

TITAN: una herramienta para analizar Ambientes Virtuales de Aprendizaje – Diseño preliminar

Mario A. Muñoz, Armando Muñoz del Castillo, Samaneh Shokravi y Javier Alejandro Jiménez Toledo

Institución Universitaria CESMAG

RESUMEN

Un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) es un sistema complejo en el que convergen estudiantes, maestros, contenidos educativos y de evaluación. Para su implementación, usamos COLOSSUS, una metodología que considera simultáneamente los aspectos pedagógicos y de ingeniería, orientada a su fácil implementación. Sin embargo, los diseños desarrollados por COLOSSUS no se retroalimentan con la opinión de los estudiantes y docentes. Por lo tanto, en este artículo delineamos una herramienta para cerrar este lazo faltante. Debido a la complejidad de los AVA, proponemos analizar los datos disponibles en Moodle, y otras bases de datos relacionadas, por medio de técnicas de Minería de Datos Educativos (EDM) y Analíticas de Aprendizaje (LA). El enfoque principal de este artículo es examinar la literatura relevante en modelado de sistemas complejos por medio de técnicas de EDM y LA, que esperamos nos permitan identificar errores y limitaciones en el diseño del AVA, entender qué tipo de estudiante y docente se benefician del diseño actual, e identificar la necesidad de nuevas herramientas.

PALABRAS CLAVE: ambientes virtuales de aprendizaje, analíticas de aprendizaje, minería de datos educativos, revisión del estado del arte.

ABSTRACT

A Virtual Learning environment (VLE) is a complex system that congregates students, teachers, educational and evaluation content. To implement a VLE, we use COLOSSUS, which is a simple methodology that considers both the pedagogical and engineering aspects of a VLE. However, the designs obtained through COLOSSUS are not revised considering the students' and teachers' feedback. Therefore, in this paper we outline a tool for closing this feedback loop. Because of the complexity of the VLEs, we propose to analyze the data available through Moodle, and other related databases, through Educational Data Mining (EDM) and Learning Analytics (LA) techniques. The main focus of this paper is the review of the relevant literature in modeling of complex systems through EDM and LA techniques, which we hope would allow us to identify errors and limitations on the VLE design, understand which kind of student and teacher benefits from the current design, or whether new tools are needed.

KEY WORDS: virtual learning environments, learning analytics, educational data mining, literature review.

1. INTRODUCCIÓN

Un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) es un sistema tecnológico, pedagógico y administrativo, que provee un espacio de convergencia para los estudiantes, maestros, contenidos educativos y de evaluación, para facilitar la apropiación de conocimientos, experiencias, actitudes y valores (Ávila and Bosco, 2001). Los AVA por lo tanto, son una herramienta independiente al tipo de formación, modalidad educativa, o modelo pedagógico.

Puesto que en un AVA confluyen diversos elementos y actores, idealmente su implementación debe ser sistemática para disminuir su complejidad. De hecho, existen varias metodologías reportadas en la literatura cuyo objetivo es guiar el desarrollo de un AVA. Sin embargo, algunas como la metodología LIDIE (Aldana Vargas et al., 2003), consideran únicamente el aspecto pedagógico; otras como AVADI (Peña, 2011), consideran únicamente el aspecto tecnológico; y otras como MISA (Mariño, 2009), son tan complejas, que su implementación requiere de experiencia en la implementación de AVA. Por lo tanto, Muñoz del Castillo et al., (2013) desarrolló COLOSSUS, una metodología que considera simultáneamente los aspectos pedagógicos y de ingeniería para la construcción de AVA, orientada a su fácil implementación. De esta manera, COLOSSUS apunta a que el AVA resultante no solo siga el modelo pedagógico requerido, sino que sus elementos software sean de calidad.

COLOSSUS ha sido utilizado al interior de la Institución Universitaria CESMAG para el desarrollo de contenidos. Sin embargo, su mayor uso ha sido en el marco del proyecto Nariño Vive Digital 2012, en el cual se construyeron cinco AVA en las áreas de tecnología e informática, matemáticas, lenguaje, ciencias sociales y ciencias naturales. La población objetivo de este proyecto son estudiantes de grado cuarto de básica primaria de 28 instituciones educativas con modalidad agropecuaria en el departamento de Nariño, Colombia.

