



Aplicación de la tecnología BIM en la asignatura de proyecto del Grado de Ingeniería Industrial en la UNEX

Application of BIM technology in the project subject of the industrial engineering degree in UNEX

Antonio M. Reyes^{1*}, Paloma Prieto², Juan P. Cortés³, Alonso Candelario⁴

¹ Profesor titular: Departamento de expresión gráfica, Universidad de Extremadura.

* Corresponding author email: amreyes@unex.es

² Estudiante de doctorado: Departamento de expresión gráfica, Universidad de Extremadura

³ Profesor ayudante: Departamento de construcción, Universidad de Extremadura

⁴ Ingeniero Industrial: Departamento de expresión gráfica, Universidad de Extremadura

Recibido: 17/02/2017 | Aceptado: 10/04/2017 | Fecha de publicación: 30/04/2017
DOI:10.20868/abe.2017.1.3513

TITULARES

- La demanda de profesionales con conocimientos BIM ha sufrido un crecimiento
- Las enseñanzas universitarias se deben adaptar al actual perfil del alumno digital
- El uso de BIM en la docencia ha influido en la motivación de los alumnos
- El 80% de los alumnos consideran que la asignatura se acerca a la realidad profesional

HIGHLIGHTS

- The demand for professionals with BIM knowledge has grown
- The university teaching should be adapted to the current profile of the digital learner
- The use of BIM in teaching has influenced the motivation of students
- 80% of the students consider that the subject is close to the professional reality

RESUMEN

Un gran número de estudios indican que la necesidad de profesionales con conocimientos BIM está sufriendo un rápido crecimiento. Este crecimiento está dando lugar a problemas en la implantación del BIM en el sector, siendo el principal de ellos la falta de formación de los técnicos en este ámbito [1-4]. Las enseñanzas universitarias actuales, se fundamentan en la adquisición de habilidades por parte del alumnado. En línea con las exigencias del Espacio Europeo de Educación Superior que denomina competencias a las habilidades a adquirir por el alumno. En este trabajo se trata de exponer la experiencia docente de la implantación de la tecnología BIM en la asignatura de proyectos. Esta asignatura tiene carácter obligatorio para las tres disciplinas del Grado de Ingeniería Industrial. El objetivo es deducir si el uso docente de la tecnología BIM facilita la adquisición de conocimientos y mejora la comprensión de la asignatura. La educación BIM debe centrarse en el desarrollo de los conocimientos básicos, habilidades y actitudes de los estudiantes [5]. Además, hay que enfatizar en la necesidad de que los técnicos de la industria de la construcción tengan habilidades como la colaboración, comunicación, liderazgo y la gestión de cambios, junto a habilidades técnicas relacionadas con BIM [6]. El mundo académico tiene un papel importante en la transformación de la industria impulsada por BIM [7]. Mientras que las entidades gubernamentales y el sector privado utilizan BIM para la nueva construcción, los programas universitarios han sido mucho más lentos en incorporar la tecnología [8]. Las universidades se están quedando detrás de la industria de la construcción en cuanto a la adopción de la tecnología BIM en la formación de los alumnos [9]. Realmente lo que se evalúa en este trabajo son precisamente los beneficios y dificultades que ha supuesto la implantación de la tecnología BIM en el desarrollo de la asignatura. Cuáles han sido los aspectos que ha mejorado y cuáles son los que se podrían mejorar.

Palabras clave: *BIM; Educación; Universidad; Competencias.*

ABSTRACT

Many studies indicate that the need for professionals with BIM skills is undergoing a fast growth. This growth is giving rise to problems in the implementation of BIM in the sector: the main one is the lack of training of technicians in this area. The current university education is based on the acquisition of skills by students. In line with the requirements of the European Higher Education Area which calls competencies the skills to be acquired by the student. In this paper, the teaching experience of the implementation of BIM technology in the project subject is going to be explained. This subject is compulsory for the three disciplines of the Industrial Engineering Degree. The objective is to deduce if the teaching use of the BIM technology facilitates the acquisition of knowledge and improves the understanding of the subject. BIM education should focus on the development of basic knowledge, skills and attitudes of students. In addition, it is necessary to emphasize the need for construction industry technicians to have skills such as collaboration, communication, leadership and change management, along with technical skills related to BIM. The academic world plays an important role in transforming the industry driven by BIM. While government agencies and the private sector use BIM for new construction, university programs have been much slower in incorporating this technology. Universities are staying behind the construction industry in terms of adopting BIM technology in student training. Actually, the benefits and difficulties that has meant the implementation of BIM technology in the development of the subject is evaluated in this work: which aspects have improved and which aspects could be improved.

