

# BIM EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS AGROINDUSTRIALES

## BIM IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF AGROINDUSTRIAL PLANTS

Carlos Alberto Ligarda Samanez<sup>1,\*</sup>, David Choque Quispe<sup>1</sup>, Betsy Suri Ramos Pacheco<sup>1</sup>, Diego Elio Peralta Guevara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas, Perú. caligarda@unajma.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-7519-8355>; dchoque@unajma.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-4002-7526>; bsramos@unajma.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-0286-0632>; diepltagvra@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2988-08096>

### Resumen

Actualmente en el Perú existe un déficit en infraestructura productiva, en especial en industrias que se dediquen a la transformación de materias primas, lo cual es un problema a la hora de abastecer mercados internacionales y por tanto una barrera al desarrollo económico, en el presente artículo de revisión, se analiza la aplicación del BIM (*building information modelling*) en el diseño y construcción de plantas agroindustriales. En términos generales el BIM es el modelado de información para la construcción, se aplica ampliamente en el mundo y el país no es la excepción, se trata de un modelo tecnológico para la gestión eficiente de los recursos de un proyecto, utilizando diferentes herramientas virtuales que permiten una optimización de tiempos y costos, además se logra un trabajo colaborativo entre todos los “*stakeholders*”. La aplicación del BIM en el diseño y ejecución de plantas agroindustriales es posible, debido a que es una actividad que se desarrolla de manera multidisciplinaria y utiliza ingeniería básica, conceptual y de detalle, se reconoce que la fase más importante es el diseño, debido a que en ella es donde se intercambian más ideas y el flujo de información es más dinámica, durante la fase de ejecución los modelos 4D y 5D son apropiados para implementarlos en naves agroindustriales que utilizan módulos y retículas en su estructura. Finalmente, se conocen algunas experiencias de su implementación en plantas agroindustriales del Perú, la literatura actual recomienda su uso en diferentes tipos de proyectos, junto a otras metodologías modernas como el PMI, NEC, G2G, XR entre otros.

*Palabras clave:* BIM; diseño; construcción; plantas agroindustriales.

### Abstract

Currently, in Peru there is a deficit in productive infrastructure, especially in industries dedicated to the transformation of raw materials, which is a problem when it comes to supplying international markets and therefore a barrier to economic development, this review article analyzes the application of BIM (*building information modeling*) in the design and construction of agroindustrial plants. In general terms, BIM is the information modeling for construction, it is widely applied in the world and the country is no exception, it is a technological model for the efficient management of the resources of a project, using different virtual tools that allow time and cost optimization, also a collaborative work between all the stakeholders is achieved. The application of BIM in the design and execution of agroindustrial plants is possible because it is an activity that is developed in a multidisciplinary way and uses basic, conceptual, and detailed engineering, it is recognized that the most important phase is the design because it is there where more ideas are exchanged and the flow of information is more dynamic, during the execution phase the 4D and 5D models are appropriate to implement them in agroindustrial buildings that use modules and grids in their structure. Finally, there are some experiences of its implementation in agroindustrial plants in Peru, the current literature recommends its use in different types of projects, along with other modern methodologies such as PMI, NEC, G2G, XR among others.

*Keywords:* BIM; design; building; agroindustrial plants.

### 1. Introducción

Actualmente en el mundo, se reconoce que una tecnología que se ha venido desarrollando de manera acelerada, en el campo del diseño y ejecución de obras, es el modelado de

información para la construcción (*Building Information Modeling*).

La metodología BIM, se ha difundido ampliamente a nivel mundial, despertando interés en diferentes sectores de la construcción, los cuales han venido adoptando este modelo en los últimos años (Kerosuo, et al., 2015).

La aplicación del BIM permite un monitoreo del proyecto en tiempo real, se automatiza el planeamiento de ejecución de la obra, se ajustan los requerimientos de materiales y se corrige el diseño técnico, gracias al aporte de todas las partes involucradas (Araya, 2019).

Se conocen numerosas definiciones del BIM, cuya traducción en español podría entenderse como la metodología para la realización del Modelado de la Información de la Construcción, que consiste en la puesta en práctica de un método de trabajo colaborativo, para la creación, implementación y gestión de un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida.