1.1 Problema/cuestión

Pese a considerar los aspectos pedagógicos y de ingeniería, COLOSSUS se enfoca únicamente en el punto de vista de los desarrolladores del AVA. Por ejemplo, el docente que especifica el contenido, el pedagogo que diseña el modelo educativo, el diseñador gráfico que especifica la presentación, y del administrador informático que mantiene el sistema, dejando a un lado a los receptores del material: los estudiantes. Por lo tanto COLOSSUS no permite evaluar la efectividad del AVA como facilitador en la apropiación de conocimientos, experiencias, actitudes y valores. En otras palabras, no es posible saber si los objetivos del diseño se están cumpliendo. De hecho, es improbable que el primer diseño sea perfecto y requiera de una continua evaluación empírica (Romero et al., 2008).

Afortunadamente, un AVA está inmerso en una plataforma tecnológica, conocida como Sistema de Administración del Aprendizaje (Learning Management System – LMS), la cual ofrece una variedad de canales y espacios que facilitan la comunicación entre participantes. Por lo tanto, un LMS acumula vastas cantidades de información útiles para analizar el comportamiento de los estudiantes usando técnicas de ciencia de datos (Romero et al., 2008). Por lo tanto, la pregunta que motiva el siguiente estudio es: ¿Cómo recolectar y analizar los meta-datos producidos por el LMS y otras bases de datos para evaluar el diseño de los AVA, producidos por medio de la metodología COLOSSUS, a través del impacto en el desempeño de cada estudiante?

1.2 Propósito

Los AVA son posibles gracias a la masificación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en educación, las cuales permiten que miles de personas hayan logrado acceder al conocimien-

to; pero también, que grandes cantidades de datos acerca del proceso educativo, previamente inasequibles, pueden ser registrados fácilmente (Ferguson, 2012). Estos datos podrían constituir el lazo de realimentación faltante para mejorar el proceso de aprendizaje. Afortunadamente, el análisis de estos datos ha dado inicio a tres líneas de investigación relacionadas: Analíticas Académicas (Academic Analytics – AA), Minería de Datos Educativos (Educative Data Mining – EDM) y Analíticas de Aprendizaje (Learning Analytics – LA) (Chatti et al., 2012). En particular EDM y LA se enfocan en la aplicación de técnicas computacionales, estadísticas y de ciencias sociales, para detectar patrones ocultos en grandes colecciones de datos (Romero and Ventura, 2013), examinar y promover conexiones colaborativas y cooperativas (Chatti et al., 2012), con el propósito de soportar a los docentes y estudiantes en analizar el proceso de aprendizaje, entender y optimizar aprendizaje y los ambientes en el cual ocurren (Ferguson, 2012).

En este artículo examinamos la literatura concerniente al uso de técnicas de EDM y LA para la evaluación de AVA, y presentamos el diseño preliminar de una herramienta para evaluar el diseño de los AVA producidos por medio de COLOSSUS. Asumimos que las técnicas de EDM y LA son apropiadas para esta tarea, debido a la complejidad de los AVA y la gran cantidad de información disponible en Moodle, y otras bases de datos relacionadas. Esperamos que la herramienta delineada en este artículo, la cual llamamos TITAN, nos permitirá identificar errores y limitaciones en el diseño del AVA, entender qué tipo de estudiante y docentes se benefician del diseño actual, e identificar la necesidad de nuevas herramientas.

El artículo está organizado de la siguiente manera: En la Sección 2 detalles adicionales de la metodología COLOSSUS y el proyecto Nariño Vive Digital 2012, para el cual se implementará TITAN. Luego, en la Sección 3 presentamos la revisión de la literatura concerniente al uso de técnicas de EDM y LA para la evaluación de AVA. A continuación, en la Sección 4 presentamos los conceptos básicos detrás de TITAN. Finalizamos en la Sección 5 con algunas conclusiones de este trabajo.

2. ENTORNO DEL PROYECTO TITAN

COLOSSUS es una metodología para la construcción de AVA, cuyo objetivo es producir elementos software de calidad que siguen el modelo pedagógico requerido. Haciendo énfasis en la fácil implementación, COLOSSUS divide el desarrollo de un AVA en dos etapas. La primera, o preliminar, identifica el espacio académico para el cual será diseñado el AVA. Durante esta etapa se recolecta la información necesaria para catalogar y almacenar el futuro AVA en el banco de materiales educativos. La segunda, o de creación, se lleva a cabo la construcción del AVA siguiendo las cinco fases correspondientes al ciclo de vida de un proyecto de ingeniería de software – análisis, diseño, desarrollo, implementación y validación – teniendo en cuenta tres ejes – los saberes, la didáctica y los materiales educativos (Muñoz del Castillo et al., 2013).