Keywords: *BIM; Education; University; Skills.*

1. INTRODUCTION

Un gran número de estudios indican que la necesidad de profesionales con conocimientos BIM está sufriendo un rápido crecimiento. Este crecimiento está dando lugar a problemas en la implantación del BIM en el sector, siendo el principal de ellos la falta de formación de los técnicos en este ámbito [1-4].

Detectada la necesidad de la industria de profesionales formados en BIM y en otras competencias, se ha comenzado a enseñar esta tecnología en algunas universidades de otros países que cuentan con mayor integración de BIM en la industria AEC.

Se está produciendo una lenta pero ineludible transformación en la enseñanza debido a las TIC. A través de la difusión de nuevas experiencias docentes.

La justificación de este trabajo se fundamenta en la gran demanda de profesionales con conocimientos BIM que la industria está requiriendo para el desarrollo de las actividades propias del sector. Con lo cual se ha empezado a enseñar en las principales universidades.

Por un lado los estudiantes están viviendo una realidad en la sociedad digital en la que viven completamente dinámica, en la que los cambios se suceden de manera muy rápida y ellos los van asimilando, adaptándose al medio. Sin embargo, están siendo educados con metodologías y conocimientos completamente estáticos tendentes a quedarse (si no lo están ya), en muchas ocasiones obsoletos con gran rapidez. Y carentes de interactividad y participación. La enseñanza basada en la memorización se desarrolló en otra época, con otros medios y otras necesidades. Así hoy en día se disponen de recursos digitales que no se están aprovechando para mejorar la enseñanza

en aras de mejorar el conocimiento adquirido y dotarles de pensamiento crítico a estos nuevos alumnos. Según un estudio realizado por Nuun (1996) citado en [11], el tiempo dedicado a la participación de los estudiantes en las aulas tradicionales es solamente del 2,28%.

Se ha demostrado que las principales características de BIM como herramienta de aprendizaje y enseñanza son la accesibilidad de la información y la visualización [10].

La educación, formación e investigación BIM son esenciales para impulsar no sólo su aplicación y uso, sino también la evolución de la industria [12].

Para hacer frente a las necesidades futuras, es evidente que las instituciones de educación superior, con el apoyo y respaldo de gobierno y la industria, necesita incorporar plenamente la educación BIM en sus planes de estudio. Para proporcionar a la Industria AEC, egresados con habilidades BIM requeridos para trabajar en entornos de colaboración BIM de los cuales van a formar parte [13].

BIM en realidad ofrece una gran oportunidad para involucrar a los estudiantes de manera más eficaz y para ayudar comprensión de cómo se construyen los edificios [14].

Otro aspecto divergente es el momento ideal para introducir BIM, la mayoría de las escuelas planea introducir BIM en años iniciales de sus planes de estudio, mientras que las empresas prefieren una introducción de la disciplina BIM en los últimos años de la graduación. Se cree que esta diferencia se debe al hecho de que las escuelas no tienen la capacidad para enseñar las aplicaciones prácticas y reales [15]. Por tanto, todavía no hay una hoja de ruta para escuelas o instituciones sobre cómo podrían adaptarse a los desafíos de la industria y

educar a los futuros profesionales en consecuencia [16].

La educación BIM debe centrarse en el desarrollo de los conocimientos básicos, habilidades y actitudes de los estudiantes [5].

El paradigma educativo debe evolucionar hacia un entorno de aprendizaje interactivo [17], actualizando las herramientas empleadas para la enseñanza a los requerimientos de la industria.