Para la ejecución del BIM, se necesita la intervención y participación en tiempo real de todos y cada uno de los actores, mediante un modelo digital que integre toda la información útil creado para tal fin, es la clave para el éxito de esta metodología de colaboración multidisciplinaria. Se entiende por ciclo de vida (Figura 1), la consecución de todas y cada una de las fases a desarrollar en el proyecto constructivo, desde la generación de los primeros diseños hasta la finalización de la construcción, a las que se incorporan actividades post-proyecto como el mantenimiento, la rehabilitación y la posible demolición de lo construido (Meana, Bello y García, 2019).

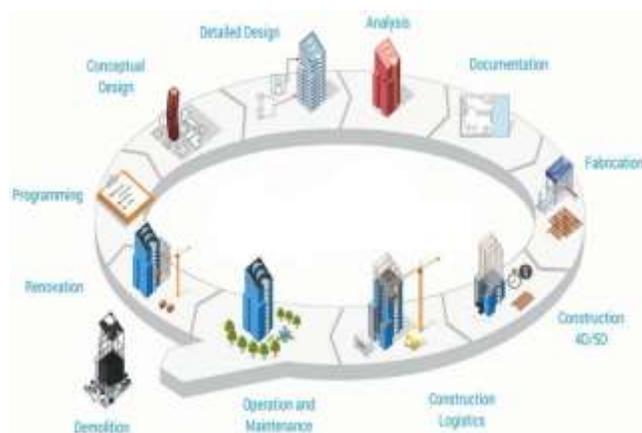


Figura 1. Ciclo de vida del modelo BIM.  
Fuente: [www.advenser.ae/bim-services](http://www.advenser.ae/bim-services).

Además, se sabe que los recursos humanos en un proyecto de inversión son fundamentales para alcanzar los objetivos inicialmente planteados, su planificación se hace de imperiosa necesidad pero a la vez es una actividad bastante compleja, por lo que actualmente se vienen utilizando tecnologías acordes con los avances del mundo moderno, haciéndose uso de modelos virtuales automatizados que se actualicen en tiempo real y que permitan una optimización de las variables que están involucradas en el ciclo del proyecto; Gracias al BIM se hace uso de bases de datos digitales que emulan de manera computacional todas las actividades constructivas que se desarrollan en cinco variables: tiempo, costo, dimensiones como x,y y z, las cuales se modelan con a través del BIM 5D (Bohórquez *et al.*, 2018, Lee y Kim, 2017).

Muchos proyectos de construcción presentan incertidumbre en sus presupuestos y cronogramas. Asimismo, la administración del tiempo y costos es inconsistente. Debido a estos, se plantea el uso de metodologías y técnicas que mejoren la gestión de los proyectos constructivos con el BIM, reconocido por mejorar la planeación y diseño de proyectos de construcción en todas sus etapas (Cárdenas, Zapata y Lozano, 2018).

Por otro lado, se conoce que el sector agroindustrial en el Perú tiene un déficit en infraestructura, lo cual no permite la integración e introducción adecuada de empresas peruanas al mercado global. Es por esta razón que se requiere gestión e inversión pública con participación del sector privado, el desarrollo de cadenas productivas y conglomerados ayudará al avance económico y social del sector en el país (Arroyo, Rojas y Kleeberg, 2016).

Recientemente en el Perú, ha surgido una mayor preocupación por la gestión de proyectos públicos y privados, una alternativa para la ejecución eficiente de estos, es el uso del BIM, empero, se ha estudiado muy poco el tema en el país. Se conocen de investigaciones en obras de infraestructura económica y social, pero no existen estudios que lo relacionen con su aplicación en el diseño y construcción de plantas agroindustriales. En respuesta a este problema, presentamos una revisión de la actualidad de este modelo en el mundo y su posible aplicación a proyectos que tengan que ver con la instalación de plantas agroindustriales en el Perú.