En la fase de análisis, se determina el estado actual y deseado del espacio académico con relación a los aspectos pedagógicos, didácticos y materiales educativos. En la fase de diseño se construye los modelos de saberes y de eventos de aprendizaje. En la fase de desarrollo se selecciona y construye los materiales educativos digitales, y se programa las actividades de aprendizaje y evaluación. En la fase de implementación se ubican los elementos del AVA en la plataforma LMS. Finalmente en la fase de validación se busca identificar errores técnicos, pedagógicos y comunicacional con el propósito de realizar las correcciones pertinentes (Muñoz del Castillo et al., 2013).

Para seguir la metodología COLOSSUS, se recomienda contar con un grupo interdisciplinario compuesto por un experto en área del saber específica, un diseñador gráfico, un programador, un

pedagogo, y un coordinador. La participación de los miembros es colaborativa, haciendo énfasis en la actuación de un rol específico cuando el proceso así lo requiera. El grupo debe diligenciar seis formatos durante las diferentes fases, los cuales sirven como soporte documental del AVA al igual que un canal de comunicación entre los diferentes roles.

COLOSSUS se ha empleado extensivamente al interior de la Institución Universitaria CESMAG, al igual que en varias instituciones de educación básica y media de la región (Argoty et al., 2010; Arteaga et al., 2012; Cancimance, 2013; Jiménez Toledo et al., 2015; Jiménez Toledo et al., 2016). Por fuera del ambiente académico, la metodología se ha empleado para el diseño de módulos de capacitación para el personal de algunas instituciones de salud regionales (Getial et al., 2012). Los resultados obtenidos hasta el momento son satisfactorios, confirmando que la aplicación de estándares internacionales genera una metodología eficaz para en el diseño e implementación de AVA (Jiménez Toledo et al., 2015).

Quizás la construcción de los AVA para el proyecto Nariño Vive digital 2012 representa el mayor uso de la metodología COLOSSUS a la fecha desde el punto de vista del tamaño de la población potencialmente alcanzada, que se estima sea cercana 600 estudiantes y 280 docentes provenientes de 28 escuelas con modalidad agropecuaria en el departamento de Nariño. En el marco de este proyecto, se implementó el Portal Educativo de Nariño y cinco AVA en las áreas de tecnología e informática, matemáticas, lenguaje, ciencias sociales y ciencias naturales; y se capacitó a los docentes en el uso y apropiación de estas herramientas.

3. ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Existe una extensa literatura en las áreas de Analíticas Académicas (Academic Analytics – AA), Minería de Datos Educativos (Educative Data Mining – EDM) y Analíticas de Aprendizaje (Learning Analytics – LA), que ha sido sintetizada por Romero and Ventura (2007), Romero and Ventura (2010), Chatti et al. (2012), Ferguson (2012), y Romero and Ventura (2013). Pero los elementos principales de estas áreas pueden resumirse de la siguiente manera: Las AA corresponden a la aplicación de herramientas de Inteligencia de Negocios en instituciones de educación superior, para soportar el proceso de toma de decisiones a nivel administrativo (Chatti et al., 2012). En general, AA se enfoca en el aspecto político y económico de la educación (Ferguson, 2012). Por otra parte, EDM se enfoca en la aplicación de técnicas computacionales y algorítmicas, como clasificación, agrupación y detección de reglas, para detectar patrones en grandes colecciones de datos que serían difíciles o imposibles de analizar en otras condiciones (Romero and Ventura, 2013), con el propósito de soportar a los docentes y estudiantes en analizar el proceso de aprendizaje. En otras palabras, EDM se enfoca en aspectos técnicos orientados particularmente a entornos virtuales (Ferguson, 2012). Finalmente, LA se enfoca en la medición, recolección, análisis y reporte de datos acerca de los estudiantes y su contexto educativo, con el propósito de entender y optimizar aprendizaje y los ambientes en el cual ocurren (Ferguson, 2012). Aunque EDM y LA se enfocan en el mismo dominio, y sus datos, procesos y objetivos son bastante similares, LA hace uso de métodos provenientes de las ciencias sociales, como el análisis de redes sociales, el cual permite examinar y promover conexiones colaborativas y cooperativas entre participantes (Chatti et al., 2012).

