocimientos. El aprendizaje electrónico (e-learning) es una de las herramientas tecnológicas que actualmente están ayudando a resolver muchos de los problemas educativos con que se enfrenta la sociedad de nuestros días. Problemas como el aislamiento geográfico del estudiante de los centros de saber o la necesidad de formación constante de los integrantes de la sociedad del conocimiento, promovida por el Plan Nacional del Buen Vivir (Senplades, 2013), son ejemplos de situaciones que pueden superarse con el desarrollo y mejora de soluciones tecnológicas en el campo del e-learning.

Los docentes tienen la necesidad de adoptar, adaptar y desarrollar recursos y actividades digitales que están siendo incorporados en sus módulos formativos, sin embargo estos recursos han tendido al uso individual, causando problemas como la duplicidad de la información en las aulas virtuales, con el

consiguiente desaprovechamiento de espacio de almacenamiento disponible, la duplicidad de esfuerzos en búsquedas de material, la pérdida de esta información por desvinculaciones de los docentes de los centros de enseñanza, y principalmente, el riesgo de que la información se use de manera incorrecta.

Dentro de la nueva perspectiva de la enseñanza centrada en el aprendizaje en los entornos de formación virtual, la definición de objeto virtual de aprendizaje (OVA) juega un papel importante en la construcción y distribución personalizada de contenidos, así como en la reutilización de éstos en nuevos contextos (Moral & Cernea, 2005).

Una de las principales dificultades en la construcción de los OVAs, es la tendencia a la no utilización de la Ingeniería del Software (IS) provocada porque los proyectos son liderados por profesionales que enfatizan más en el producto que en el método. Por lo tanto, las soluciones quedan expuestas a procesos de ensayo y error, lo que implica que si bien en algunas ocasiones se alcanzan soluciones óptimas, en general se propongan objetos que difícilmente pueden ser incluidos en los procesos de aprendizaje, ya que no cubren las necesidades de docentes y estudiantes involucrados (Parra, 2011). Debido al grado de complejidad de estos proyectos por la diversidad de tecnologías a emplear y la diversidad profesional del equipo de trabajo, se hace necesario aplicar y adaptar técnicas tradicionales de IS para garantizar su éxito.

Un OVA se define como un mediador pedagógico que es construido con el objetivo principal de servir al propósito de aprendizaje y ayudar a los actores de las diversas modalidades académicas. Este debe construirse a partir de criterios como atemporalidad, didáctica, interacción, usabilidad y accesibilidad (López *et al.*, 2013).

Para fines de este trabajo se tomará la definición de objeto de aprendizaje (OA) utilizada por Martínez, la cual dice que se considera que cualquier recurso con un objetivo formativo, compuesto por uno o varios elementos digitales, descrito con metadatos, que pueda ser utilizado y reutilizado dentro de un entorno e-learning, se puede considerar como un objeto de aprendizaje (Fig. 1) (Martínez, 2005).



**Figura 1.** Composición de un Objeto de Aprendizaje (Martínez, 2005).

La Ingeniería de Software (IS) es la aplicación sistemática de métodos, herramientas y técnicas para cumplir con el requisito u objetivo establecido para un efectivo y eficiente software (Thayer, 2002). La IS aplicada a la construcción de OVAs se define como el estudio de los conceptos, métodos, modelos, técnicas y herramientas para facilitar el análisis, diseño, producción, implementación, evaluación y prueba de productos de software dirigidos a mejorar procesos de aprendizaje. Este software debe tener una estrecha relación de ayuda y conjunción de conceptos entre la práctica docente, la didáctica y la IS (Parra, 2011).

El objetivo principal de este proyecto es determinar la necesidad, analizar, diseñar, desarrollar y probar un OVA, medir el impacto de su aplicación en el módulo formativo que mayor dificultad representa para los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (FISEI) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA). Adicionalmente, se debe crear un almacén público al cual se incorpore el OVA creado y ponerlo a disposición de la comunidad educativa.

