

02-026

INFLUENCE OF BIM IN CONSTRUCTION COMPANIES INNOVATION

Villena Manzanares, Francisco ⁽¹⁾; García Segura, Tatiana ⁽²⁾; Ballesteros-Pérez, Pablo ⁽³⁾;
Pellicer, Eugenio ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad de Sevilla, ⁽²⁾ Universitat Politècnica de València, ⁽³⁾ Universidad de Cádiz

The implementation of BIM (Building Information Modeling) allows managing the project information of a building or infrastructure from the design phase to its maintenance and operation. The BIM model can handle all the project information and documentation using a database as a repository of a virtual 3D model. Companies in the construction industry implementing BIM are benefitting from the development of collaborative technologies, projects lifecycle costs decrease, the integration of more sustainable solutions and improving their market competitiveness. However, the companies that have decided to implement BIM, are also making an effort changing their innovation culture. By considering different "innovation concepts" and current models that explain the development of companies' innovation, the aim of this study is to build a theoretical model that explains how the implementation of BIM incentivizes different types of innovation in companies in the construction industry.

Keywords: *BIM; Collaborative Work; Innovation; Construction Industry.*

INFLUENCIA DEL BIM EN LA INNOVACIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en un proyecto permite gestionar la información de un edificio o infraestructura desde la fase de diseño hasta la fase de mantenimiento y explotación. El modelo BIM puede gestionar toda la información y documentación utilizando una base de datos como repositorio de un modelo virtual 3D. Las empresas del sector de la construcción que están implementando esta metodología, se benefician de desarrollar tecnologías colaborativas reduciendo costes en conjunto del ciclo de vida del proyecto, pudiendo incorporar soluciones sostenibles y mejorar su competitividad. Sin embargo, empresas que han decidido implementar la metodología BIM están realizando un gran esfuerzo modificando su cultura de innovación. Partiendo de los diversos "conceptos de innovación" y de los modelos actuales que explican el fomento de innovación en empresas, el objetivo de este trabajo es exponer un modelo teórico que describa cómo la implementación de BIM incentiva diferentes tipologías de innovación en las empresas del sector de la construcción.

Palabras clave: *BIM; Trabajo Colaborativo; Innovación; Sector de la Construcción.*

Correspondencia: FRANCISCO VILLENA MANZANARES fvillena@us.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción.

El objetivo de este trabajo es proporcionar un modelo teórico a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector Arquitectura Ingeniería y Construcción (AIC) que permita analizar las conductas y aspectos culturales que debe tener en cuenta la dirección empresarial para que la implementación del BIM venga acompañada de comportamientos innovadores. La organización empresarial se ve afectada por las directrices que marca la dirección. Ello implica que otras variables empresariales también puedan verse condicionadas. En este contexto, el presente trabajo introduce a los responsables de la dirección de la empresa que la implementación BIM puede generar también innovación en sus empresas. Por otro lado, es reconocido que la manera de dirigir una organización afecta al comportamiento organizativo y a sus resultados.

Las empresas del sector AIC están experimentando actualmente un cambio tecnológico muy importante respecto a cómo el BIM influye en la nueva forma de redacción, desarrollo y presentación de los proyectos. Esto ocurre debido a que BIM permite, no solamente el diseño en 3D (que ya existía previamente), sino también operar con el modelo como si se tratase de un sistema de información. Esto permite introducir capas y contenidos adicionales, tales como el tiempo o el coste de elementos. Algunos autores consideran ya el BIM en sí mismo como una innovación sin límites, o innovación sistemática (Harty, 2005; Ahmed y Kassem, 2018). Desde el punto de vista de este trabajo, no obstante, el BIM se considera una tecnología que requiere la aplicación de un cambio de paradigma metodológico: el trabajo colaborativo (Barrett, y Sexton, 1998; Elmualim y Gilder, 2014; Dainty et al., 2017). En este mismo sentido, Lindblad (2019) encuentra similitudes entre los implementación BIM y la implementación de otras innovaciones en las grandes constructoras.

