

Diseñando Entornos Virtuales de Aprendizaje para el Análisis de la Colaboración con UWE

Cynthia Soto, Juan P. Ucán*, Raúl A. Aguilar

¹Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán

Cyntsc10@gmail.com, {juan.ucan, avera}@uady.mx

*Autor para correspondencia

Abstract

Web applications require compliance with the basic principles used for traditional applications in the field of Software Engineering, however, the World Wide Web as a domain, has particular characteristics that over time have given rise to a specialty known as Engineering Web. This paper describes the use of a Web Engineering method (UWE, UML-based Web Engineering) for the modeling of a Collaborative Virtual Learning Environment, which contains an interaction analysis tool based on Opening Sentences that indicate the intentions of speech. The analysis of the collaboration allows verify in working groups, the impact they have during the realization of learning activities.

Resumen

Las aplicaciones Web requieren cumplir con los principios básicos utilizados para aplicaciones tradicionales en el ámbito de la Ingeniería de Software, no obstante, el World Wide Web como dominio, tiene características particulares que con el paso del tiempo han dado origen a una especialidad conocida como Ingeniería Web. En este artículo se describe la aplicación un método de Ingeniería Web (UWE, *UML-based Web Engineering*) para el modelado de un Entorno Virtual Colaborativo para Aprendizaje, el cual contiene una herramienta de análisis de interacciones a partir de Oraciones de Apertura que indican las intenciones del habla. El análisis de la colaboración permite verificar en grupos de trabajo el impacto que tienen durante la realización de actividades de aprendizaje.

Keywords and phrases: Entornos Virtuales de Aprendizaje, Indicadores de Colaboración, Ingeniería Web, Modelado del Grupo, UWE.

2010 Mathematics Subject Classification: 67N30

Fecha de recepción: Agosto 1, 2018 / Fecha de aceptación: septiembre 5, 2018

1 Introducción

Computer Supported Collaborative Learning es un área emergente en el ámbito de la Informática educativa, que ha tenido gran impacto en la educación asistida por computadora, en éste se entrelazan técnicas y recursos educativos, con técnicas y recursos computacionales, en la búsqueda de soluciones a problemas relacionados con el desarrollo de habilidades colaborativas entre estudiantes que estudien bajo el esquema de equipos de trabajo. en los sistemas de tutoría; consecuentemente bajo esta premisa, en el desarrollo de un proyecto de investigación planteamos la posibilidad de diseñar un entorno virtual de aprendizaje por medio de una aplicación Web, que permita el modelado de grupos, enfocada principalmente en obtener indicadores de la colaboración del grupo y su impacto durante la realización de actividades de aprendizaje en el área de la Ingeniería de Software.

En el proyecto de investigación —desarrollado en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)— del cual se deriva el presente artículo, combinamos dos importantes áreas de las Ciencias Computacionales, por un lado, trabajamos en la construcción de un “*Mecanismo de Modelado de las Interacciones del Grupo*” a partir de un conjunto de indicadores basados en una “Red de Habilidades de Comunicación”, y por otro, aplicamos un procedimiento de Diseño Software para representar este tipo de aplicaciones interactivas, a través de un Método de Ingeniería de Software —para aplicaciones Web— conocida como UWE [1].

El documento está estructurado como sigue: La sección II aborda el marco de referencia donde se hablará del aprendizaje colaborativo asistido por computadora e ingeniería web, la sección III se describe la metodología de trabajo, la sección IV presenta desarrollo y en la sección V se discuten las conclusiones.

2 Marco de referencia

2.1 Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora

Los entornos desarrollados bajo el paradigma del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora, CSCL —por sus siglas en inglés, *Computer Supported Collaborative Learning*— se fundamentan en la Teoría Socio-Constructivista, la cual se enfoca en la idea de que el conocimiento del ser humano es construido sobre esquemas previos y el entorno social, de aquí la adopción del “Paradigma Colaborativo” [2]. Aunque el aprendizaje en sí mismo es considerado un proceso individual, diferentes teorías sociales hoy consideradas constructivistas expuestas por sus más importantes representantes, Lev Vygotsky (Zona del Desarrollo Próximo), Jean Piaget (Constructivismo Psicológico), David Ausubel (Aprendizaje Significativo) y Jerome Bruner (Aprendizaje por Descubrimiento), nos ofrecen un marco teórico que sustenta porque los entornos socio-constructivistas pueden catalizar o mejorar el proceso de aprendizaje individual a través de las actividades de grupo, que adyacentemente desarrolla habilidades sociales que se extrapolan a otras áreas de desarrollo del individuo.

Históricamente, los Entornos Virtuales de Aprendizaje, EVA —por sus siglas en inglés, *Virtual Learning Environments*— detonan con la introducción de los recursos informáticos, lo que da origen a los CSCL como una forma innovadora de aplicar métodos de aprendizaje a través de procesos sociales, dejando de lado los tradicionales sistemas educativos centralizados en el maestro. Bajo el CSCL, “aprender de forma conjunta” significa la inclusión de técnicas que deben cubrir aspectos de “aprendizaje colaborativo” y “soporte asistido por computadora”, lo que significa analizar aspectos de la colaboración encaminados a ofrecer algún tipo de retroalimentación a sus usuarios, estas dos características involucran una complejidad considerable y deben ser analizadas cuidadosamente durante el planteamiento de los requerimientos del sistema y su diseño e Ingeniería Web.