En general, un proyecto de EDM o LA está compuesto de las siguientes tareas: (a) recolección de datos y su pre-procesamiento; (b) análisis y acción; y (c) post-procesamiento. Recolección y pre-procesamiento hace referencia a la síntesis de información de diferentes fuentes y sistemas. Durante este proceso, los datos pueden ser limpiados, integrados, reducidos y transformados a un formato adecuado. Análisis y acción hace referencia a la aplicación de los métodos en sí, para descubrir y visualizar

patrones relevantes, realizar predicciones, programar intervenciones, modificar tipos de evaluación, entre otros. Finalmente, post-procesamiento involucra refinar los datos, determinar nuevas variables, o seleccionar nuevos métodos de análisis para un subsecuente estudio (Chatti et al., 2012). Al mismo tiempo, un proyecto EDM o LA debe intentar responder las siguientes preguntas:

- **¿Qué tipo de datos el sistema recolecta, administra y usa para su análisis?** Los datos pueden provenir de sistemas centralizados, como los LMS, o distribuidos, como equipos de laboratorio (Romero-Zaldivar et al., 2012). Inclusive es posible obtener datos fisiológicos como el movimiento de los ojos, la frecuencia de parpadeo, respiración y pulso, que reflejan los niveles de atención, tensión y fatiga, o la incidencia de sobrecarga cognitiva (Lustigova et al., 2010). El reto consiste en como agregar e integrar datos de múltiples, fuentes heterogéneas, usualmente disponibles en diferentes formatos, para crear un conjunto que refleja las actividades del estudiante.
- **¿Hacia quién está dirigido el análisis?** En otras palabras, se requiere definir el consumidor de los resultados, los cuales pueden ser estudiantes, docentes, administradores, investigadores, diseñadores, entre otros, que pueden poseer diferentes perspectivas, objetivos y expectativas.
- **¿Por qué se requiere de un sistema para analizar y recolectar datos?** En otras palabras, cuales son los objetivos del análisis, los cuales pueden ser: (a) monitoreo y análisis de las actividades del estudiante, de tal manera que el docente o la institución pueden tomar decisiones; (b) predecir los futuros resultados del estudiante basado en sus actividades y logros; (c) ayudar a los estudiantes a identificar áreas de mejora en tareas específicas; (d) mejorar el proceso evaluativo; (e) adaptar los contenidos de acuerdo a las necesidades individuales de a cada estudiantes; o (f) promover reflexión entre los estudiantes y docentes acerca de su práctica.
- **¿Cómo el sistema realiza el análisis de los datos recolectados?** En otras palabras, decidir en el tipo de herramientas a utilizar, ya sea de estadísticas, visualización, minería de datos, análisis de redes sociales, entre otras.

A pesar de grandes avances en el área, las funcionalidades para sintetizar, analizar, reportar y visualizar estos datos son relativamente básicas (Dawson, 2010), en parte debido a que las actividades relacionadas con el aprendizaje toman lugar en diferentes lugares y contextos. En algunos casos, estas actividades no pueden ser registradas en absoluto ya que se dan fuera de línea. En otros casos, el registro de los datos puede ocurrir en diferentes sitios, cuyos estándares, dueños y niveles de acceso pueden ser diferentes (Ferguson, 2012).

A pesar de estas limitaciones, múltiples trabajos han demostrado las ventajas de recolectar y apalancar la información existente en un LMS, en particular para clasificar estudiantes dependiendo de su estilo de aprendizaje y resultados, identificar patrones de comportamiento anormales, y adaptar la secuencia de contenidos debido a esta información (Castro et al., 2007). Por ejemplo Chen (2008), Schiaffino et al. (2008), Preidys and Sakalauskas (2010), Dung and Florea (2012), Cobo Ortega et al. (2014), Gómez-Aguilar et al., (2015), Cerezo et al. (2016) y Kortemeyer (2016) describen sistemas capaces de capturar el estilo de aprendizaje y las habilidades de cada estudiante, establecer relaciones entre los resultados obtenidos con el tipo, secuencia y dificultad de los contenidos. Aparte de personalizar los contenidos para cada estudiante, estos sistemas descubren patrones de interés. Por ejemplo, Luna et al. (2015) identifica que los estudiantes que poseen pasan poco tiempo completando ejercicios, presentan baja participación en foros y poseen bajas calificaciones en los exámenes cortos, definitivamente fallarán en la materia. Por otro lado Kortemeyer (2016) identifica que el efecto de las lecturas tradicionales es mínimo, siempre y cuando los estudiantes accedan regularmente a los contenidos y contribuyan frecuentemente a las actividades propuestas.