## 2. Características generales del BIM

La gestión de proyectos que desarrollan los ingenieros ha venido evolucionando en los últimos años, el BIM ha demostrado de qué es un estilo de conducción bastante eficiente en el diseño y ejecución de obras constructivas de diferente tipo, desde las más simples hasta las más complejas, los requerimientos de mano de obra calificada y no calificada, insumos, recursos y otros se ha ido incrementando, por lo que se hace necesaria la utilización de tecnologías modernas para llevar a cabo estas actividades.

Es sabido que la fase de diseño actualmente es la más importante en el desarrollo de un proyecto, ya que es en esta etapa donde se produce el mayor flujo de ideas y posibles cambios que tendrán un efecto directo en la construcción del factor edificio en el futuro (Aliaga, 2012). Es en ese entorno que el modelo BIM articula de manera sistemática herramientas importantes como REVIT, ARCHICAD, ALLPLAN, AECOSIM, SOLIBRI MODEL CHECKER, PRESTO, NAVISWORKS, CYPE, CONTROLBIM y otros; éste proceso llevado a cabo desde la idea, pasando por las fases de diseño (donde se hace uso de ingeniería conceptual, básica y de detalle), permite tener un modelo más acorde con la realidad en todo el ciclo de vida de la inversión, lo que contribuirá a la ejecución eficiente y cumpliendo con los plazos y metas que se tracen en los estudios de diferente nivel (Oussouboure y Delgado, 2017).

Se conoce que el ciclo de vida de un proyecto está conformado por las fases de pre inversión, inversión y post

inversión, en la primera fase se desarrollan estudios de ingeniería conceptual e ingeniería básica, donde se definen los aspectos técnicos del diseño, en los últimos años con la utilización del BIM se tiene acceso a representaciones virtuales del factor edificio y a otros aspectos funcionales del mismo. En esta etapa y en las sucesivas se deben compartir los conocimientos con todas las áreas involucradas en el desarrollo del proyecto, desarrollándose un trabajo de equipo en todos los niveles (Azhar, 2011; Eastman *et al.*, 2018; Gurevich *et al.*, 2017).

Actualmente es importante lograr eficiencia en la ejecución de los proyectos, lo que consiste en alcanzar los objetivos planeados, haciendo uso racional de los recursos con los que se cuenta. El BIM permite desarrollar este tipo de trabajo, porque involucra desde el inicio a las partes que forman parte del proyecto. Se suelen utilizar modelados y visualización en 3D utilizando para este fin diferente software, los beneficios del BIM son muchos durante el ciclo de vida de la ejecución de proyectos constructivos de diferente tipo lo cual se muestra en la Tabla 1 (Ashcraft, 2008; Eastman *et al.*, 2018; Gibbs *et al.*, 2013; Jobim *et al.*, 2018).

**Tabla 1. Beneficios del BIM durante las etapas del proyecto.**

Etapa del proyecto			
Pre construcción (fase de pre inversión)	Diseño (fase creativa)	Construcción y fabricación (fase de inversión)	Post construcción (fase post inversión)
Concepto, viabilidad y beneficios de diseño	Visualización temprana y más precisa	Uso del diseño para la fabricación de componentes	Mejora la puesta en marcha y la entrega de las instalaciones
Aumento del desempeño y la calidad del edificio	Corrección automática cuando se realizan modificaciones	Reacción rápida a los cambios de diseño	Mejor gestión y operación de las instalaciones
Colaboración mejorada por medio de la Entrega Integrada de Proyectos (del inglés <i>Integrated Project Delivery, IPD</i> )	Generación automática de dibujos 2D	Descubrimiento de errores antes de que comience la construcción	Integración con la gestión de instalaciones
	Colaboración temprana entre disciplinas	Sincronización del diseño y planificación de la construcción	
	Estimaciones de costos automáticas	Sincronización de las adquisiciones con el diseño y la construcción	

Fuente. Adaptado de Eastman *et al.*, (2018).

En la Tabla 1 se observa que un proyecto en su concepción más general, está considerado como la unidad operativa del desarrollo, se trata de una intervención limitada en el tiempo que persigue objetivos específicos. En el caso del diseño de plantas agroindustriales, es frecuente hacer estudios de pre factibilidad que sirven para determinar la rentabilidad económica y financiera de estas iniciativas de inversión del tipo privado; con la implementación del BIM se influenciará de manera directa en los costos del proyecto, lo cual repercutirá en una ejecución más eficiente de los recursos económicos (Charier *et al.*, 2020). Complementario a lo mencionado anteriormente, se sabe que el uso más común del BIM se concentra en las etapas de diseño y construcción de los proyectos (Araya, 2019).