Otros aspectos importantes que deben ser planificados durante el diseño de estos entornos son: la interdependencia positiva (metas, tareas, recursos, roles), la interacción (intercambio de ideas y recursos), la contribución individual (compartir el conocimiento) y la cohesión de grupo (habilidades sociales). Por otro lado, también existen aspectos integrales que deben planificarse para cumplir el ciclo evolutivo de este tipo de escenarios, por ejemplo: planificar las herramientas que permitirán al profesor interactuar con la aplicación, tales como: monitorización del desempeño de los estudiantes, control de grupos y asignación de tareas, pruebas de evaluación y retroalimentación sistemática para los estudiantes —en caso de que aplique.

Podríamos resumir de la definición de Koschmann [3] que los entornos bajo el paradigma CSCL se centran en el uso de la información y la tecnología de la comunicación como herramienta de mediación dentro de los métodos de colaboración de la instrucción, que tiene como finalidad la construcción del conocimiento compartido a través de la interacción social de los miembros del grupo que lo integran. El “paradigma colaborativo” es el fundamento teórico que sustenta la existencia de estos entornos y es definida por Dillenbourg como “una situación en la cual dos o más individuos intentan aprender algo juntos”, sin que esto garantice que dicho aprendizaje se dé, sin embargo, esta condición de interacción social es la que posibilita disparar dichos mecanismos de aprendizaje [4].

2.2 Ingeniería Web

La Ingeniería Web, podría decirse que a menudo suele asociarse este concepto con la construcción de sitios Web estáticos o dinámicos por igual, no obstante, la Ingeniería Web se enfoca en el modelado y diseño sistemático de aplicaciones Web con alto contenido de interacción, donde además de cumplir con los principios básicos de la Ingeniería de Software, nos obliga a observar la usabilidad, navegabilidad, reusabilidad y mantenimiento, entre otros, de los artefactos, componentes, modelos de representación y procesos de la aplicación.

Debido a los requisitos no funcionales que presentan las aplicaciones Web, algunos autores como Gaedke [5] comentan que la Ingeniería de Software (IS) se enfrenta a limitaciones importantes, para las cuales se requiere de nuevos esquemas de modelado que permitan implementar las fuertes dinámicas de cambio aplicables a sistemas longevos y de la naturaleza distribuida del medio. De allí, que a finales de los 80's surgieran varios modelos para Web —aunque basados en los clásicos— utilizando un enfoque orientado a objetos. Este es el caso del proyecto aquí descrito, ya que este "Mecanismo de Modelado del Grupo" fue planteado como una propuesta para Web, donde muchos grupos de estudiante pudieran interactuar en forma síncrona en el desarrollo de alguna tarea, y además el sistema pudiera interoperar con otras plataformas institucionales, como en nuestro caso fue con Moodle —para la validación de credenciales de los estudiantes. La Ingeniería Web podemos definirla entonces, como “la aplicación de metodologías sistemáticas, disciplinadas y cuantificables al desarrollo eficiente, operación y evolución de aplicaciones de alta calidad en la World Wide Web”. Esto es, controlar el desarrollo Web, planificando e integrando todas las relaciones importantes entre sus elementos a fin de evitar costes y tiempo adicionales derivados del procesamiento derivado de un planteamiento o representación esquemática inadecuada, errónea o incompleta. De allí que hemos sido muy cuidadosos en la selección de la metodología.

Existen muchas herramientas para el desarrollo de aplicaciones Web, sin embargo, no hay una distinción clara entre las herramientas de modelado y desarrollo para este tipo de aplicaciones, esto crea confusión a la hora de seleccionarlas. UWE intenta cubrir el ciclo de vida completo de una aplicación Web [1], UWE propone el desarrollo de cinco modelos: *Diagrama de casos de uso*, *Diagrama de contenido*, *Diagrama de navegación*, *Diagrama de presentación* y *Diagrama de proceso*. El modelo de casos de uso describe los requisitos de la aplicación, el modelo conceptual (modelo de contenido) que se corresponde con un modelo orientado a objetos tradicional que describe las entidades utilizando notación UML (*Unified Modeling Language*), el modelo de interfaz que describe la presentación de objetos de la interfaz, modelo de navegación que describe la vista de navegación

en el modelo conceptual, y el modelo de proceso que representa las actividades que se conectan con cada clase de proceso.

En todos los modelos propuestos se utiliza el tipo notación (Figura 1) y estereotipos (Figura 2) definidos por UML.



Figura 1. Ejemplos de Notación en UML [1].

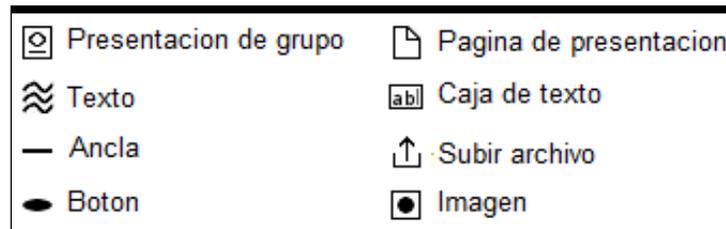


Figura 2. Ejemplos de Estereotipos [1].

Con respecto a otros métodos aplicables, entre los dedicados para Web encontramos: OOHD (Object-Oriented Hypermedia Design Model) [6], WEBML (Web Modeling Language) [7] y OO-H (Object Oriented approach), entre otros.

Para esta investigación se seleccionó UWE [1], UWE es considerada una extensión de UML, basado en esto, se utilizó MagicDraw [8] como herramienta para el diseño, cabe mencionar que esta herramienta también aplica otros estándares como MDA, XMI, MOF, QVT y XML [8]. UWE integra los aspectos de notación de UML caracterizados por estar enfocado hacia la Ingeniería de Sistemas para el dominio Web.