2 DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Desde el curso 2014/15, en la asignatura de Proyectos se lleva implantando la metodología BIM. Con el fin principal de dotar a los alumnos de competencias muy a tener en consideración en el mundo laboral de la construcción actual. Para ello, durante estos tres últimos cursos se han ido haciendo modificaciones y adaptaciones a las exigencias de los alumnos sin perder de vista los contenidos de la asignatura.

El sistema educativo está en continua evolución desde la entrada del Plan Bolonia, cuya diferencia más reseñable es el cambio provocado por la enseñanza por competencias y el papel activo que propone para los alumnos en el desarrollo de su propio aprendizaje. Las enseñanzas universitarias actuales, se fundamentan en la adquisición de habilidades por parte del alumnado. En línea con las exigencias del Espacio Europeo de Educación Superior que denomina competencias a las habilidades a adquirir por el alumno.

En estos días en que el conocimiento es tan necesario como saber aplicarlo, la tendencia a la adquisición de competencias se está instaurando en todos los niveles educativos.

Esto supone que los alumnos sabrán emplear lo aprendido con el criterio adecuado (en la situación que lo requieran y con los recursos que dispongan).

El logro de competencias es la base de cualquier plan de estudios y para su adecuada consecución se deben modificar las metodologías de enseñanza. Las que se siguen empleando hoy en día fueron desarrolladas en otro entorno económico y social, en el que las fuentes de conocimiento residían en las instituciones educativas y en los profesionales de la materia correspondiente. Así, la clase magistral, empleada por excelencia por la mayor parte de los docentes, debe ir quedando marginada por el uso necesario de metodologías interactivas centradas en el alumno. En estas metodologías se pretende recrear entornos reales en los que los alumnos se enfrenten a situaciones en las que además de conocimientos se necesitan otras habilidades para llegar a una solución óptima, pudiendo además hacer comprobaciones de otras alternativas, para justificar decisiones.

"La percepción de investigadores que trabajan con BIM, así como los investigadores que estudian la influencia del uso de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza-aprendizaje indican que el uso de modelos de la información de la construcción:

- a) mejora la capacidad cognitiva de los estudiantes y les anima a trabajar con proyectos complejos;
- b) mejora la visualización espacial y la comprensión del espacio y la construcción. Proporciona más recursos para la toma de decisiones y resolución de problemas;
- c) facilita el aprendizaje de contenidos de ingeniería;

- d) mejora la capacidad cerebral para apoyar los procesos cognitivos, como el recuerdo y la memoria; atención; la planificación y la anticipación; el reconocimiento, interpretación y comprensión;
- e) facilita el conocimiento explícito acerca de la construcción, la promoción desarrollo de la atención, el razonamiento y la creatividad” [18]

Las TIC nos permiten desarrollar herramientas metodológicas novedosas y flexibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje (E/A), que favorecen la participación activa de los estudiantes y les convierten en los auténticos protagonistas de su aprendizaje [19]. Pero el mero hecho de introducir la tecnología al proceso educativo no es suficiente [20]. El énfasis se debe de hacer en la docencia, en los cambios de estrategias didácticas de los profesores, en los sistemas de comunicación y distribución de materiales de aprendizaje, en lugar de enfatizar la disponibilidad y las potencialidades de las tecnologías (Salinas (2000, 454) citado en [11])

Motivados por el potencial que las nuevas tecnologías pueden ofrecer en la docencia y en particular por las características de la tecnología BIM, se lleva a cabo este estudio en el que se pretende validar BIM como herramienta docente en base a las competencias que ayuda a adquirir. Y cuáles son estas competencias, comparadas con las necesidades/exigencias por la industria.

La implantación de la tecnología BIM en la asignatura de Proyectos, ha llevado un cambio sustancial en la metodología de enseñanza, con aplicación del aprendizaje basado en Proyectos.

Se les plantea a los alumnos realizar un determinado proyecto (lo más cercano a la

realidad posible), en grupo. Cada grupo está formado por estudiantes de cada una de las disciplinas del Grado de Ingeniería Industrial, más otro alumno que asume el rol de Coordinador BIM. Para llevar a cabo el proyecto se establecen una serie de directrices, condicionantes y cumplimiento de normativa vigente. A partir de ahí, cada uno desarrolla el suyo en base a su creatividad. La herramienta de modelado empleada es Revit, en la versión correspondiente a cada año.