4. TITAN: UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE AVA

TITAN nace de la necesidad de evaluar objetivamente los resultados del proyecto Nariño Vive Digital 2012 introducido en la Sección 2, ya que durante la construcción de los AVAs solamente se tuvo en cuenta la retroalimentación de parte de los docentes, dejando a un lado a los estudiantes. Las instituciones participantes en TITAN serán las mismas del proyecto Nariño Vive Digital 2012, aunque deberán cumplir con requisitos adicionales, por ejemplo, contar con un docente de grado cuarto que se comprometa a usar los AVAs para apoyar su proceso académico y esté dispuesto a participar en el seguimiento del proyecto. Los estudiantes y docentes de las instituciones seleccionadas recibirán capacitación adicional que les permita comprender los objetivos del proyecto. Adicionalmente, los docentes serán integrados en una red que permita simplificar la toma de datos y el intercambio de experiencias. Usando las preguntas propuestas por Chatti et al. (2012), los elementos de TITAN se pueden resumir de la siguiente manera:

- **¿Qué tipo de datos el sistema recolecta, administra y usa para su análisis?** Con TITAN pretendemos integrar variables académicas y socio-económicas a los datos provenientes de Moodle. Para este objetivo, evaluaremos el acceso a bases de datos institucionales, e.g., registros académicos y de matrícula; gubernamentales, e.g., el Sistema de Matrícula Estudiantil de Educación Básica y Media (SIMAT) del Ministerio de Educación Nacional; y privadas, e.g., OpenStreetMap. Algunas de las variables de interés son edad, grado actual, resultados de los últimos años, distancia entre el hogar y la escuela, acceso a transporte público, composición familiar. Información subjetiva, que incluye la opinión de los estudiantes y docentes acerca de los AVA, deberá ser recolectada manualmente por medio de encuestas aplicadas al inicio y al final del proyecto.

Algunos de los retos en este proyecto es garantizar la anonimidad de los datos durante el meta-análisis, y el manejo eficiente de la información obtenida.

- **¿Hacia quién está dirigido el análisis?** La población objetivo serán los estudiantes y docentes de las instituciones participantes. Adicionalmente, los docentes actuarán como enlace con los estudiantes para la recolección de información y la preparación del
- **¿Por qué se requiere de un sistema para analizar y recolectar datos?** El principal objetivo de TITAN es evaluar el diseño de los AVA, producidos por medio de la metodología COLOSSUS, a través del impacto en el desempeño de cada estudiante. Por lo tanto, requerimos monitorear y analizar las actividades del estudiante, de tal manera que los docentes y la institución puedan identificar potenciales cambios en el diseño. Eventualmente, el diseño debe flexibilizarse de tal manera que los AVA se adapten a las necesidades del estudiante. Finalmente, TITAN tendrá como objetivo promover la reflexión entre los docentes acerca de su práctica, al proveer información acerca de que actividades que promueven participación y mejoran los resultados, y cuáles no.
- **¿Cómo el sistema realiza el análisis de los datos recolectados?** Para disminuir costos, el sistema se basará en programas de acceso libre, como R y Python. La gran cantidad de datos recolectados deberán ser limpiados por medio de métodos de estandarización e imputación. A continuación, un método de selección de variables será utilizado para reducir la dimensionalidad de los datos. Entre las técnicas consideradas están selección hacia adelante, algoritmos genéticos o regresión por mínima absoluta reducción (LASSO).

De manera similar, los datos deberán ser proyectados en dos dimensiones para facilitar su visualización en interpretación. Técnicas consideradas para este paso son componentes principales

o empotramiento en red estocástica. En particular, el objetivo del análisis será identificar clústeres o grupos que exhiben patrones similares como bajo o alto desempeño, y cuales variables lo explican.