3 Metodología de trabajo

En el presente artículo se describe la propuesta para el desarrollo de un modelo computacional capaz de recolectar, filtrar, medir, analizar y representar en forma textual y gráfica las interacciones colaborativas —habilidades de comunicación tipificadas bajo un modelo de red de habilidades conversacionales— de los grupos de estudiantes —conformados por dos y/o tres integrantes— mientras estos resuelven actividades de aprendizaje en una sesión de 45 minutos, encaminada al diseño conceptual de una Base de Datos —mediante la construcción del Diagrama Entidad-Relación. Para lo anterior, fue necesario considerar algunas características propias de los sistemas de tutoría, y plantear una solución formal acorde a este tipo de aplicaciones. Para ello continuación se listan los tres ejes de trabajo para esta propuesta de solución.

1. Creación de un modelo computacional para el análisis e interpretación de los indicadores de colaboración.
2. Diseño de una herramienta para el modelo computacional propuesto.
3. Construcción de la herramienta propuesta.

4 Desarrollo

4.1 Modelo computacional

El primer eje trabajo consistió en la creación de un modelo computacional para analizar e interpretar la colaboración de grupos de trabajo a partir de los indicadores generados basados en la colaboración (ver Tabla 1), dicho modelo le denominaremos en lo sucesivo: MAIC; la Figura 1 ilustra un ejemplo de la producción de un indicador mediante el modelo.

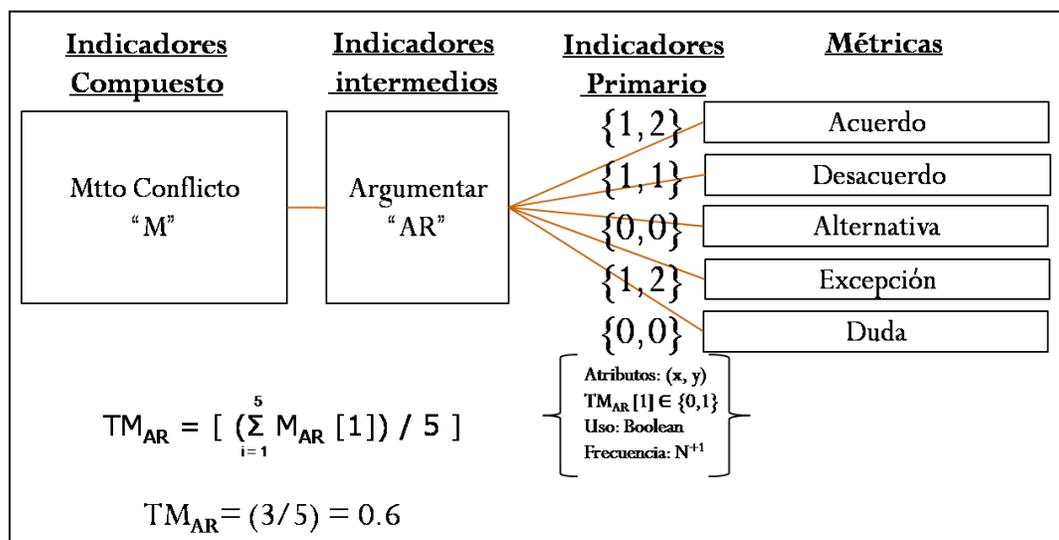


Figura 3. Ejemplo de producción de un indicador de la colaboración a través del MAIC.

En el ejemplo que se ilustra en la Figura 3, el grupo de estudiantes usó los atributos Acuerdo, Desacuerdo y Excepción (3 de 5 posibles opciones); de allí que de acuerdo al método de obtención del IC R2, el valor obtenido para Argumentar es: $3/5 = 0.6$; es decir, se utilizó esta habilidad en un 60%.

4.2 Diseño de la herramienta

En este apartado se presenta el modelado mediante el método UWE —por sus siglas en inglés, UML-based Web Engineering— para realizar los diagramas de casos de uso, de contenido, presentación, proceso y navegación, todos bajo un estándar de ingeniería de software apropiado, para reducir espacio en este artículo, más adelante solo se presentarán los primeros tres diagramas.

Los principales servicios y prestaciones considerados en la arquitectura Web del EVC, el cual implementa al MAIC, son listados a continuación:

TABLA 1. INDICADORES DE LA COLABORACIÓN (IC) DEL MODELO DE ANÁLISIS MAIC.

Indicador	Criterio de análisis
R1 (Grupal)	<p>IC del equipo en base a las "Subclases" de la TX.</p> <p>Obtiene una perspectiva general del dominio de habilidades conversacionales que el grupo posee con respecto a las subclases de habilidades de la TX; discrimina el detalle de la diversidad y frecuencia del uso de habilidades del lenguaje que el grupo de estudiantes pueda alcanzar</p>
R2 (Grupal)	<p>IC del equipo en base a los "Atributos" de las SubClases de la TX.</p> <p>Obtiene una perspectiva detallada del dominio de habilidades conversacionales colaborativas que el grupo posee con respecto a los atributos de la TX; su valor está determinado por la diversidad y frecuencia del uso de habilidades del lenguaje que el grupo de estudiantes pueda alcanzar.</p>
R3 (Individual)	<p>IC del estudiante con respecto a su equipo en base a los "Atributos" de la TX.</p> <p>Obtiene una perspectiva detallada del dominio de habilidades conversacionales colaborativas que el estudiante posee con respecto a los atributos de la TX; su valor refleja el detalle de la diversidad del uso lenguaje que el estudiante pueda alcanzar, discriminando la composición de SubClases de la TX.</p> <p>Es un IC del monitoreo de la interacción alcanzada por los estudiantes que sirve para observar los efectos de causalidad en equipos conformados por dos y tres estudiantes, así como la composición de habilidades conversacionales aplicada por el equipo.</p>
R4 (Individual)	<p>IC del estudiante con respecto a su equipo en base a las "Participaciones colaborativas".</p> <p>Obtiene la diferencia entre las participaciones totales individuales y la media de las participaciones totales (Fi) del equipo; es obtenida en base a la propiedad de frecuencia de los atributos de la TX, discrimina todo detalle acerca la subclase o clase a la que pertenezca la participación; el único criterio tomado en cuenta es la participación acumulativa (Fi).</p>