Según Alcántara (2013), los escenarios de incertidumbre durante el inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre de un proyecto son bastante cambiables, estos pueden ser disminuidos haciendo uso del BIM, debido a que se potencia la capacidad de control mediante modelos más reales, el trabajo en equipo durante el diseño y construcción permite el desarrollo de tareas más colaborativo que puede eliminar distorsiones en el diseño final, además la planificación de la ejecución física y financiera, y la retroalimentación de lecciones aprendidas, logran que se optimicen los procesos, con el consecuente ahorro en costos directos e indirectos en la obra, en la Figura 2 se muestra una representación digital del modelo BIM.



Figura 2. Representación virtual tridimensional mediante el uso del BIM. Fuente: Proyecto Universidad del Pacífico – Graña y Montero.

En el BIM no solo se diseñan virtualmente los elementos 3D, también se incorpora la información de muchos datos e integran a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Recientemente se está haciendo uso de la realidad aumentada (Extended Reality, XR), lo que permite visualizar el diseño propuesto de una manera interactiva con escala humana y experiencia inmersiva. Los usuarios pueden interactuar con el modelo de información 3D en el espacio físico, superponiendo las diferentes opciones de diseño dentro de la



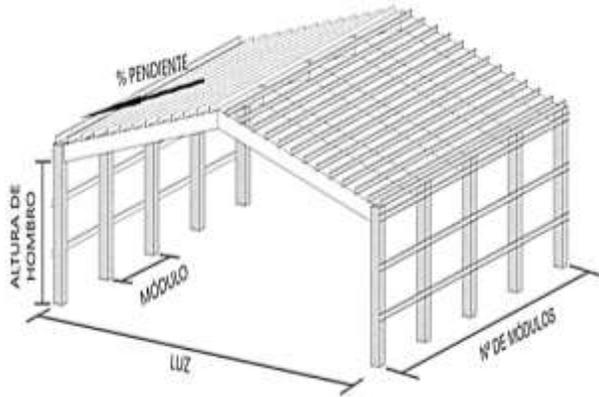


Figura 4. Retícula del módulo estructural de una nave industrial.  
Fuente: Martínez, (2019).

Sanchís *et al.*, (2020), estudiaron en el Perú los factores que favorecen la implementación del BIM, recogiendo información de arquitectos e ingenieros a través de encuestas, los resultados obtenidos permiten vislumbrar que se pueden desarrollar políticas y una hoja de ruta para la adopción del BIM en el Perú, debido a la utilidad potencial de éste modelo; además Flores, (2019) y Ruiz, (2020) mencionan que actualmente en el mundo y en especial en el Perú, se vienen utilizando tecnologías modernas, como es el caso de los nuevos contratos de ingeniería NEC (por sus siglas en inglés *New Engineering Contract*) o los convenios gobierno a gobierno (G2G), los cuales presentan ventajas en la ejecución de proyectos tanto públicos como privados, debido a que reducen el riesgo de incumplimiento; se hace uso de esquemas ágiles de procura, con reducción de costos y riesgos; incorpora el componente de innovación y transferencia de conocimientos; y deja lecciones aprendidas para la empresas en materia de gestión de contratos y contratación.

La aplicación de buenas prácticas internacionales en nuestro país: como el modelado de información de construcción (BIM), en articulación con los contratos NEC, plataformas para la gestión de proyectos, plataforma digital de gestión de documentos y procura a nivel de comités de selección especializados, con énfasis en soluciones técnicas óptimas e integrales, permitirá una ejecución optimizada de los proyectos agroindustriales en sus etapas de diseño y construcción, un esquema de lo propuesto se muestra en la Figura 5.