Las exigencias de innovación en el sector AIC son cada vez mayores. La digitalización juega un papel fundamental para evitar las presiones competitivas de la industria 4.0. Este cambio tecnológico aún no está siendo acogido con éxito en el sector AIC debido a los cambios que requiere la metodología BIM en la operación de la organización. La literatura también ha analizado dichas barreras de la adopción BIM desde un punto de vista cultural, financiero y tecnológico (Aranda-Mena, Wakefield, 2006; Zhang, 2010; Xu, Fengs y Li, 2014). Entre estas barreras destacan las dificultades técnicas, las cuestiones legales y de responsabilidad, la intransigencia a los cambios en los sistemas de contratación, y la necesidad de formación y de la de los cambios normativos (Dainty et al., 2017).

Por otro lado, el tamaño de la empresa influye en la implementación BIM. Cuanto mayor tamaño empresarial y mayor disposición de recursos disponibles, más influyente es la percepción que los directivos tienen de la aceptación de nuevas tecnologías (Barrett, y Sexton, 1998). La literatura reconoce que los clientes públicos desempeñan un papel importante en la implementación del BIM en las grandes empresas. Cuanto menor sea el tamaño de la empresa, la estructura empresarial es generalmente más centralizada, siendo el gerente, el agente de cambio más influyente para la adopción del BIM (Thong, 1999).

La implementación del BIM se define como una utilización integral y de gestión del “software” BIM. Esta utilización también comprende los diferentes participantes en un entorno específico que apoya la eficiencia y eficacia en las tareas (Suermann y Issa, 2009). En este sentido, surge la pregunta: ¿Qué efecto provoca la implementación de la tecnología BIM en el comportamiento innovador de las empresas del sector AIC?

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo holístico circular que sirva para hacer reflexionar a gerentes y directivos acerca de cómo el comportamiento innovador de la empresa puede verse afectado por la adopción del BIM. BIM exige cambios en variables organizativas de tipo cultural. No obstante, la componente colaborativa no es la única responsable de favorecer la innovación empresarial. El modelo teórico propuesto se apoya en la Teoría de Recursos y Capacidades (Barney, 1991; Penrose, 1959) y en la Teoría de las Capacidades Dinámicas (Teece y Pisano, 1994; Teece, Pisano y Shuen, 1997; Teece, 2007). Desde la Teoría de Recursos y Capacidades se explica el importante papel que juegan los recursos disponibles en el éxito competitivo de la empresa. Desde la perspectiva de las Capacidades Dinámicas vemos cómo son las conductas empresariales, las únicas responsables de manifestar los cambios originados en el entorno (ej. Zajac, Kraatz y Bresser, 2000).

2. Revisión de la literatura

A lo largo de las últimas décadas, han sido numerosas las contribuciones realizadas en torno al BIM y sus características. La Tabla 1 destaca las siguientes definiciones relevantes de BIM.

Tabla 1: Definiciones relevantes de BIM

Harness (2008)	Un modelo de información de la construcción (el modelo) es una representación digital de las características físicas y funcionales del proyecto. BIM es el proceso y la tecnología utilizada para crear el modelo.
Autodesk (2012)	Es un proceso integrado que mejora la comprensión del proyecto y obtiene resultados predecibles. Esta visibilidad permite a todos los miembros del equipo del proyecto mantenerse coordinados, mejorar la precisión, reducir el desperdicio y tomar decisiones informadas al inicio del proceso, lo que ayuda a garantizar el éxito del proyecto.
Tekla (2013)	El proceso de modelado y comunicación de la estructura de un edificio en detalle para beneficiar todo el ciclo de vida del edificio.
Miettinen y Paavola (2014)	Representación digital de objetos visuales paramétricos (3D) que incluyen información geométrica, así como información funcional, semántica y topológica relacionada con los diferentes procesos y aplicaciones que intervienen durante el ciclo de vida de los edificios.
Succar y Kassem (2015)	Expresión actual de innovación digital en el sector de la construcción.
Oesterreich y Teuteberg (2016)	Clave facilitadora de la transformación digital que brinda oportunidades para armonizar el sector de la construcción con paradigmas emergentes en el entorno como Internet de las cosas (IoT), sensores inteligentes, conectividad y Big Data.