- Una app embebida en el EVC para realizar ejercicios de codificación JavaScript en parejas denominado: FIREPAD [9].
- Un programa externo denominado Creately [10], para dar soporte a la actividad colaborativa mediante la creación de diagramas Entidad-Relación.
- Una Chat que semi-estructura Oraciones de Apertura (OA) para la interacción conversacional entre los estudiantes —propuesta por Mc Manus, M. & Aiken en [11].
- El motor de análisis del MAIC.
- Un frame para mostrar las "Actividad y Tareas" a realizar (disposición de archivos adjuntos y etiquetas).

- Una frame que muestra a los estudiantes en forma asíncrona un gráfico de barras horizontales acerca de la frecuencia de sus participaciones en el grupo.
- Un tablero textual y gráfico (dashboard) que muestra al profesor los indicadores generados por el MAIC (indicadores basados en las interacciones colaborativas).
- Una interfaz de interoperabilidad entre el Moodle [12] —plataforma institucional— y la aplicación colaborativa —protocolo LTI [13]— para enlazar en forma automática los datos de los estudiantes con la aplicación experimental.

El *diagrama de casos de uso* (ver Figura 4): en este diagrama se ilustran las principales funcionalidades de la aplicación (Casos de estudiante y Casos del tutor) y su relación con los distintos agentes del sistema (Estudiante, Tutor y Moodle). Por otro lado, también se indica una generalización que les concede acceso a los agentes “estudiante” y “tutor” desde la plataforma institucional LMS Moodle a la aplicación MAIC, lo cual elimina el registro de los estudiantes para su operación, entre otra información general que personaliza la interfaz de los estudiantes para una eficiente adaptación. Para el caso del “Tutor” se especifica que esté puede administrar grupos y actividades, así como consultar el análisis de interacciones de los grupos en forma asíncrona.

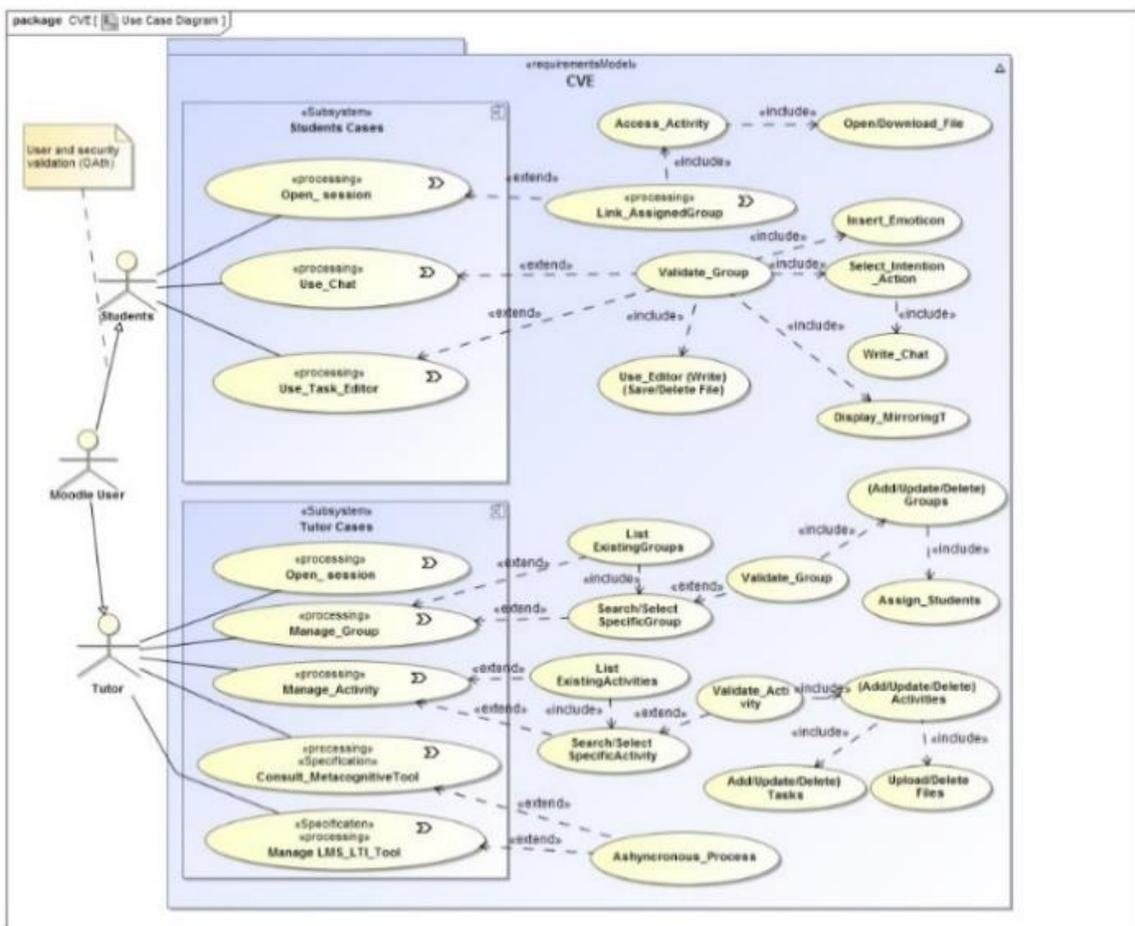


Figura 4. Diagrama de Casos de Uso para el MAIC.

