

# APLICACIÓN DE RECURSOS DE REALIDAD AUMENTADA Y BIM A LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

Alejandro Enfedaque Díaz<sup>1</sup>, Marcos García Alberti<sup>2</sup>, Rafael Molina Sánchez<sup>3</sup>  
Miguel Núñez<sup>4</sup>

- 1: Departamento Ingeniería Civil: Construcción, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos  
alejandro.enfedaque@upm.es
- 2: Departamento Ingeniería Civil: Construcción, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos  
marcos.garcia@upm.es
- 3: Departamento Ingeniería Civil: Transporte y Territorio, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos.  
rafael.molina@upm.es
- 4: Departamento Ingeniería Civil: Construcción, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos  
miguel.nunezf@upm.es

**Resumen.** *La conservación y explotación de infraestructuras tendrá aún mayor importancia en el futuro dado que en los países desarrollados se ha llegado a un periodo de madurez de las infraestructuras. En este Proyecto de Innovación Educativa (PIE), se propone modelizar un tramo ya construido para comprender las principales mejoras y los posibles defectos del proyecto y de la construcción comprendiendo las consecuencias y los costes que suponen las deficiencias del proyecto o los defectos en la ejecución. Para ello, se han realizado dos Trabajos de Fin de Máster (TFM) donde se han mostrado las dificultades técnicas y las limitaciones tecnológicas del estado actual de la Realidad Aumentada y de BIM (Building Information Modelling). Además, las conclusiones de los TFM han mostrado los aspectos de estas tecnologías que deben ser desarrollados mientras se ha fomentado la creatividad, la capacidad de organización y planificación de los alumnos participantes.*

**Palabras clave:** Autoaprendizaje-Aprendizaje Autónomo, Objetos 3D, Realidad Aumentada, Uso de TIC

## 1. Introducción

La industrialización y la modernización del modelo productivo del sector de la construcción ha sido siempre una tarea compleja al tratarse de una fabricación por encargo en la que las secuencias y procedimientos no pueden sistematizarse fácilmente. Sin embargo, tras el fuerte impacto de la crisis financiera de 2007 en dicho sector, apareció en él una conciencia generalizada de necesidad de modernización. Por ello, se desarrollaron nuevas metodologías de proyecto que introducen las posibilidades y utilidades de las nuevas tecnologías e integran la gestión de la vida completa de la obra desde la fase de proyecto [1,2]. Esta nueva apuesta se ha consolidado con la implantación en varios países [3] de la metodología conocida como *Building Information Modelling* (BIM). Por consiguiente, en el ámbito de la formación universitaria ya han aparecido una serie de iniciativas dirigidas a incorporar la metodología BIM en los estudios de Arquitectura y Edificación [4-7]. Sin embargo, sigue estando pendiente su introducción en los currículos de Ingeniería de Caminos, incluyéndolo entre las competencias que completan la formación de sus alumnos [8-10]. Por ello, resulta necesario apostar por un nuevo enfoque que combine la formación tradicional y los recursos tecnológicos aportados por la metodología BIM y que prepare a los egresados para el mundo profesional en el ámbito de las infraestructuras [11-12].

El uso de herramientas BIM (Building Information Modelling) y programas de modelado 3D (p.e. AECOsim, Revit o SketchUp) acerca a los alumnos al mundo virtual con una actividad atractiva y motivadora. La exploración autónoma y creativa, no sólo del entorno de una carretera, sino también de las herramientas TIC necesarias, proporcionarán una visión novedosa sobre la importancia de la conservación del patrimonio del Estado y de la necesidad de la misma para el respeto medioambiental. La utilización de herramientas tridimensionales asimismo permite también la mejora de la comprensión y la adquisición como aprendizaje de mayor profundidad de las asignaturas de carreteras previamente cursadas.

## 2. Aplicación de las herramientas BIM

Las labores realizadas en el presente proyecto han sido aplicadas al planteamiento de la estrategia de conservación de un tramo de carretera. Todo el proceso ha sido plasmado en la redacción de dos Trabajos de Fin de Máster en la titulación de Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. La corrección de dichos trabajos permitirá comprobar qué recursos generados son útiles y cuales se ajustan a la realidad de la conservación de carreteras en la actualidad.

Con el objeto de determinar las posibilidades de aplicación de las metodologías BIM a un caso práctico de conservación de carreteras, se seleccionó el tramo de carretera situado entre los kilómetros 15 y 16 de la carretera autonómica M-513 entre las localidades de Boadilla del Monte y Brunete. Uno de los trabajos se centró en el estudio de la conservación de los elementos de balizamiento y señalización horizontal pertenecientes al tramo de carretera seleccionado. El segundo de ellos se orientó hacia la conservación de la señalización vertical.

En el desarrollo de estos trabajos se integraron los datos de los inventarios de los elementos inherentes a una carretera (I.D., P.K. Inicio, P.K. Final, Margen, Clase y Código) obtenidos gracias a la colaboración con el Área de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, con la modelización obtenida a partir de los datos geométricos de la vía y las imágenes captadas en vuelo por un dron.

Para realizar la citada integración se utilizaron un estudio sobre los programas (software) disponibles que se pueden usar para el modelado de la carretera. Una vez realizado el modelo 3D, se introdujeron los datos del inventario proporcionado por la Comunidad de Madrid, en el cual vienen determinadas las características de los diferentes elementos de una carretera, tales como señalización vertical, balizamiento, señalización horizontal y barreras de seguridad.