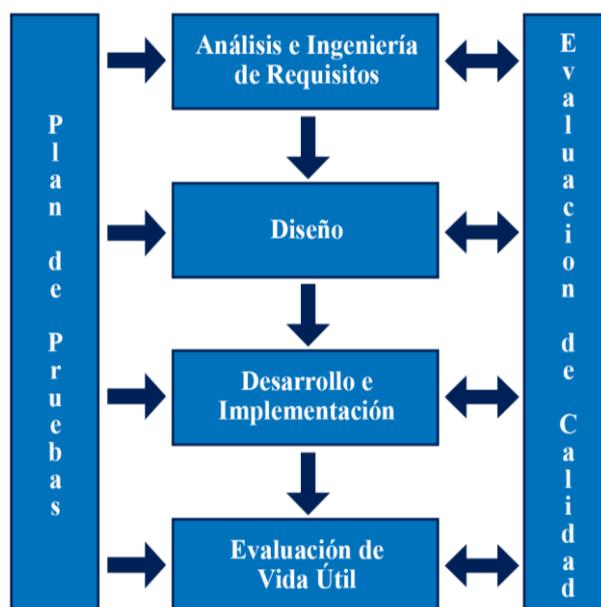
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la fase inicial de este proyecto, se investigaron varias metodologías disponibles para el desarrollo de OVAs como MESOVA (Parra, 2011), METOVA (Javeriana, 2009), MACOBA (Margain *et al.*, 2009), UBOA (Sandoval *et al.*, 2013) e ISDOA (Serna *et al.*, 2012). Una comparativa parcial se muestra en la Tabla 1.

Se decidió utilizar la metodología ISDOA (Ingeniería de Software para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje), SEDLO por sus siglas en inglés (Serna, 2012), porque acopla los conceptos de IS en el desarrollo de OVA, permite que la parte pedagógica se encuentre incluida en todo el ciclo de vida del OVA y facilita el desarrollo por incrementos (cada incremento libera parte de la funcionalidad requerida), permitiendo obtener resultados tangibles en todo el proceso.

**Tabla 1:** Comparativa (parcial) de algunas de las metodologías evaluadas.

Característica	MESOVA	METOVA	MACOBA	ISDOA
Patrones de Aprendizaje Colaborativo	No	No	Sí	Sí
Fases	Concepción del objeto Diseño y desarrollo modular evolutivo Integración y despliegue Pruebas de aprendizaje Consolidación	Planeación conjunta Propuestas didácticas e informáticas Mapa de navegación	Requerimientos Análisis Diseño y desarrollo Implementación Evaluación	Análisis e ingeniería de requerimientos Diseño Desarrollo e implementación Evaluación de vida útil *Plan de pruebas *Evaluación de calidad *Se aplica en todas las fases



**Figura 2.** Ciclo de vida ISDOA. Interrelación entre las fases de la metodología y la aplicación del Plan de Pruebas y la Evaluación de Calidad a cada una.

ISDOA difiere de otras propuestas por ser una metodología que se soporta en dos principios fundamentales, el plan de pruebas y evaluación de calidad, que deben ejecutarse en todas sus fases, con la finalidad de validar y verificar constantemente el producto y obtener un resultado final de mejor calidad. En la Figura 2 se puede observar que sobre cada una de las cuatro fases de ISDOA (cuadros centrales) se aplica el Plan de Pruebas y la Evaluación de Calidad.

### 2.1. Análisis e ingeniería de requisitos

Durante esta etapa se definió el grupo de trabajo, el cual fue integrado por 2 analistas en Tecnologías de la Información, un pedagogo, un docente y un estudiante. A partir de los resultados de las entrevistas que semestralmente se realizan a los estudiantes de la FISEI, en las cuales se evalúa la metodología del profesor, el proceso de aprendizaje, entre otros aspectos, se determinó que la unidad temática “Ensamblaje de un computador de escritorio” del módulo formativo “Arquitectura de Computadoras” que se imparte en el tercer semestre como parte de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (FISEI) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), es una de las que mayores dificultades presenta para el estudiante porque la teoría y la práctica no están fuertemente integradas en la metodología de enseñanza, provocando que al llegar a la práctica el estudiante no aplique completa y correctamente los conocimientos adquiridos. Por ello, se determinó la necesidad de desarrollar un OVA que permita simular un ambiente real y se use durante las horas teóricas del módulo.