El diagrama de contenido (Figura 5): este diagrama ilustra el modelo conceptual del dominio de la aplicación MAIC. Podemos ver que existe una clase principal llamada *Welcome* donde se bifurca la interfaz (menús disponibles) correspondiente para el tipo de rol de usuario (Tutor o estudiante). Cada usuario tiene acceso a determinados elementos de la aplicación general, por ejemplo, el estudiante inicia una actividad colaborativa que le da acceso a un editor (*Task_Editor*), a un chat (*Chat*), a recursos de actividades (*Specific Activity*), y a una herramienta de retroalimentación representada por un gráfico de frecuencias (*MirroringTool*).

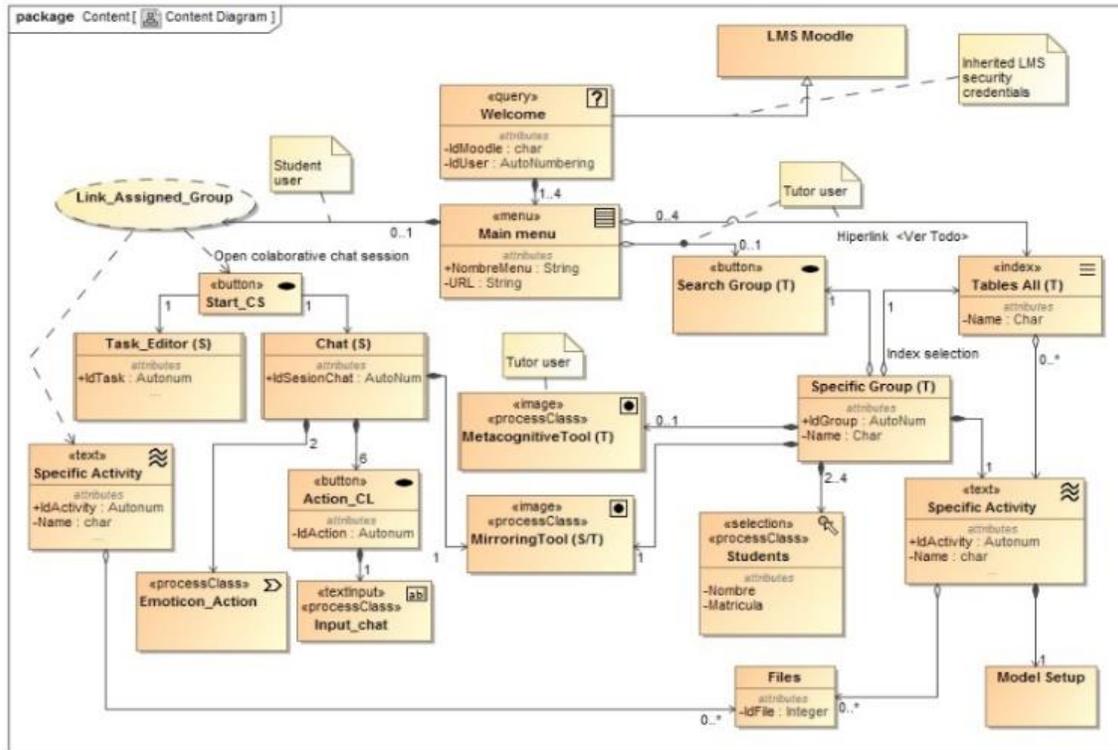


Figura 5. Diagrama de Contenido para el MAIC.

El diagrama de presentación (Figura 6): este diagrama básicamente representa en forma visual ordinaria al diagrama de contenido, es decir, muestra cómo se verá la aplicación en pantalla; en esta figura se muestra la interfaz del estudiante (recuerda hay dos, estudiante y tutor), la cual contiene la clase principal llamada *Welcome* donde se bifurca la interfaz (menús disponibles) correspondiente para el tipo de rol de usuario (tutor o estudiante). Cada usuario tiene acceso restringido a determinados elementos de la aplicación general; por ejemplo, el usuario estudiante inicia una actividad colaborativa que le da acceso a un editor (*Task_Editor*), a un chat (*Chat*), a sus recursos de actividades (*Specific Activity*) y a la herramienta de retroalimentación (*MirroringTool*).