3 RESULTADOS

El punto de partida se establece con las calificaciones, en primera convocatoria, de los alumnos de la asignatura obligatoria de Proyectos. Esta asignatura es obligatoria para las tres especialidades del Grado de Ingeniería Industrial. Se han incluido los (datos de los dos cursos anteriores al nuevo planteamiento de la asignatura y las calificaciones de los dos cursos en los que se lleva empleando BIM. Para comprobar los efectos que ha tenido este cambio en los resultados de los alumnos. Los datos correspondientes a los cursos 2014/15 y 2015/16, son los obtenidos con el nuevo planteamiento de la asignatura, en el que se incluye el uso de BIM para la realización del Proyecto de la asignatura

Como se puede observar en la figura 1, lo que más llama la atención es la disminución del número de alumnos No Presentados en primera convocatoria. Pasa de casi un 86% de los alumnos (esto es que más de 8 de cada 10 alumnos) en el año 2012/13 abandonaron la asignatura al 8% en este último curso 2015/16. El otro dato que muestra la mejora del planteamiento de la asignatura es el número de alumnos que han aprobado en primera convocatoria. Antes de la introducción de las

modificaciones de la asignatura el porcentaje de aprobados estaba en torno al 5%-15% y ha pasado en estos dos últimos cursos a situarse en torno al 45%-65%, esto es que entre cuatro y seis de cada 10 alumnos aprueban la asignatura. La evolución de los datos referidos al porcentaje de suspensos no es tan clara en la tendencia.

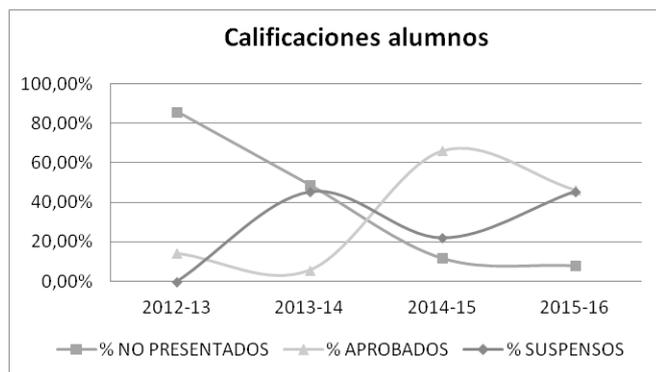


Fig. 1. Calificaciones alumnos Asignatura Proyectos

De forma general se pueden observar diferencias sustanciales entre el método antiguo empleado en la asignatura y el método nuevo empleando BIM (tabla 1).

En los dos cursos se han realizado encuestas de satisfacción en referencia a la nueva estructura de la asignatura con BIM integrada y a continuación se presentan algunos de los resultados.

Los resultados que se muestran en la figura 2. Están orientados a la percepción que han tenido los alumnos en referencia a la organización y estructura de la asignatura. Se observa que el primer año más del 50% consideraban que se había organizado “bien” o “muy bien”. Sin embargo, este porcentaje se reduce al 35%, esto puede ser debido a otros cambios que se han realizado en la asignatura, sin nada que ver con la tecnología BIM.

	ANTES DE USAR BIM	USANDO BIM
Asistencia a clase	Baja a moderada	Moderada a alta
Abandono de la asignatura	Porcentaje elevado	Pequeño tanto por ciento
Actitud en clase: Motivación, Implicación, participación	Pasiva, con poca interacción durante las clases	Mayor interés y actitud positiva en el proceso de aprendizaje.
Compresión conceptos técnicos	Se lleva a cabo con gran esfuerzo de abstracción	Facilitada por la visualización que ofrece la tecnología BIM
Nivel de desarrollo de los proyectos	Pocos son los que alcanzan el nivel mínimo exigido	Aunque necesitan mejorar, el porcentaje de proyectos con nivel adecuado ha aumentado
Calidad de la documentación	Errores no detectados, con incongruencias en la documentación presentada	Se ha producido gran disminución en los errores plasmados en los planos