Al final de esta fase se obtuvo el documento de especificación de requisitos del OVA a desarrollar. El OVA:

- Dispondrá en representación 3D todos los componentes hardware de un computador de escritorio, como: componentes internos del CPU (tarjeta madre, procesador, módulos RAM, fuente de poder, tarjeta de red, tarjeta de video, disco duro y lector DVD), monitor, mouse y teclado.
- Presentará una breve descripción de cada componente.
- Simulará y evaluará el proceso de ensamblaje de cada uno de los componentes.
- Mostrar instrucciones paso a paso de cómo se está realizando el ensamblaje de la PC.
- Contener formularios de evaluación con preguntas sobre el tema, dichas preguntas serán de tipo verdadero/falso, cerradas, sí/no y de selección múltiple.
- Podrá utilizarse desde cualquier explorador web moderno.

### 2.2. Diseño

Durante esta fase se diseñó la funcionalidad del OVA utilizando UML (Unified Modeling Language), lenguaje de modelado que ayuda a especificar, visualizar y documentar esquemas de sistemas de software, incluyendo su estructura y diseño, de manera que cumpla con todos los requisitos (OMG, 2013).



Figura 3. Diagrama de casos de uso: Evaluación al estudiante.

Con la finalidad de obtener la arquitectura del software, UML ofrece algunos diagramas, para este fin se utilizó el diagrama de casos de uso y de actividades. En la Figura 3 se puede observar el diagrama de caso de uso de uno de los procesos que se lleva a cabo en el OVA: la evaluación al estudiante.

A través de los diagramas de actividades, se describen las acciones que debe realizar el OVA para cada fase descrita en el correspondiente diagrama de casos y cómo éste interactúa con el usuario. Por ejemplo, en la Figura 4, se describen las actividades del caso de uso “Ingresar respuestas”.

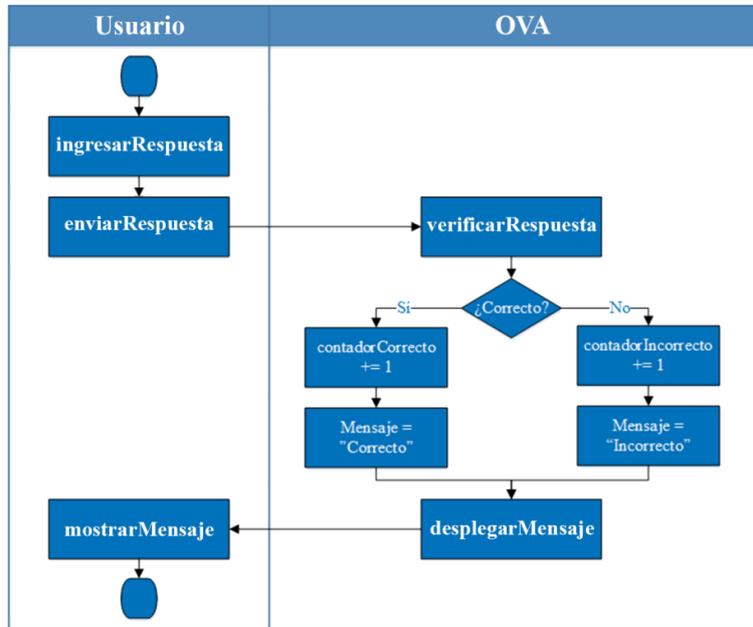


Figura 4. Diagrama de actividades en UML: Ingresar respuestas.

### 2.3. Desarrollo e implementación

En esta fase se definieron las herramientas para desarrollar el OVA. Se seleccionó la herramienta de animación 3D SolidWorks para hacer el diseño de los componentes y las animaciones utilizadas en la simulación del ensamblaje.

Para desarrollar la aplicación de simulación se utilizó HTML5. Para el ensamblaje de una tarjeta madre, el OVA presenta en pantalla un menú con los componentes que se ensamblarán arrastrándolos y soltándolos sobre la tarjeta madre mostrada en el espacio de simulación (ver Figura 5a).