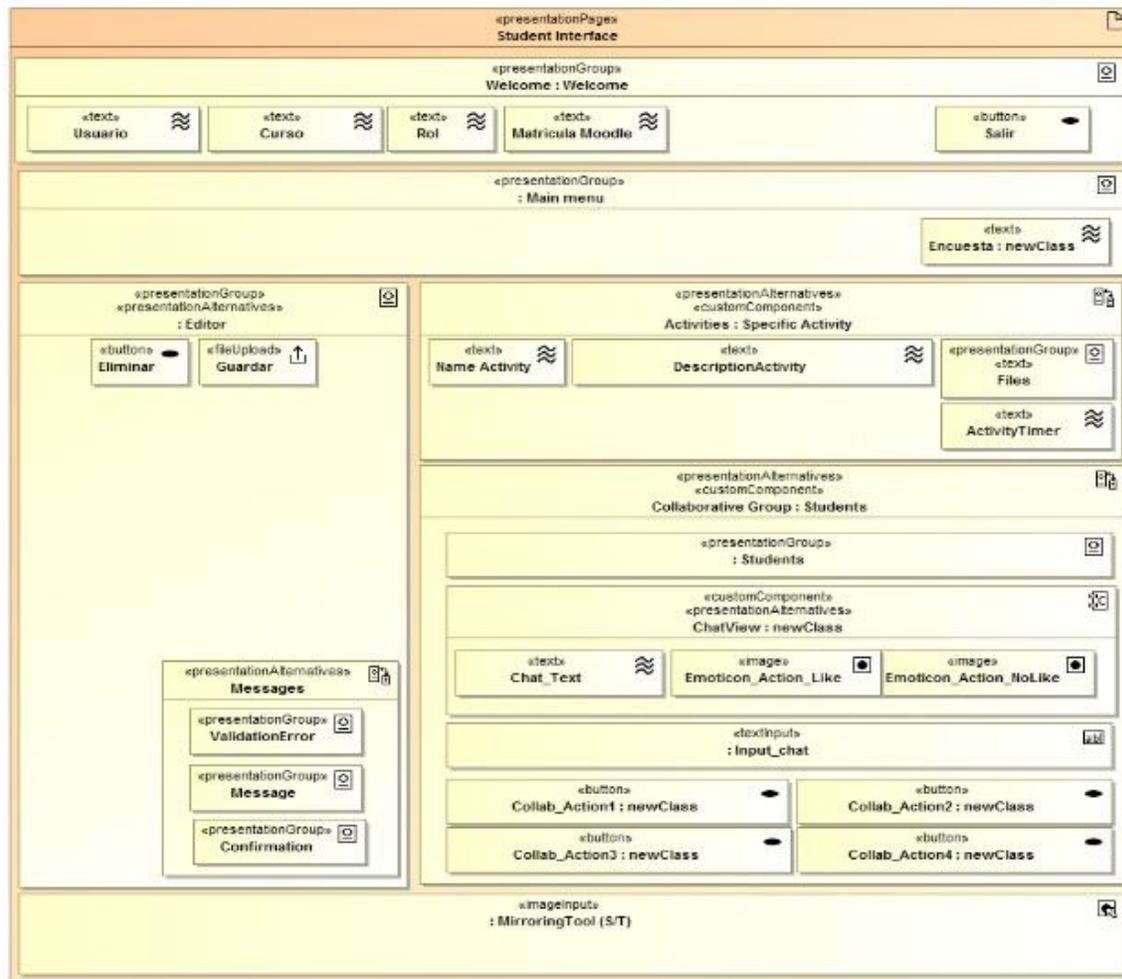


Figura 6. Diagrama de presentación para el CSCL (interfaz estudiante).

4.3 Construcción de la herramienta

El mecanismo de modelado de grupos propuesto (MAIC), no solo implicó codificarlo en algún lenguaje para su uso, ya que además deben seguirse pautas específicas que maximicen y flexibilicen su uso para adecuarlo a diferentes tipos de cursos y niveles académicos; para ello, codificada la herramienta de análisis, debió embeberse en un Entorno Virtual de Aprendizaje que hace la función de contenedor de la misma, en la Figura 7 se puede observar el diseño Web para lograr este objetivo, algo así como el motor de una licuadora, aunque no es visible para el usuario, en realidad es el que permite que las funciones avanzadas se realicen, de otra forma sin este “motor”, tendríamos una aplicación tradicional de aprendizaje.

Cabe mencionar que el reporte de la construcción de la herramienta queda fuera de los alcances de este reporte, sin embargo, en la siguiente sección se presentan algunos resultados obtenidos directamente de la herramienta (Ver Figura 8 y Figura 9).

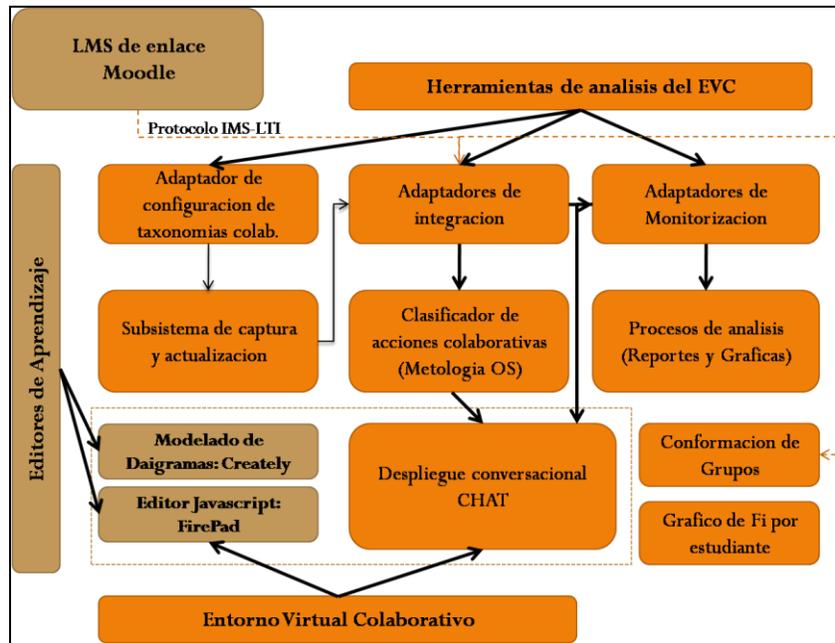


Figura 7. Arquitectura Web para el análisis de la interacción en EVC.