Del análisis de las diferentes aportaciones de la definición BIM, podemos contribuir con una definición sistémica para su explicación en este trabajo. Esta definición sería: (BIM es) “Un proceso integrado y participativo que mejora la representación digital de los proyectos y optimiza el análisis de la construcción (tiempos, costes y procedimientos), para garantizar el éxito en la ejecución del proyecto”.

BIM es considerado también la colaboración entre diferentes partes interesadas en diferentes fases del ciclo de vida de una infraestructura o construcción. Esta colaboración busca insertar, extraer, actualizar o modificar información en el propio modelo, respaldando y reflejando los roles entre las partes interesadas (Enegbuma et al., 2014). La metodología BIM está

suponiendo una especialización tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y de las infraestructuras. Esta herramienta permite construir de una manera más eficiente, reduciendo costes al tiempo que permite a proyectistas, constructores y demás agentes implicados, trabajar en colaboración.

Por otra parte, en este trabajo se define el comportamiento innovador de la empresa como aquellas actuaciones de la misma que implementan nuevas soluciones en cualquier ámbito organizativo en su gestión (Teece y Pisano, 1994). La innovación se puede materializar de diferentes maneras: por ejemplo, diseños nuevos, procedimientos y procesos diferentes, soluciones a problemas en momentos claves, etc. Las capacidades de las empresas del sector de la construcción para desarrollar innovación son fundamentales para optimizar el rendimiento del sector en general. Por ello, el comportamiento innovador para las grandes empresas del sector es diferente al de las PYMES según predice la literatura. Esto ocurre debido a que las grandes empresas disponen de mayores recursos y la I+D es fundamental para generar comportamiento innovador y nuevos proyectos (Correa et al., 2007).

A pesar de lo anterior, no hay que olvidar que la literatura reconoce la importancia de las PYMES como equivalente al de las grandes empresas, por el volumen que ocupan y por el empleo que generan (Barrett, y Sexton, 1998). Las PYMES del sector constituyen una proporción sustancial de la industria de la construcción (Barrett, y Sexton, 1998). Por ello, mejorar el rendimiento de la innovación de las PYMES del sector es una prioridad. Especialmente después de los momentos de crisis generalizada acusada en nuestro país. Estudios que han analizado la innovación en las PYMES en general, resaltan que la innovación en este tipo de empresas se asienta sobre las bases de su conocimiento interno (Freel y Harrison, 2006). Otros trabajos señalan que en las PYMES, los responsables de activar sus procesos de innovación son los propios clientes, debido a las nuevas necesidades del mercado o debido a los nuevos desarrollos tecnológicos (Kauffmann y Tödtling, 2002, 2003; Gebauer et al., 2005). La I+D en cambio, es más limitada en los procesos de innovación de este tipo de empresas.

Sabemos que el emprendimiento corporativo es un proceso que permite estimular el espíritu emprendedor de los empleados. Con este esfuerzo emprendedor es más fácil generar proyectos innovadores, nuevos negocios y mejoras empresariales que contribuyan a mejorar la competitividad de la propia empresa (Seshadri y Tripathy, 2006). Por tanto, si la empresa constructora de menor tamaño fomenta una cultura hacia el emprendimiento, de alguna manera está ayudando a favorecer algún tipo de innovación. Una base fundamental para la implantación del BIM con éxito se apoya en la participación entre los diferentes agentes proyectuales. Dicha metodología plantea fomentar una cultura emprendedora para desarrollar capacidades de cambio, experimentar con ideas compartidas y reaccionar con mayor apertura y flexibilidad. Por tanto, las PYMES del sector AIC, para comenzar el proceso para emprender hacia una implementación del BIM, necesitan una estructura flexible, no centralizada, que mejore la comunicación y la transferencia de ideas y conocimientos de todos los miembros del equipo del proyecto-construcción.