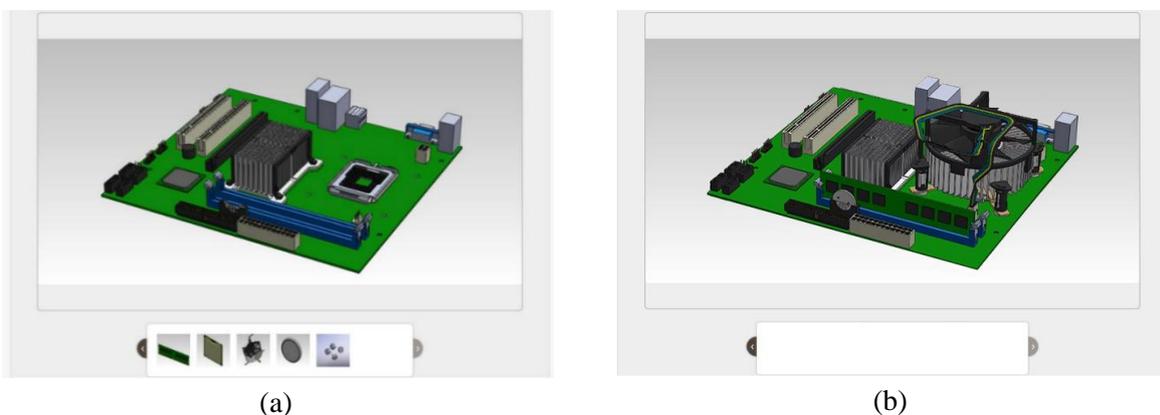


Figura 5. Espacio de simulación del OVA, componente “tarjeta madre” (a) sin ensamblar, (b) completamente ensamblado.

El OVA verifica si el orden de selección de los componentes es correcto, si la posición y la orientación del componente son correctos; por ejemplo, para ensamblar el disipador de calor, el procesador debe estar acoplado a la tarjeta madre; caso contrario, el OVA emite un mensaje error. Finalmente, si el estudiante ha colocado todos los componentes del menú en el espacio de simulación, entonces ha alcanzado el objetivo como lo muestra la Figura 5b: ensamblar correctamente un componente.

#### 2.4. *Evaluación de vida útil*

En esta fase se tomaron en cuenta varios indicadores para poder evaluar la vida útil del OVA (Serna, 2012), entre los más importantes se encuentran:

- Cambios en las competencias formativas.
- Nuevas temáticas en el área de conocimiento.
- Eliminación de la dificultad formativa.

Una respuesta positiva en alguno de esos indicadores define si el OVA debe ser actualizado o definitivamente retirado, en dependencia de la situación actual de la temática.

#### 2.5. *Plan de Pruebas*

En la creación del OVA “Ensamblaje de un computador de escritorio” se aplicó un conjunto de pruebas:

- En la *fase de análisis de requisitos* se aplicó la prueba de aceptación del documento de especificación de requerimientos: El docente del módulo formativo revisó y aceptó los requerimientos especificados.
- En la *fase de desarrollo e implementación* se aplicaron pruebas de caja negra (Scalone, 2006) y se obtuvieron los siguientes resultados:
  - Las funciones que realiza el OVA son claras y precisas.
  - El ingreso al OVA es fácil y sencillo.
  - La interfaz de usuario del OVA no permite confusión en su manipulación.
  - Se mantiene la integridad del OVA durante su uso.
- Para entregar el OVA al docente, también se aplicó la prueba de aceptación, a través de la cual éste verificó que el OVA cumple con lo plasmado en el documento de especificación de requisitos aceptado en la *fase de análisis*.
- Posteriormente, el OVA se incorporó al aula virtual del módulo formativo para que los estudiantes lo probaran y evaluaran. Se aplicó una encuesta.