5 Discusiones y conclusiones

Como puede observar, hay muchos elementos a considerar durante el ciclo de desarrollo de aplicaciones software, entre ellos están los aspectos teóricos que dan fundamento, soporte y validez a la propuesta, también están los aspectos técnicos para su análisis, diseño y desarrollo, así como también están todos los aspectos no funcionales que la hacen versátil, flexible, portátil, etcétera. Sin embargo, para nuestro propio bien, la selección y uso adecuado de herramientas de modelado Web puede aliviar algunas de estas etapas del ciclo de desarrollo, haciendo más eficiente y rápido la obtención de soluciones software. Con respecto al modelo, durante esta propuesta nos enfrentamos a muchas situaciones, por un lado, el planteamiento del "mecanismo de modelado del grupo" en sí, el diseño de la herramienta desde el enfoque teórico y computacional, y el diseño de la arquitectura Web para alojar e interconectar todos estos elementos en forma eficiente. En algunas fases del planteamiento del modelo hubo que detenerse a pensar en la imposibilidad de que dicha propuesta fuera traducible en forma eficiente a través de técnicas de ingeniería de software, por lo cual su diseño debía ser cuidadosamente modelado para evitar errores de interpretación y codificación, de allí la motivación a escribir este artículo, con el cual esperamos compartir la importancia de observar el todo y no solo las partes, al final, todo debe embonar perfectamente para que tener éxito, esperamos sea de su utilidad. Antes de cerrar esta sección, cabe mencionar que debido a que el diseño y desarrollo de aplicaciones Web para dispositivos móviles es muy complejo y desafiante [14], para esta investigación, por el momento nos hemos limitado al diseño y desarrollo de aplicaciones Web para computadoras de escritorio.

Por último, con respecto al proceso experimental que se realizó con el prototipo del EVC durante esta investigación, no tuvimos contratiempos, vale decir que mucho se lo debemos a la dedicación puntual en cada una de las etapas del desarrollo. Las pruebas realizadas con el MAIC se ejecutaron en dos grupos de estudiantes universitarios con sus correspondientes replicas, teniendo éxito en los resultados obtenidos. La Figura 8 ilustra un ejemplo del IC de un estudiante con respecto a su equipo de trabajo con base en sus Participaciones Colaborativas (R4).

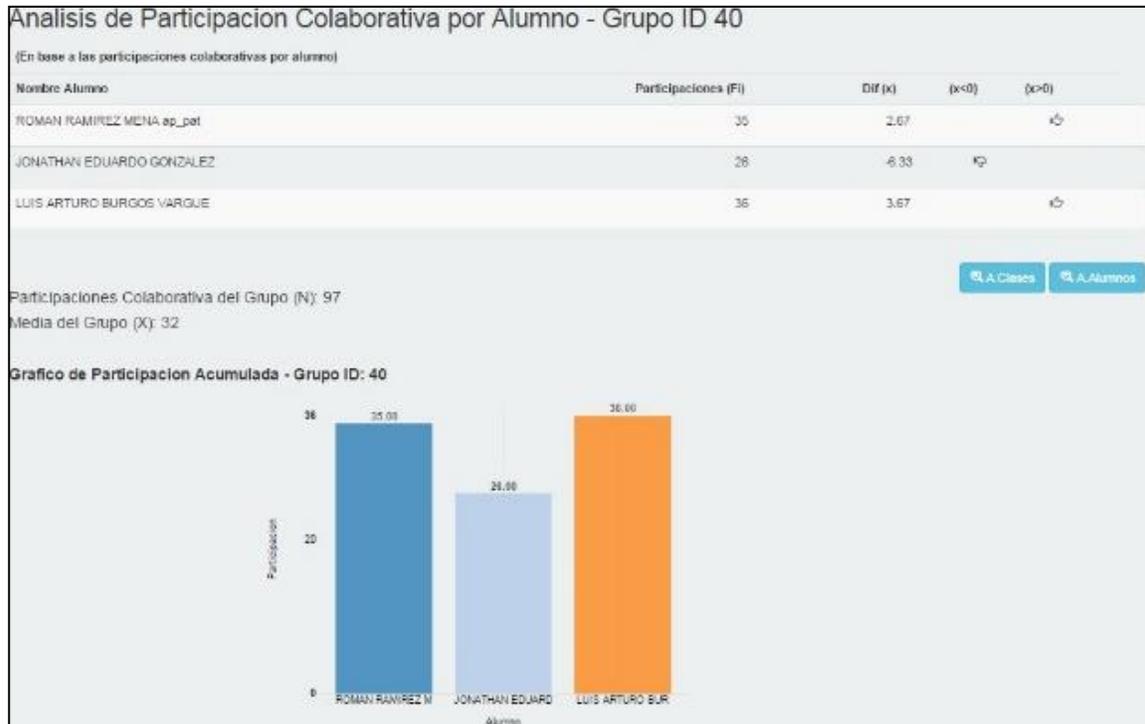


Figura 8. Reporte individual del IC R4 del MAIC.

Por su parte, la Figura 9 ilustra el reporte de los IC del estudiante con respecto a su equipo, con base en los "Atributos" de la TX (R3).