5. CONCLUSION

En este artículo, hemos examinado la literatura concerniente al uso de técnicas de EDM y LA para la evaluación de AVAs, y presentamos el diseño preliminar de una herramienta para evaluar el diseño de los AVA producidos por medio de COLOSSUS. Esta herramienta, llamada TITAN, pretende analizar el desempeño de los estudiantes, de tal manera que limitaciones en el diseño sean identificadas. Adicionalmente, TITAN pretende proveer información relevante a los docentes participantes, de tal manera que puedan identificar que actividades que promueven participación y mejoran los resultados, y cuáles no.

TITAN usara los datos disponibles en Moodle, pero también esperamos integrar datos históricos provenientes de otras bases de datos como registros académicos y de matrícula, al igual que información socio-económica extraída de otras fuentes como OpenStreetMap. La diversidad de fuentes requiere la construcción de una base centralizada, donde los datos puedan ser estandarizados o imputados cuando sea necesario. Reducir el número de variables al mínimo necesario será llevado a cabo usando métodos establecidos. Los resultados determinaran si la aproximación a este problema, desde el punto de vista de EDM y LA, es el más adecuado.

6. REFERENCIAS

- Aldana Vargas, M., Arango Muñoz, M., Leal Fonseca, D., Lozano Martínez, F., Osorio Gómez, L., & Salazar Villegas, A. (2003). Metodología para la construcción de ambientes virtuales como soporte para la educación presencial de la universidad de los andes. *Revista de Ingeniería*, 18,10–17.
- Argoty, D., García, E., & Rosero, S. (2010). AVA para la asignatura probabilidad y estadística de la facultad de ingeniería de la I.U.CESMAG (Proyecto de pregrado). Institución Universitaria CESMAG.
- Arteaga, B., Bastidas, D., & Criollo, F. (2012). AVA para el área de matemáticas para los grados 5 de primaria, 6 y 7 de básica secundaria de las instituciones educativas municipales de Pasto (Proyecto de pregrado). Institución Universitaria CESMAG.
- Ávila, P., & Bosco, M. (2001). Ambientes virtuales de aprendizaje - una nueva experiencia. En *20th International Council for Open and Distance Education*. Düsseldorf, Alemania.
- Cancimance, J. (2013). *AVA para la asignatura tecnología e informática de cuarto grado de básica primaria en las instituciones educativas del municipio de Pasto* (Proyecto de pregrado). Institución Universitaria CESMAG.
- Castro, F., Vellido, A., Nebot, A., & Mugica, F. (2007). Applying data mining techniques to e-Learning problems. In L. Jain, R. Tedman, & R. Tedman (Eds.), *Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment* (pp. 183–221). Heidelberg: Springer.
- Cerezo, R., Sánchez-Santillán, M., Paule-Ruiz, M., & Nez, J. N. (2016). Students' LMS interaction patterns and their relationship with achievement: A case study in higher education. *Computers & Education*, 96, 42-54.
- Chatti, M., Dyckhoff, A., Schroeder, U., & Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331.
- Chen, C. (2008). Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance. *Computers & Education*, 51(2), 787-814.