Tabla. 1. Valoración del profesorado antes y después de usar BIM en la asignatura

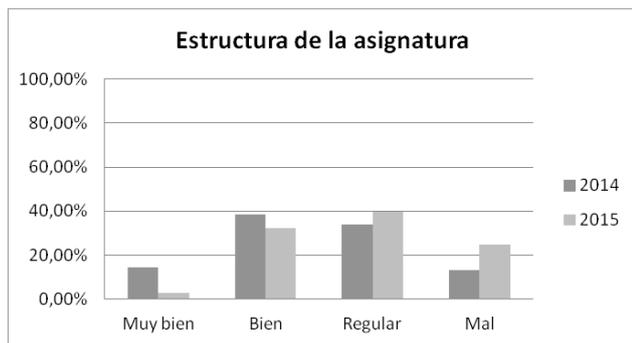


Fig. 2. ¿Cómo crees que se ha estructurado la asignatura?

Una cuestión muy importante en el proceso Enseñanza/Aprendizaje es la referente a la actitud de los discentes, que como se muestra en la figura 3, 7 de cada 10 indican que han afrontado las clases con ilusión y motivación.

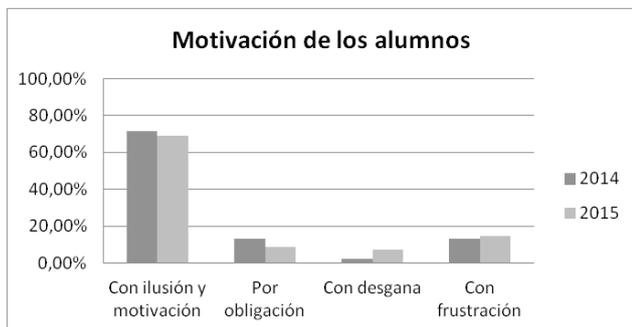


Fig. 3. ¿Cómo has afrontado las clases?

Por otro lado, es interesante saber las expectativas que los estudiantes tienen sobre el resultado final del proceso de enseñanza, en la figura 4 se muestran las respuestas de la pregunta ¿Crees que el nuevo diseño del seguimiento de la asignatura te va a ayudar a aprobarla? Se observa, que en los dos años en los que se ha implementado BIM en la asignatura, en torno al 70% de los alumnos “Esperan que el nuevo planteamiento de la asignatura les ayude a aprobarla”.



Fig. 4. ¿Crees que el nuevo diseño del seguimiento de la asignatura te va a ayudar a aprobarla?

Respecto a la satisfacción general con el nuevo planteamiento de la asignatura. Se muestran en la figura 5 como media de los dos años el 70% de los alumnos ha encontrado la experiencia “Satisfactoria” o “Muy satisfactoria”. Es reseñable de este gráfico el porcentaje tan pequeño de alumnos que no han estado “nada satisfechos”, que en ninguno de los dos casos llega al 5%.

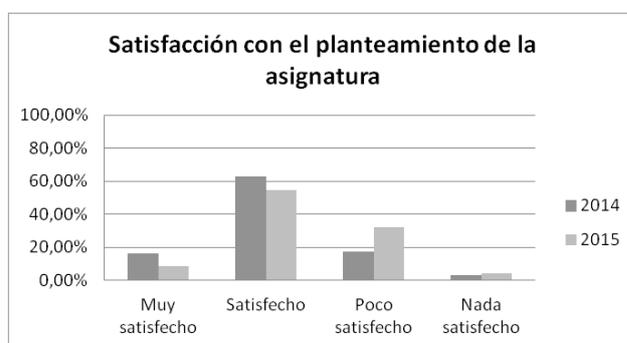


Fig. 5. ¿Cuál es tu grado de satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura?

En muchos estudios realizados a los egresados universitarios, se reflejan datos sobre la brecha existente entre los aspectos que vinculan las enseñanzas y la realidad profesional. Puesto que BIM, es una metodología de trabajo, era preciso saber la percepción de los alumnos en este sentido.