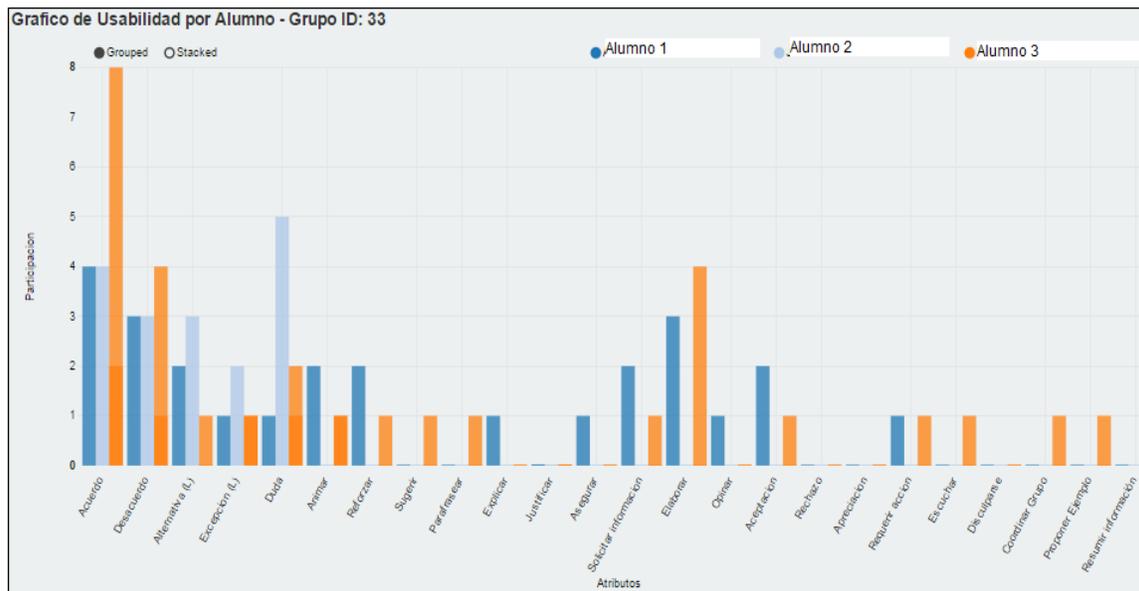


Figura 9. Gráfico R3 Grupo FIS, equipo 33 de tres integrantes.

Los autores consideran que lo más importante en el desarrollo de una aplicación de calidad para entornos Web, es esquematizar y describir, a través de alguna metodología, el modelo conceptual orientado a objetos, el modelo de interfaz abstracta que describe la presentación de objetos de la interfaz y el modelo de navegación que describe la vista de navegación en el modelo conceptual. Otros modelos (procesos, de casos de uso, etcétera) deben ser agregados para ayudar a detallar el ciclo evolutivo del desarrollo y garantizar una aplicación Web de calidad.

En cuanto a las herramientas disponibles actualmente existen muchas opciones como ya lo planteamos, consideramos ilustrar el modelado de la herramienta MAIC con su EVC con UWE, porque ofrece suficientes modelos para plasmar en términos generales la aplicación Web y porque extiende de la especificación UML; no obstante, autores como Gaedke [10] encuentran en algunos métodos de los citados, limitaciones en cuanto a ciertos criterios de consistencia, reutilización explícita de componentes, plan de evolución, entre otros; por lo que es importante evaluar diferentes metodologías a fin de determinar que método se acopla mejor a la descripción de nuestra aplicación Web.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por la Secretaría de Educación Pública (México) a través del proyecto P/PFC-2016-31MSU0098J-13, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca CONACYT- CVU-552999.

Referencias

[1] Koch, N., Knapp, A., Zhang, G., and Baumeister, H. "Uml-Based Web Engineering An Approach Based on Standards". *Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications*, Chapter: 7, Springer Berlin/Heidelberg, 2008, pp.157-191.

[2] Stahl, G., Koschmann, T., and Suthers, D. "Computer-supported collaborative learning: An historical perspective". In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006, pp. 409-426.

[3] Koschmann, T. "Paradigm Shifts and Instructional Technology: An Introduction". In T. Koschmann (Ed) *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*. Laurence Erlbaum Associates Publishers, 1996, pp. 1–23.

[4] Dillenbourg, P. "What do you mean by Collaborative Learning?". In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Oxford: Elsevier. 1999, pp.1-19.

[5] Gaedke, M., and Gräf, G. "Development and Evolution of WEB-Applications using the WEBComposition Process Model". In S. Murugesan and Y. Deshpande (Eds.): *WebEngineering 2000*, LNCS 2016, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000, pp. 58-76, 2001.

[6] Schwabe, D., and Rossi, G. "An Object Oriented Approach to WEB-Based Application Design," 1998, pp. 207–255.

[7] WEBML, "No Title." [Online]. Available: <http://www.WEBml.org/WEBml/page1.do>, accessed: August-2015.

[8] "No Magic." [Online]. Available:<http://www.nomagic.com/products/magicdraw.html>

[9] "Firepad." [Online]. Available: <http://www.firepad.io/#1>, accessed: August-2015.

[10] Cinergix Pty. Ltd., "Creately." Recuperado de <http://creately.com/>, 2015.

[11] Mc Manus, M., and Aiken, R. Monitoring computer-based problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6(4), pp.307-336.

[12] "Moodle." [Online]. Available: Moodle <https://moodle.org/>, accessed: June-2015.

[13] IMS Global Learning C., "Tutoial, IMS Learning Tools Interoperability," 2013. [Online]. Available: <http://developers.imsglobal.org/tutorials.html>, accessed: May 2014.

[14] Murugesan, and S., Venkatakrishnan, B. A., "Addressing the Challenges of Web Applications on Mobile Handheld Devices", *Proc. Int'l Conf. Mobile Business (ICMB 05)*, pp. 199-205, 2005.