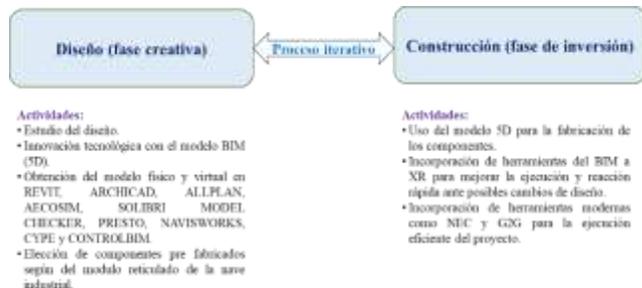


Figura 5. Propuesta del BIM en las fases de diseño y construcción de plantas agroindustriales.

#### 4. Conclusión

Gracias a la aplicación de la tecnología BIM, se puede obtener un mejor control y monitoreo durante las etapas de diseño y ejecución de plantas agroindustriales, debido a que se logra que la información fluya en tiempo real de manera amigable entre todos y cada uno de los involucrados en el proyecto; esto se logra mediante modelos digitales que forman parte de cada una de las profesiones involucradas en la obra, lográndose de este modo una mejora en las coordinaciones y comunicaciones que se dan al interior y exterior del proyecto, generándose de éste modo un trabajo colaborativo y en equipo durante estas etapas.

Complementario a lo anteriormente mencionado, se pueden incorporar otras herramientas actuales con es el caso de los contratos NEC y convenios G2G que en el Perú se vienen implementando con gran éxito. También se recomienda analizar casos que se dan a nivel internacional y en otros países de la región, para analizar e interpretar las lecciones aprendidas durante su implementación, de este modo se lograran modelos de proyectos agroindustriales con claro enfoque en el trabajo conjunto y coordinación durante las fases de diseño y construcción de plantas agroindustriales, que optimizaran el uso eficiente de los diferentes recursos.

#### Agradecimientos

A la Universidad Nacional José María Arguedas y Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

#### Referencias

Alcántara, P. (2013). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis de Grado.

Aliaga Melo, G. D. (2012). Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios.

Alizadehsalehi, S. & Yitmen, I. (2016). The impact of field data capturing technologies on automated construction project progress monitoring. *Procedia engineering*, 161, 97-103.

Alizadehsalehi, S. Hadavi, A. & Chuenhuei Huang, J. (2020). From BIM to extended reality in AEC industry, *Automation in Construction*, Volume 116, 103254, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103254>.

Akpan, E. O. P., Amade, B., Okangba, S. E., & Ekweozor, C. O. (2014). Constructability practice and project delivery processes in the Nigerian construction industry. *Journal of Building Performance*, 5(1).

Araya, F. (2019). Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 34(3), 299-306. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300299>.

Arroyo, G. P., Rojas, D. M., & Kleeberg, H. F. (2016). Diversificación productiva para mejorar la competitividad en los