2.1 La adopción de tecnología BIM.

La adopción tecnológica es un aspecto recurrente en la literatura científica (Taylor y Todd, 1995). Uno de los problemas que existen aún en la implementación del BIM es precisamente superar las barreras tecnológicas que su adopción supone. Enegbuma et al. (2014) plantean un modelo que explica la mejora de la adopción de tecnología para profesionales de la industria de la construcción (contratistas, ingenieros, arquitectos, etc.). En dicho modelo, partiendo de la percepción del BIM (persona-proceso-tecnología) y de las estrategias de la tecnología de la información (reingeniería de procesos y construcción integrada por

computadora), se evalúa su influencia en la penetración BIM en la industria. Esta penetración se produce bajo un enfoque de construcción colaborativo, donde se llega a la conclusión que esta herramienta repercute positivamente en la reingeniería de los procesos de negocio. No obstante, paralelamente existe una baja adopción de BIM en las PYMES. Esto se considera un problema para la capacidad innovadora de estas empresas (Forsythe, 2014). Finalmente, destacar que la falta de formación no es considerada una barrera para la adopción BIM en las PYMES (Hosseini et al., 2016). Es más bien la falta de evidencia que aprueba las ventajas del BIM para proyectos de pequeño tamaño.

Además la tecnología BIM permite en la actualidad nuevas posibilidades de comunicación entre promotores y sus clientes finales, por lo que es más fácil integrar al usuario final en el proceso inicial de definición del alcance del proyecto. Las percepciones que pueden tener los clientes respecto al BIM del proyecto se materializan en acciones que un usuario puede exigir al modelo virtual, como son: poder acceder a una base de datos compartida y generar observaciones que los proyectistas contemplan, corroborar los componentes constructivos que hacen viable el diseño requerido, conocer mediciones en base al modelo constructivo virtual, examinar volúmenes, áreas y características varias, finalmente activar modos de exploración por la construcción virtual.

2.2 Modelos de innovación en el sector AIC para PYMES.

Wang et al. (2018) desarrollan un modelo para impulsar la innovación entre las pequeñas y medianas empresas de construcción. Una primera fase incluye las capacidades de la empresa (organizativas, comerciales, recursos humanos, aprendizaje, emprendimiento). Una segunda fase incluye las actividades de innovación (organizativas y tecnológicas). La tercera y última fase incluye el desempeño de la empresa. Una de los aspectos que sorprenden de este modelo es el no haber tenido en cuenta la adopción en tecnología BIM para esa creación de actividades de innovación. Como reconoce Cao et al. (2016), la implementación en la metodología BIM en proyectos de construcción durante los últimos 10 años estará lleno de beneficios para las empresas del sector en muchos aspectos. Es por ello, que este trabajo orienta la implementación BIM hacia una herramienta que puede generar aspectos innovadores.

Elmualim y Gilder (2014) plantean que la industria de la construcción necesita la colaboración y la aplicación de tecnologías emergentes como facilitadoras que integren el equipo del proyecto, así como la adopción de la innovación en el proceso de diseño, construcción y en toda la cadena de suministro. De esto se puede concluir que la componente de colaboración y el uso adecuado del BIM son los motores de cambio para innovar. Dainty et al. (2017) afirman que el BIM es una tecnología que puede mejorar la eficiencia, la conectividad y el rendimiento de muchos procesos dentro del sector AEC. Sin embargo, la capacidad del sector para cumplir con las aspiraciones de productividad, sostenibilidad y crecimiento económico, que se ven influenciadas por las políticas públicas, no han logrado comprometer a las PYMES con el BIM. Los mismos autores sugieren que es importante tener en cuenta en investigación los aspectos políticos y regulatorios que pueden influir la implementación del BIM en las PYMES.

Un modelo de innovación debe de tener en cuenta la sostenibilidad tanto en el diseño como con el compromiso con la economía circular. Por ello se debe de construir con el menor impacto ecológico, adoptando las medidas necesarias para que la infraestructura o construcción siga su ciclo de vida normal hasta la demolición, y revalorizando la gestión de residuos (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea).