- Cobo Ortega, A., Rocha Blanco, R., & Álvarez Diaz, Y. (2014). Educational data mining: User categorization in virtual learning environments. En R. Espin, B. R. Pérez, A. Cobo, J. Marx, & R. A. Valdés (Eds.), *Soft Computing for Business Intelligence* (pp. 225–237). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Dawson, S. (2010). ‘Seeing’ the learning community: An exploration of the development of a resource for monitoring online student networking. *British Journal Educational Technology*, 41(5), 736-752.
- Dung, P., & Florea, A. (2012). An approach for detecting learning styles in learning management systems based on learners’ behaviours. En *Proceedings of the 2012 International Conference on Education and Management Innovation* (pp. 171–177). Kuala Lumpur.
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 304–317.
- Getial, G., Román, C., & Cuatin, G. (2012). *Implantación de un AVA para el fortalecimiento de los procesos de capacitación en la política IAMI dirigido al personal de la ESE Pasto Salud* (Proyecto de pregrado). Institución Universitaria CESMAG.
- Gómez-Aguilar, D., Hernández-García, A., García-Peñalvo, F., & Therón, R. (2015). Tap into visual analysis of customization of grouping of activities in eLearning. *Computers in Human Behavior*, 47, 60-67.
- Jiménez Toledo, J., Muñoz del Castillo, A., Ramos Rivadeneira, D., Revelo Sánchez, O., & Muñoz Botina, J. (2015). COLOSSUS: novedosa metodología para la construcción de ambientes virtuales de aprendizaje. In *XVIII Congreso Internacional EDUTECH 2015*. Riobamba, Ecuador.
- Jiménez Toledo, R., Jiménez Toledo, J., Muñoz Botina, J., Revelo Sánchez, O., & Muñoz del Castillo, A. (2016). Unión temporal Sistema Tecnológico culmina exitosamente contrato de actividades en licitación pública 004 de 2014. Plan Nariño Vive Digital. *Boletín Informativo CEI*, 3(2).
- Kortemeyer, G. (2016). Work habits of students in traditional and online sections of an introductory physics course: A case study. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 697-703.
- Luna, J., Romero, C., Romero, J., & Ventura, S. (2015). An evolutionary algorithm for the discovery of rare class association rules in learning management systems. *Applied Intelligence*, 42(3), 501-513.
- Lustigova, Z., Dufresne, A., & Courtemanche, F. (2010). New attitude to learning in virtual environments —mining physiological data for automated feedback. En *Proceedings of Human-Computer Interaction: Second IFIP TC 13 Symposium, HCIS 2010* (pp. 297-300). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Mariño, O. (2009). La formación virtual basada en conocimientos para organizaciones de la sociedad del saber. *Eduweb*, 3(2), 9–21.
- Muñoz del Castillo, A., Jiménez Toledo, J., & Muñoz Botina, J. (2013). *COLOSSUS: Metodología para la elaboración de ambientes virtuales de aprendizaje*. Institución Universitaria CESMAG.
- Peña, K. (2011). *Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales de aprendizaje, bajo el enfoque dialógico interactivo* (Tesis de maestría). Universidad de los Andes.
- Preidys, S., & Sakalauskas, L. (2010). Analysis of students’ study activities in virtual learning environments using data mining methods. *Ukio Technologinis ir Ekonominis Vystymas*, 16(1), 94-108.
- Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, 33(1): 135-146.
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: A review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 40(6), 601-618.

- Romero, C., & Ventura, S. (2013). Data mining in education. *WIREs Data Mining Knowledge Discovery*, 3(1), 12–27.
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368–384.
- Romero-Zaldivar, V., Pardo, A., Burgos, D., & Delgado Kloos, C. (2012). Monitoring student progress using virtual appliances: A case study. *Computers & Education*, 58(4), 1058-1067.
- Schiaffino, S., Garcia, P., & Amandi, A. (2008). eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students. *Computers & Education*, 51(4), 1744-1754.

BREVE RESEÑA CURRICULAR DE LOS AUTORES

Muñoz, Mario A.

Ingeniero Electrónico (2005) y Master en Ingeniería Electrónica (2008) de la Universidad del Valle, Colombia; y Doctor en Filosofía (2014) de la Universidad de Melbourne, Australia. Actualmente se desempeña como investigador postdoctoral en la Universidad Monash, Australia, docente investigador en la Institución Universitaria CESMAG, Colombia, y consultor en desarrollo sostenible para Engreeneers. Su trabajo se enfoca en la aplicación de técnicas de optimización, inteligencia computacional, procesamiento de señales, análisis de datos y aprendizaje de máquina a problemas científicos, ingeniería y medicina.

Muñoz del Castillo, Armando

Licenciado en Matemáticas y Física (1982) de la Universidad de Nariño, Colombia; Ingeniero de Sistemas (2004) de la Universidad Antonio Nariño, Colombia; y Magister en Pedagogía de la Tecnología (2002) de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como docente hora cátedra e investigador de la Institución Universitaria CESMAG, Colombia. Su trabajo se enfoca en la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, en el campo educativo.

Shokravi, Samaneh

Ingeniera de Minas (2005) de la Universidad Tecnológica Amirkabir, Irán; Master en Ingeniería Industrial (2008) de la Universidad de Teherán, Irán; y Doctora en Filosofía (2014) de la Universidad de Melbourne, Australia. Actualmente se desempeña como analista de datos educativos en la Universidad de Melbourne, Australia, docente investigador en la Institución Universitaria CESMAG, Colombia, y consultora en desarrollo sostenible para Engreeneers.

Jiménez Toledo, Javier Alejandro

Ingeniero de Sistemas, Especialista en Docencia Universitaria, y Candidato a Maestría en Computación. Director del Grupo de Investigación Tecnofilia.