#### 2.6. *Evaluación de calidad*

Hay muchas formas de evaluar la calidad de un OVA; sin embargo, al haber aplicado una metodología basada en IS como ISDOA, se hace énfasis en el cumplimiento de estándares de calidad que debe tener un software (Scalone, 2006):

- ✓ *Calidad del contenido:* La información pedagógica incorporada al OVA desarrollado fue proporcionada por los docentes que imparten el módulo en cuestión, quienes conocen claramente de las necesidades educativas de los estudiantes.
- ✓ *Motivación:* A través de imágenes, animaciones y simulaciones en 3D el OVA desarrollado transmite conocimiento y motivación al estudiante.
- ✓ *Usabilidad:* Los estudiantes evaluaron el OVA desarrollado durante su proceso formativo y afirmaron, a través de una encuesta, que el OVA fue muy fácil de comprender y usar.
- ✓ *Reusabilidad:* El OVA desarrollado puede utilizarse no solamente para el módulo formativo mencionado, sino para cualquier otro que lo requiera; a través del almacén de OVA (DSpace) disponible en la UTA.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha descrito, aplicando la metodología ISDOA se creó un OVA para el módulo formativo “Arquitectura de Computadoras”, específicamente para la unidad temática “Ensamblaje de un computador de escritorio”, que se imparte en el tercer semestre como parte de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (FISEI) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA).

Para evaluar el impacto que el OVA “Ensamblaje de un computador de escritorio” tuvo en el módulo formativo se aplicó una encuesta a los 70 estudiantes que reciben este módulo. De esta encuesta se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 2):

- El 100% de los estudiantes comprendió rápidamente el objetivo del OVA y el 97% indicó que la información presentada estaba clara.
- El 98.6% de los estudiantes considera innovador el método de enseñanza utilizado en el OVA y que las actividades contenidas en el OVA facilitan el aprendizaje del tema, y el 95,7% expresó que se sintieron motivados para investigar más sobre el tema.
- El 95.7% de los estudiantes reconoció haber adquirido mucho conocimiento con el uso del OVA y el 97% indicó que su nivel de motivación hacia el módulo formativo fue alto.
- El 100% de los estudiantes reconocieron que la navegación por la interface del OVA y la forma de realizar las tareas era muy clara.

**Tabla 2:** Resultados (parciales) de la encuesta sobre el uso del OVA desarrollado aplicada a los estudiantes.

Preguntas	Respuestas		
	Sí	No	
¿El objetivo del OVA está claramente definido?	70	0	
¿La información presentada en el OVA es clara?	68	2	
¿El método de enseñanza utilizado en el OVA es innovador?	69	1	
¿Las actividades contenidas en el OVA facilitan el aprendizaje?	69	1	
¿El método de enseñanza utilizado en el OVA le motivó a investigar más sobre el tema?	67	3	
	Mucho	Poco	Nada
¿Qué nivel de conocimiento adquirió al haber utilizado el OVA?	67	3	0
¿Cuál es el nivel de motivación adquirido a través del OVA?	68	2	0
	Clara	Poco clara	Confusa
La forma en la que el OVA le permite realizar las tareas solicitadas le resulta.	70	0	0
La navegación a través del OVA le resulta.	70	0	0

Así mismo, en las entrevistas semestrales aplicadas al finalizar el semestre durante el cual se usó el OVA, la cantidad de estudiantes que indicaron que la unidad temática “Ensamblaje de un computador de escritorio” del módulo formativo “Arquitectura de Computadoras” les representa dificultades de aprendizaje se redujo de 28 a sólo 2, respecto del semestre inmediato anterior; lo cual indica que se alcanzó el objetivo del OVA desarrollado: mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del módulo formativo seleccionado.

Utilizando la herramienta de software libre DSpace obtenida de su sitio web oficial [www.dspace.org](http://www.dspace.org), se creó un repositorio virtual de objetos de aprendizaje en la UTA. En este

repositorio público, que se encuentra accesible para toda la comunidad educativa, se publicó el OVA creado.

#### 4. CONCLUSIONES

Las oportunidades que brindan los objetos de aprendizaje, debido a sus amplias características, están provocando un cambio en la forma de afrontar las iniciativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje virtual. De acuerdo a la experiencia presentada en este trabajo uno de los grandes desafíos lo representa la coordinación de los esfuerzos, en muchos casos dispersos, de los diversos actores que participan en la creación de un OVA, con la finalidad de que éste permita conformar un material didáctico suficiente y de calidad para los docentes y estudiantes que requieren desarrollar destrezas necesarias en la nueva era del conocimiento.