Pellicer et al. (2014) encontraron que los problemas técnicos en los proyectos, los requisitos de los clientes y la dirección empresarial son los principales impulsores de la innovación. Para ello elaboran un modelo de gestión de la innovación para pymes. El modelo desarrollado por

Pellicer et al. (2014) concluye con que el principal beneficio de la gestión de la innovación es un aumento en la capacidad técnica de la compañía, mientras que las dos barreras principales para la innovación son la priorización de los procesos de producción y la falta de apoyo del equipo directivo.

3. Modelo de influencia del BIM para la innovación de las PYMES en AIC.

Partiendo de los diversos "conceptos de innovación" y de los modelos actuales que explican el fomento de innovación en PYMES, el objetivo de este trabajo era el de exponer un modelo teórico que describa cómo la implementación de BIM incentiva diferentes tipologías de innovación en las PYMES del sector AIC (contratistas, subcontratistas, proyectistas y consultorías y asistencias técnicas). Esta implementación del BIM se espera que ayude a mejorar las actividades de innovación de estas empresas. En la Figura 1 se muestra el modelo de influencia de BIM para la innovación de las PYMES en el sector AIC

Figura 1 : Modelo de influencia del BIM para la innovación de las PYMES en el sector AIC.



Implementar BIM en las PYMES es una decisión de la dirección empresarial. La postura de ésta debe ser emprendedora, rompiendo con las barreras tecnológicas presentes de su empresa. En este proceso se sugiere que existan políticas públicas que ayuden a la PYME a iniciar el proceso de implantación. Las soluciones BIM desde un punto de vista proyectual favorecen posturas como el ahorro y control de costes de construcción, permiten diseños del proyecto más sostenibles y optimizan los métodos y los tiempos. A partir del momento en el que la PYME inicia su proceso de implementación BIM, es responsabilidad de la dirección establecer una cultura de trabajo colaborativa. La metodología exige el uso de herramientas colaborativas que permiten intercambiar datos, no sólo entre los miembros de un mismo equipo, sino también con subcontratas, contratistas o promotores. Así, que todos los usuarios de un proyecto disponen de una única fuente de información, salvando errores. Como sabemos, a nivel de ejecución en una obra intervienen un importante número de empresas (subcontratas, proveedores e intermediarios) que deben de manejar continuamente y en

tiempo real la misma información sobre el avance de los trabajos. Por ello, representamos en el modelo la ingeniería colaborativa. Ella es la única responsable de permitir establecer con detalle los progresos, las incidencias y las necesidades detectadas entre las partes. Así, todas las empresas de la cadena de suministro que participan en la ejecución del proyecto de construcción están conectadas desde la fase de diseño. De esta forma, se logra un equilibrio que permite llegar a la mejor solución posible para cada problema. Es por ello que en el modelo presentado, una vez que la dirección decide implantar BIM, se representa a la PYME como un mecanismo de engranajes conectados. El primer engranaje representa la adopción BIM. El segundo engranaje representa las capacidades de la empresa. Por último, las actividades de innovación realizadas también son representadas. No obstante, para que dicho mecanismo se mueva con efectividad, la ingeniería colaborativa es la responsable de establecer las conexiones durante el proyecto-construcción. Por tanto, planteamos este modelo holístico que explica como la implementación BIM genera en las PYMES una actividad innovadora, planificada o no, procedente de soluciones surgidas en la aplicación de la metodología durante las diferentes fases del proyecto.

El modelo permite desarrollar el cambio y ayudar a las PYMES del sector AIC con un modelo teórico que impulse al comportamiento innovador. Se aprecia que las actividades de innovación como un proceso o ciclo donde la adopción BIM y los valores culturales son responsables de generar alguna forma de innovación. Para los directivos, el mensaje principal resalta lo importante que es conocer la repercusión de la cultura y las conductas empresariales que fomentan en su organización. Con ellas se intenta que reflexionen sobre la toma de decisiones y sobre la manera de guiar a su empresa.