La figura 6, muestra los resultados de la pregunta ¿Crees que el nuevo planteamiento de la asignatura se acerca a la realidad profesional?. Y en ambos casos, más del 80% de los alumnos han considerado que este nuevo planteamiento de la asignatura se acerca “Mucho” o “Bastante” a la realidad profesional.

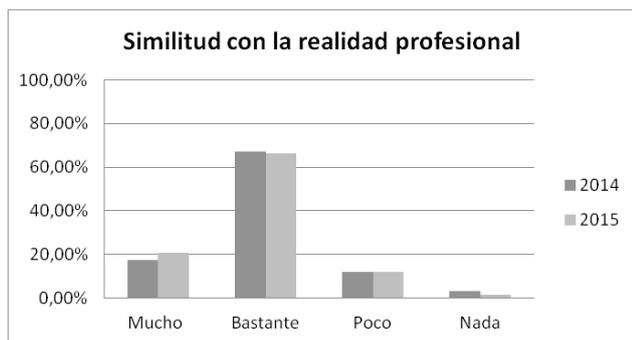


Fig. 6. ¿Crees que el nuevo planteamiento de la asignatura se acerca a la realidad profesional?

Por último, en la figura 7, se muestran los resultados de la pregunta acerca de las posibles barreras que dificultan la implantación de BIM en la universidad. En ambos casos, se ha obtenido un porcentaje muy similar, en torno al 75% de los alumnos consideran que la principal barrera para llevar a cabo este cambio es la “Falta de personal capacitado”.

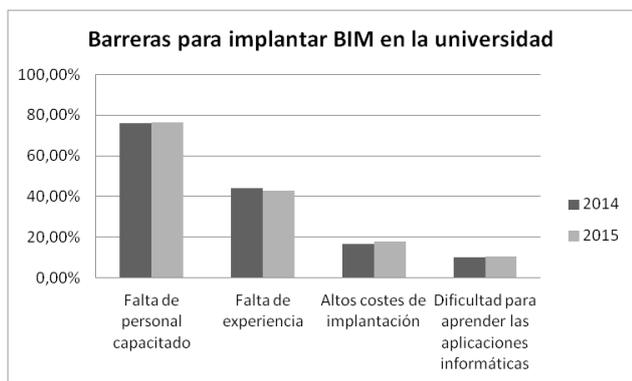


Fig. 7. ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar la tecnología BIM en los planes de estudio actuales?

4 CONCLUSIONES

La principal conclusión obtenida en esta investigación es que el uso de BIM, además de los beneficios obtenidos en la práctica profesional, también se puede emplear en la docencia universitaria, con mucha probabilidad de éxito.

La implantación de BIM en los estudios universitarios conseguirá un conocimiento y entendimiento más homogéneo de la tecnología, aplicación adecuada, aprovechamiento del potencial de las herramientas. Con las consiguientes repercusiones en la industria: facilidad de implantación en el mundo profesional, aumento de la productividad, se eliminarán algunas de las barreras que las empresas consideran actualmente.

Las experiencias educativas novedosas, que integren medios digitales cuentan con la motivación previa de los alumnos, tal y como se ha visto en el apartado de resultados en el que el porcentaje de alumnos “ilusionados y motivados” es elevado el 70%. Les resulta más práctico al considerar que están aprendiendo herramientas y metodologías actuales, con una validez más cercana a la realidad profesional, cuestión abordada también en el cuestionario, en el que 8 de cada 10 hacen esta consideración.

Los principales inconvenientes encontrados por parte de los alumnos se han obtenido de las preguntas abiertas incluidas en el cuestionario. Cabe destacar, la falta de tiempo de la asignatura y la frustración inicial en el aprendizaje autodidacta del software.

Sin embargo, incluso con los inconvenientes encontrados durante el desarrollo del nuevo planteamiento de la asignatura, los resultados

han sido muy positivos. Estos resultados son avalados por el nivel de calidad de los trabajos de los alumnos y por la valoración del profesorado.