Los resultados que se presentan en relación con las mejoras en el rendimiento estudiantil indican que si bien la aplicación de la Ingeniería de Software en el desarrollo de los OVAs requiere de un esfuerzo significativo, entre otros debido a la cantidad de personas que intervienen en su desarrollo y evaluación, su aporte permite lograr la creación de OA que satisfacen las necesidades y expectativas de calidad de sus usuarios.

Se considera un logro significativo que ahora la UTA cuente con un repositorio de OVAs, de carácter público y por tanto disponible para toda la comunidad educativa. Se espera que a corto plazo este repositorio siga enriqueciéndose con el desarrollo de nuevos OVAs que permitan mejorar el rendimiento estudiantil de las diversas carreras que oferta la universidad.

Como una etapa posterior a la realización de este trabajo se tienen planificado una serie de talleres formativos, a fin de difundir el repositorio y su potencialidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, para la comunidad universitaria a fin de fomentar su crecimiento y con el fortalecer nivel educativo de los estudiantes.

#### 5. REFERENCIAS

- Javeriana C., 2009. *Objetos de aprendizaje*. Cali, Colombia: Multimedios.
- López R., D. Nelson, Á. Franco, 2013. *Nuevas formas de enseñar y aprender*. [Online]. Disponible en: [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-88892.html#h2\\_1](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-88892.html#h2_1), Consultado el 24 Sep. 2015.
- Margain, M, J. Muñoz, F. Álvarez, 2009. Metodología de Aprendizaje Colaborativo fundamentada en patrones para la producción y uso de Objetos de Aprendizaje. *Revista Investigación y Ciencia*, 44, 22-28.
- Martínez, A., 2009. *Innovación y competitividad en la sociedad del conocimiento*. México: Plaza y Valdés Editores, 568 pp.
- Moral, E., D.A. Cernea, 2005. *Diseñando Objetos de Aprendizaje como facilitadores de la construcción del conocimiento*. Proc. II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables. Barcelona, España: SPDECE. Disponible en <http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/pdf/ID16.pdf>. [Consultado el 17 Sep. 2015].
- Object Management Group, 2013. *Introduction to OMG's Unified Modeling Language*. Disponible en [http://www.omg.org/gettingstarted/what\\_is\\_uml.htm](http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm). [Consultado el 18 Sep. 2015].
- Parra, E., 2011. Methodology Proposal of Software Development for Virtual Learning Objects - MESOVA-. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1, 113-137.
- Sandoval, E., C. Montañez, L. Bernal, 2013. *UBoa - Metodología para la creación de Objetos de Aprendizaje de la Universidad de Boyacá*. Boyacá, Colombia.

- Scalone, F., 2006. *Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software*. Tesis de Magister, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.
- Senplades, 2013. *Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017*. Ecuador. [Online]. Disponible en: <http://www.buenvivir.gob.ec/documents/10157/26effa35-aaa8-4aec-a11c-be69abd6e40a>. [Consultado el 27 Sep. 2015].
- Serna, E.M., 2012. *Análisis y comparación de las propuestas recientes para diseñar casos de prueba desde los casos de uso orientados a verificar los aspectos funcionales del software*. Tesis de Magíster, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Serna, E., C. Castro, T. Botero, 2012. *SEDLO: software engineering for developing learning objects*, Proc. 6th Euro American Conf. on Telematics and Information Systems (EATIS), Valencia, Spain. Disponible en <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2261605.2261658&coll=DL&dl=ACM&CFID=235692483&CFTOKEN=65203704>. [Consultado el 24 Sep. 2015].
- Thayer, R.H., 2002. *Software System Engineering: A Tutorial*. En: Thayer, R.H., M. Dorfman (Eds.), *Software Engineering, 1: The Development Process* (2<sup>nd</sup> ed.). Los Alamitos, CA: IEEE CS Press, pp. 97-116.