- acuerdos comerciales del sector agroindustrial en el Perú. *Ingeniería Industrial* (34), 137-163.
- Ashcraft, H. W. (2008), *Building information modeling: A framework for collaboration*. *Constr. Law.*, 28, 5.
- Azhar S. (2011), *Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.
- Banfi, F., Brumana, R., & Stanga, C. (2019). *Extended reality and informative models for the architectural heritage: from scan-to-BIM process to virtual and augmented reality*. *Virtual Archaeology Review*, 10(21), 14–30. <https://doi.org/10.4995/var.2019.11923>.
- Bohórquez-Castellanos, Jherson Jhadir, Porras-Díaz, Hernán, Sánchez-Rivera, Omar Giovanni, & Mariño-Espinel, María Camila. (2018). *Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM 5D*. *Entramado*, 14(1), 252-267. <https://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27106>.
- Bhoyar, SANJAY y Parbat, D. (2014). *Programación repetitiva de proyectos: desarrollo de capacidades analíticas similares a CPM*. *Revista Internacional de Ingeniería Civil*, 3 (5), 37-46.
- Cárdenas-Jiménez, C., Zapata-Rozo, P., & Lozano-Ramírez, N. (2018). *Integración de las metodologías Building Information Modeling 5D y Earned Value Management a través de una herramienta computacional*. *Revista ingeniería de construcción*, 33(3), 263-278. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300263>.
- Charier, R., Hafeez, M.A., Ahmad, A.M., Sulieman, H.I., Dawood, H., Rodriguez-Trejo, S., Kassem, M., Naji, K., & Dawood, N. (2020). *Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution*. *Construction Management and Economics*, 39, 55 - 72.
- de Mattos Nascimento, D. L., Sotelino, E. D., Caiado, R. G. G., & Faria, P. S. (2017). *Synergy between principles of lean thinking and BIM functionalities in interdisciplinarity of management in industrial plants*. *Journal of lean systems*, 2(4), 80-105.
- Desai, V. (2013). *Functional suitability of BIM tools in pre-construction, construction and post-construction phases of a building project*. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 2(2), 30-44.
- Eastman, C. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2018), *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Flores, J. C. M. (2019). *El Acuerdo de Gobierno a Gobierno y los Contratos NEC: ¿Soluciones a las deficiencias de la normativa de contrataciones del Estado que puedan ser replicadas por todas las entidades? IUS ET VERITAS*, (58), 110-127.
- Gibbs, D. J.; Emmitt, S.; Ruikar, K.; Lord, W. (2013), *An investigation into whether building information modelling (BIM) can assist with construction delay claims*. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 2(1), 45-52.
- Gurevich, U.; Sacks, R.; Shrestha, P. (2017), *BIM adoption by public facility agencies: Impacts on occupant value*. *Building Research & Information*, 45(6), 610-630.
- Ivson, P., Nascimento, D., Celes, W., & Barbosa, S. D. (2017). *CasCADE: A novel 4D visualization system for virtual construction planning*. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 24(1), 687-697.
- Jobim, C.; Stumpf, M. G.; Edelweiss, R.; Kern, A. (2018), *Analysis of the implementation of BIM technology in project and building firms in 2015 in a Brazilian city*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(3), 185-194.
- Kerosuo, H., Miettinen, R., Paavola, S., Mäki, T., & Korpela, J. (2015). *Challenges of expansive uses of Building Information Modeling (BIM) in construction Projects*. *Revista Producao*, 25(2), 289-297. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.106512>.
- Lee, J., & Kim, J. (2017). *BIM-Based 4D Simulation to Improve Module Manufacturing Productivity for Sustainable Building Projects*. *Sustainability*, 9(3), 426. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su9030426>.
- Pučko, Z., Šuman, N., & Rebolj, D. (2018). *Automated continuous construction progress monitoring using multiple workplace real time 3D scans*. *Advanced Engineering Informatics*, 38, 27-40.
- Martínez Silva, C. N. (2019). *Estructuras prediseñadas con modelación BIM para edificios industriales, utilizando elementos estándar prefabricados de hormigón y acero*.
- Meana, V., Bello, A., & García, R. (2019). *Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias*. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 169-180. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200169>.
- Migilinskis, D., Pavlovskis, M., Urba, I., & Zigmund, V. (2017). *Analysis of problems, consequences and solutions for BIM application in reconstruction projects*. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8), 1082-1090. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374304>
- Nascimento, D. L. D. M., Sotelino, E. D., Lara, T. P. S., Caiado, R. G. G., & Ivson, P. (2017). *Constructability in industrial plants construction: a BIM-Lean approach using the Digital Obeya Room framework*. *Journal of civil engineering and management*, 23(8), 1100-1108.
- Oussouboure, G., & Delgado, R. (2017). *La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM*. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11(1).
- Rausch, C., & Haas, C. (2021). *Automated shape and pose updating of building information model elements from 3D point clouds*. *Automation in Construction*, 124, 103561.
- Ruiz Escalante, L. A. (2020). *Contratos NEC en obras públicas y gestión de proyectos de infraestructura, estudio del caso: Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019*.
- Sanchís-Pedregosa, C., Vizcarra-Aparicio, J. & Leal-Rodríguez, A. L. (2020). *Bim: A technology acceptance model in Perú*. *Journal of Information Technology in Construction*, 25, 99-108. [doi:10.36680/j.itcon.2020.006](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.006).
- Tan, T., Mills, G., Papadonikolaki, E. y Liu, Z. (2021). *Combinando métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) con modelado de información de construcción (BIM): una revisión*. *Automatización en la construcción*, 121, 103451.