REFERENCES

- [1] Sacks R., Barak R. (2009). Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice: (ASCE)*. *J Prof Issues Eng Educ Pract.* 31;136(1):30–8.
- [2] Barison M.B., Santos E.T. (2015). The competencies of BIM specialists: a comparative analysis of the literature review and job ad descriptions, In: *Proc, Int Workshop on Computing in Civil Engineering*, ASCE, Reston, VA [Internet]. 2011 [cited 2015 Feb 18]. Available from: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41182\(416\)73](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41182(416)73)
- [3] Fridrich J., Kubečka K. (2014). BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education, *Procedia - Soc Behav Sci.* 2014 Aug;141:763–7.
- [4] Sah V., Cory, C. (2008) Building Information Modeling: An Academic Perspective, *Proceedings of The 2008 IAJC-IJME International Conference*. ISBN 978-1-60643-379-9. Purdue University. Paper 196, IT 301.
- [5] Sacks R., Pikas E. (2013). Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis, *J Constr Eng Manag.* Nov; 139(11):04013016.
- [6] Gardner J.C., Hosseini M.R., Rameezdeen R., Chileshe N., (2014). *Building Information Modelling (BIM) Education in South Australia, Industry Needs.*
- [7] Suwal S., Jäväjä P., Rahman M.A., Gonzalez V. (2013). Exploring BIM-based education perspectives. *AUBEA–2013* [Internet], [cited 2015 Jul 1]; Available from: <https://www.library.auckland.ac.nz/external/final/proceeding/Files/Papers/46530final00058.pdf>
- [8] Sabongi F.J. (2009). The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses, In: *Proc, 45th Annual Conference of ASC* [Internet]. [cited 2014 Mar 20]. Available from: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/2009/CEUE90002009.pdf>
- [9] Macdonald J.A., (2012). A framework for collaborative BIM education across the AEC disciplines, In: *37th Annual Conference of Australasian University Building Educators Association (AUBEA)*, Sydney, Australia [Internet]. 2012 [cited 2014 Oct 8]. Available from: http://resource.unisa.edu.au/file.php/588/Project_Publications/2012_Macdonald_AUBEA.pdf
- [10] Meadati P., Irizarry J. (2010). BIM—a knowledge repository, In: *Proceedings of the 46th Annual International Conference of the Associated Schools of Construction*, Retrieved November [Internet]. 2010 [cited 2014 May 20]. p. 2010. Available from: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2010/paper/CERT177002010.pdf>
- [11] Almenara J.C. (2005). Las TICs y las Universidades: retos, posibilidades y preocupaciones, *Rev Educ Super.* 34(3):77–100.

- [12] Smith P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies, *Procedia Eng.* 2014;85:482–92.
- [13] Rooney K. (2013). BIM Education-Global-Summary report–2013, NATSPEC Constr Inf. 2014;
- [14] MacDonald J., Mills J. (2013). An IPD approach to construction education, *Australas J Constr Econ Build.* 2013;13(2):93–103.
- [15] Becerik-Gerber B., Gerber D.J., Ku K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula, *J Inf Technol Constr.* 2011;16:411–432.
- [16] Kocaturk T., Kiviniemi A. (2013). Challenges of Integrating BIM in Architectural Education. *Proceedings of the 31st International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe.*
- [17] Gier D.M. (2015). Integrating Building Information Modeling (BIM) into Core Courses within a Curriculum: A Case Study, *Int J Eng Res Gen Sci* [Internet], [cited 2015 May 24];3(1). Available from: <http://www.pnrsolution.org/Datacenter/Vol3/Issue1/70.pdf>
- [18] Checcucci É de S. (2014). Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto, 2014;
- [19] Álvarez S., Cuéllar C., López B., Adrada C., Anguiano R., Bueno A., et al. (2011). Actitudes de los profesores ante la integración de las TIC en la práctica docente: estudio de un grupo de la Universidad de Valladolid, *EduTec Rev Electrónica Tecnol Educ.* (35).
- [20] Rodríguez-Izquierdo R.M. (2011). Repensar la relación entre las TIC y la enseñanza universitaria: problemas y soluciones, 2011 [cited 2016 Sep 21]; Available from: <http://digibug.ugr.es/handle/10481/15309>