En la figura 1 se puede ver una comparación entre la imagen de la carretera real frente a la recreación conseguida.



Figura 1. Comparación de imagen real frente a modelado 3D

Asimismo, en la figura 2 se puede apreciar las características que tiene el modelado 3D de una señal vertical. En la figura 2 también se puede apreciar la pantalla de atributos que se pueden asignar a la señal dentro de los que se definen aquellos que definen la estrategia de conservación y mantenimiento de la vía.



Figura 2. Modelado señalización vertical.

Finalmente, se analizaron las posibilidades de aplicación de BIM para la conservación del tramo seleccionado y se realizó una valoración económica resultado de aplicar tanto la metodología de Realidad Aumentada como BIM.

### 3. Conclusiones

El PIE desarrollado ha permitido lograr en gran medida los objetivos planteados en su redacción. Los alumnos han adquirido una serie de competencias transversales que han consolidado los conocimientos adquiridos en otras materias. Además, han podido acercarse a nuevas técnicas de inspección de infraestructuras basadas en la combinación de técnicas fotogramétricas aéreas con sistemas de representación 3D y la utilización de la metodología BIM de proyectos aplicados a elementos ya existentes y a la ingeniería civil.

En cuanto a las competencias específicas, los alumnos han logrado mejorar su capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas. Hay que resaltar que mediante este ejercicio académico se han conseguido detectar aspectos de las herramientas BIM que deben ser desarrollados antes de su implantación definitiva durante 2019.

Es importante comentar también que algunas de las conclusiones obtenidas, han permitido avanzar en el diseño e implementación de una nueva asignatura optativa en el Máster de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos denominada Metodologías BIM de Proyecto para la construcción inteligente [13-15].

### REFERENCIAS

- [1] Azhar, Salman. "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry." *Leadership and management in engineering* 11.3 (2011): 241-252.
- [2] Peterson, Forest, et al. "Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned." *Automation in Construction* 20.2 (2011): 115-125.

- [3] Brioso, Xavier. "Teaching Lean construction: Pontifical Catholic university of Peru training course in Lean project & construction management." *Procedia Engineering* 123 (2015): 85-93.
- [4] Oliver Faubel, Inmaculada. "Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta." (2016)
- [5] Menéndez Cárdenas, Margarita. "Incorporación de Metodología BIM en la Gestión Integrada de Proyectos" Máster Universitario en Gestión de Proyectos de Edificación – Project Management, 2016
- [6] Nieto Julián, E., Quiñones Rodríguez, R., Llorens Corraliza, S. & Cortés Albalá, I. 2014, "Experiencia integradora de la tecnología BIM en la ETSIE de Sevilla", EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, Editorial UPV, València, mayo 2014, pp. 258.
- [7] Prieto Muriel, Paloma. "Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería" Máster Universitario en Investigación en Ingeniería y Arquitectura.
- [8] Bokor, Orsolya, and Miklós Hajdu. "The Use of eLearning in Teaching Construction Management Core Subjects." *Procedia Engineering* 85 (2014): 75-83.
- [9] Purnuş, Augustin, and Constanța-Nicoleta Bodea. "Educational simulation in construction project financial risks management." *Procedia Engineering* 123 (2015): 449-461.
- [10] Abbas, Ali, Zia Ud Din, and Rizwan Farooqui. "Integration of BIM in construction management education: An overview of Pakistani engineering universities." *Procedia Engineering* 145 (2016): 151-157.
- [11] Puche, D'Paola, Emilio Humberto, and Emilio Humberto. Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil: BIM y realidad virtual. MS thesis. Universidad EAFIT, 2014.
- [12] Palomo Piruat, Fernando "Integración del Building Information Modeling (BIM) con la práctica del Facility Management (FM). Mejora de procesos de toma de decisiones en mantenimiento." Máster Universitario en Organización Industrial y gestión de Empresas, 2016.
- [13] Á. Moreno, M. G. Alberti, A. Enfedaque, A. Arcos, Á. Picazo, and J. C. Gálvez, Reflections about incorporation of BIM methodology on civil engineering studies. II Congreso internacional de innovación educativa en edificación, CINIE 2018. Madrid, 2018, pp. 25-26.
- [14] Ángela Moreno Bazán, Marcos García Alberti, Alejandro Enfedaque, Antonio Arcos, Jaime C. Gálvez Ruiz, Considerations about syllabus of civil engineering master degrees in order to implement BIM project methodology, IV Int. Conference on Structural Engineering Education Structural Engineering Education Without Borders - ACHE, pp. 432-440, June 20–22 2018, Madrid, Spain
- [15] A. Moreno Bazán, M. García Alberti, A. Enfedaque, A.A. Arcos Álvarez, J.C. Gálvez Ruíz, Considerations About School Curriculums Of Civil Engineering Degrees In Order To Implement BIM Project Methodology, Proceedings of the 12th International Technology, Education and Development Conference (INTED2018), pp. 3318-3324, 2018. ISBN: 978-84-697-9480-7;ISSN: 2340-1079;doi: 10.21125/inted.2018.0636.Web of Science Core Collection.