4. Conclusiones

Este estudio ha contribuido a la literatura en diferentes aspectos:

- 1) Desde las capacidades dinámicas, las empresas constructoras son capaces de mejorar su comportamiento innovador y competir en el mercado. Esto, no sólo por su capacidad para poder implementar BIM, sino también gracias a su capacidad para emprender, renovar y desarrollar sus capacidades organizativas hacia la innovación. Entre ellas se destaca la gestión del conocimiento como la más importante.
- 2) Relacionar procesos internos de gestión (desarrollo de una ingeniería colaborativa como pilar para iniciar procesos de mejora innovadora gracias a la metodología BIM).
- 3) El modelo, sencillo y claro, puede ayudar a los directivos a explotar más efectivamente sus capacidades de gestión.

En cuanto a las implicaciones para la gestión, el modelo propuesto podría mejorar la actual gestión de las empresas al permitir que dichas empresas logren mejorar sus resultados. Esto ocurriría al asentar ciertas bases que explican los comportamientos innovadores desde un punto de vista global. En primer lugar, con esta propuesta, se pretende mostrar a los directivos que es necesario crear un entorno apropiado hacia la gestión eficiente del conocimiento. Particularmente, se requiere fomentar una cultura en la que la transferencia de conocimiento interno y su gestión colaborativa se transforme en algún aspecto innovador. Sólo así se daría respuesta a las necesidades del mercado, a los requisitos del cliente, o bien aportando nuevas soluciones. Análogamente, las empresas deben someterse a proceso continuo de cambio y adaptación, adoptando estructuras flexibles que disminuyan los procesos de toma de decisiones.

Por último, este trabajo presenta una forma de identificar que la responsabilidad del comportamiento innovador de la PYME constructora, procede de elementos que únicamente

pueden ser fomentados desde la dirección de la empresa. Para el adecuado funcionamiento del modelo propuesto, por ejemplo, una dirección de empresa autocrática generaría efectos negativos para la implementación BIM.

Como limitación principal del trabajo se considera que el modelo se centra en tres variables empresariales. Estas se han considerado críticas por su especial interrelación con la innovación. Se podrían haber incluido algunas otras variables adicionales para poder tener en cuenta otras capacidades organizativas, como las responsables del comportamiento innovador, y/o la capacidad de mejora competitiva ejercida por la dirección. En futuras investigaciones debería realizarse también la validación empírica del modelo propuesto y medida de su impacto en la gestión de las PYMES del sector AIC.

5. Referencias

- Ahmed A.L. & Kassem M. (2018). A unified BIM adoption taxonomy: Conceptual development, empirical validation and application *Automation in Construction* 96:102-127 <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.017>
- Autodesk, Inc. 2012. Building information modeling [online], [8 Junio 2012]. Available from Internet: <http://usa.autodesk.com>
- Barney, J.B. (1991). Firms' resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1):99-120.
- Barrett, P. & Sexton, M.G., (1998), *Integrating to Innovate: Report for the Construction Industry Council*, Construction Industry Council / Department of the Environment, Transport and the Regions: London. Page 2.
- C.Harty, Innovation in construction: a sociology of technology approach, *Build. Res.Inf.*33 (2005) 512–522, <https://doi.org/10.1080/09613210500288605>
- Cao, D., Li, H., Wang, G. & Huang, T. (2016). Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.002>
- Correa C.L., Yepes V., Pellicer, E. (2007). Factores determinantes y propuestas para la gestión de la innovación en las empresas constructoras. *Revista Ingeniería de Construcción* Vol. 22 (1):5-14.
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie S. & Harty, C. 2017. BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Research and Information*, 45 (6), pp. 696-709.
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S. & Harty, C. (2017) BIM and the small construction firm: a critical perspective, *Building Research & Information*, 45:6, 696-709, <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1293940>
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. *Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.*
- Elmualim, J. & Gilder, J. (2014) BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation, *Architectural Engineering and Design Management*, 10:3-4, 183-199, DOI: 10.1080/17452007.2013.821399
- Enegbuma, W., Ologbo, A., Aliagha U. & Ali, K. (2014) Preliminary Study Impact of Building Information Modelling Use in Malaysia. Shuichi Fukuda; Alain Bernard; Balan Gurumoorthy; Abdelaziz Bouras. 11th IFIP *International Conference on Product Lifecycle Management (PLM)*, Jul 2014, Yokohama, Japan. Springer, IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-442, pp.51-62, Product Lifecycle Management for a Global Market.
- Forsythe, P., (2014). The Case for BIM Uptake among Small Construction Contracting Businesses. In: The 31st *International Symposium on Automation and Robotics in*

- Construction and Mining*. University of Technology Sydney, Sydney, Australia, June 23-25.
- Freel, m. s. & Harrison, r. t. (2006). Innovation and cooperation in the small firm sector: Evidence from 'Northern Britain. *Regional Studies*, 40 (4), pp. 289-305.
- G. Aranda-Mena & R. Wakefield, Interoperability of building information - myth of reality? 6th European Conference on Product and Process Modelling - eWork and eBusiness in *Architecture, Engineering and Construction*, ECPPM 2006, 2006 0415416221, pp. 127–134.
- Harness, S. H. 2008. 2008 documents AIA advance the use of BIM and integrated project delivery [online], [5 Diciembre 2008]. Available from Internet: <http://www.aia.org>
- Hosseini, M.R., Banihashemi, S, Chileshe, N., Namzadi, M.O., Udejaja, C., Rameezdeen, R & McCuen, T. (2016). BIM adoption within Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): an innovation diffusion model, *Construction Economics and Building*, 16(3), 71-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v16i3.5159>
- Kaufmann, A. & Tödtling, F. (2003). *Innovation pattern of SMEs*, en Asheim, B.; Isaksen, A.; Nauwelaers, C. y Tödtling, F. (eds.). Regional innovation policy for small-medium enterprises. Cheltenham: Edwar Elgar, pp. 78-115.
- Lindblad, H. (2019) Black boxing BIM: the public client's strategy in BIM implementation, *Construction Management and Economics*, 37(1) :1-12, DOI: 10.1080/01446193.2018.1472385
- Miettinen, R. & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: approaches to the development and implementation of building information modeling, *Automation in Construction*. 43 : 84–91, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Oesterreich T.D. & Teuteberg F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of industry 4.0: a triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* . 83 : 121–139, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Pellicer, E., Yepes, V., Correa, C.L. & Alarcón, L.F. (2014) "A model for systematic innovation in construction companies". *Journal of Construction Engineering and Management* [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000700](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000700)
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford: Basil Blackwell. Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE (2016)
- Succar B. & Kassem M., (2015). Macro-BIM adoption: conceptual structures, *Automation in Construction*. 57 : 64–79, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Taylor, S. & Todd, P.A. (1995). Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models. *Information Systems Research* 5(2): 144-176.
- Teece, D.J. & Pisano, G. (1994). The Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3): 537-556.
- Teece, D.J. (2007). Explicating Dynamic Capabilities. The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance. *Strategic Management Journal*, 28(13):1319-1350.
- Teece, D.J.; Pisano, G. & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7):509-533.
- Tekla Corporation. 2013, Basic concepts [online], [16 Enero 2013]. Available from Internet: <http://www.tekla.com>
- Thong, J. Y. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15(4), 187-214.
- Wang, C., Lee, Y. L., Yap, J. B. H., & Abdul-Rahman, H. (2018). Capabilities-based forecasting model for innovation development in small-and-medium construction firms (SMCFS). *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(3), 167-182. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.1626>

- Xu H., Feng, J. & Li S., (2014) Users-orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry, *Automation in Construction* 39 :32–46, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.004>.
- Zhang, J. 2010. Study on barriers of Implementing BIM in engineering design industry in China, *Journal of Engineering Management* 24(4): 387–392. (in Chinese).