



La tecnología del concreto aplicado al BIM: una revisión literaria

Concrete technology applied to BIM: a literature review

Tecnologia do concreto aplicada ao BIM: uma revisão de literatura.

ARTÍCULO GENERAL

César Loo Gil

cesarlo@biofab.com.pe

<https://orcid.org/0000-0001-8396-5972>

Científico Investigador de Biofab Inc. y del Centro de Investigación y Producción Científica IDEOS, Lima - Perú

Marco Vinicio Juño Delgado

marcojuno10@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0662-985X>

Investigador independiente, Lima - Perú

Recibido 30 de Mayo 2022 | Arbitrado y aceptado 12 de Setiembre 2022 | Publicado el 05 de Abril 2023

RESUMEN

El estudio propuso estudiar la tecnología del concreto aplicado al BIM aplicando para ello una revisión literaria. En esa línea, el diseño fue cualitativo, el tipo de estudio es de revisión. Ello en la medida que la finalidad de este tipo de artículos es recopilar la información más relevante de un tema específico. Su objetivo es examinar la bibliografía publicada y situarla en cierta perspectiva dentro del periodo 2019-2023. La búsqueda de la información para la revisión de literatura se hizo consultando las siguientes bases de datos como son Proquest, Scopus y Web of Science para encontrar revistas del más alto nivel científico. Asimismo, cabe mencionar que para la realización de lo mencionado se emplearon también palabras clave como Concreto, construcción y BIM; y en inglés, concrete, construction and BIM. Los resultados fueron ordenados en tablas y figuras y se discutió lo hallado en la literatura. Finalmente, tras la revisión literaria se ha podido concluir que la incorporación de la tecnología BIM puede mejorar los problemas de diseño y construcción de los componentes.

Palabras clave: concreto, tecnología de concreto, BIM, construcción.

ABSTRACT

The study proposed to study the concrete technology applied to BIM by applying a literary review. In this line, the design was qualitative, the type of study is review. This is to the extent that the purpose of this type of article is to collect the most relevant information on a specific topic. Its objective is to examine the published bibliography and place it in a certain perspective within the period 2019-2023. The search for information for the literature review was done by consulting the following databases such as Proquest, Scopus and Web of Science to find journals of the highest scientific level. Likewise, it is worth mentioning that to carry out the aforementioned, keywords such as Concrete, construction and BIM were also used; and in English, concrete, construction and BIM. The results were arranged in tables and figures and what was found in the literature was discussed. Finally, after the literary review, it has been possible to conclude that the incorporation of BIM technology can improve the problems of design and construction of the components.

Keywords: concrete, concrete technology, BIM, construction.

RESUMO

O estudo se propôs a estudar a tecnologia do concreto aplicada ao BIM por meio da aplicação de uma revisão literária. Nesta linha, o desenho foi qualitativo, o tipo de estudo é de revisão. Isso na medida em que o objetivo desse tipo de artigo é coletar as informações mais relevantes sobre um tema específico. Seu objetivo é examinar a bibliografia publicada e colocá-la em uma determinada perspectiva no período 2019-2023. A busca de informações para a revisão da literatura foi feita consultando as seguintes bases de dados como Proquest, Scopus e Web of Science para encontrar periódicos do mais alto nível científico. Da mesma forma, vale ressaltar que para a realização do mencionado também foram utilizadas palavras-chave como Concreto, construção e BIM; e em inglês, concreto, construção e BIM. Os resultados foram dispostos em tabelas e figuras e foi discutido o que foi encontrado na literatura. Por fim, após a revisão literária, foi possível concluir que a incorporação da tecnologia BIM pode melhorar os problemas de projeto e construção dos componentes.

Palavras-chave: concreto, tecnologia do concreto, BIM, construção.

Introducción

El analista de la industria de la construcción Jerry Laiserin acuñó por primera vez Building Information Modeling (BIM) en 2002 (X. J. Li et al., 2021). BIM se define como el uso de las TIC para optimizar los procesos del ciclo de vida del edificio y para proporcionar un entorno más seguro y productivo para sus ocupantes, asimismo, sirve para afirmar el menor impacto ambiental posible de su existencia, y para ser más eficiente operativamente para sus propietarios en todo momento (Arayici & Aouad, 2011).

El núcleo de la tecnología BIM es el establecimiento de modelos 3D virtuales de proyectos de construcción. Utiliza tecnología digital para construir una base de información de ingeniería completa para ayudar a realizar la integración de la información de la construcción en todo el ciclo de vida.

A diferencia de un modelo CAD tradicional que se usa principalmente para la visualización, BIM representa una instalación de una manera semánticamente rica. Por ejemplo, mientras que un modelo CAD representaría una pared como un conjunto de superficies planas independientes, BIM representaría la pared como un único objeto volumétrico con múltiples superficies, al mismo tiempo que mostraría las relaciones adyacentes con otros componentes en el modelo.

Debido a esta característica única de BIM, el entorno de trabajo de la industria AEC está cambiando de plataformas de información basadas en 2D a plataformas de información 3D basadas en objetos. Además, la llegada de BIM ha permitido a los participantes de un proyecto compartir y actualizar de manera más efectiva la información generada durante los procesos de construcción de manera oportuna, produciendo un efecto de sinergia (Kim et al., 2015).

BIM también sirve como depósito de datos central que puede almacenar y recuperar información sobre una instalación y actualmente se considera una herramienta esencial en la gestión del ciclo de vida de un proyecto de construcción desde el diseño inicial hasta su mantenimiento (Kim et al., 2015).

En esa línea, las características de BIM, como el fácil acceso a la información, la visualización y las capacidades de simulación, proporcionan un entorno de aprendizaje conductivo. Este entorno permite a los usuarios descubrir las fortalezas y debilidades de

sus prácticas de aprendizaje y mejorar en consecuencia. Algunas de sus aplicaciones incluyen la representación de cargas de diseño a través de un modelo 3D, despegue de cantidad de material, análisis de diseño alternativo, análisis de constructibilidad y automatización de producción de planos de taller (Meadati et al., 2011).

Las herramientas BIM se evalúan en cuatro áreas: diseño y modelado; edición, actualización y optimización, interoperabilidad y gestión de proyectos y obras. Esta evaluación ilustra las tendencias de desarrollo en la industria del software BIM con respecto al refuerzo del hormigón.

Igualmente, muchos proveedores de BIM proporcionan interfaces directas para intercambiar modelos a través de formatos de archivo patentados con otros productos BIM específicos del dominio. Estas interfaces directas pueden proporcionar soluciones útiles y valiosas para compartir modelos locales para muchos profesionales de la industria, especialmente en los casos en que las capacidades de interoperabilidad basadas en IFC implementadas son inadecuadas (Aram et al., 2013).

Así también, en las últimas décadas, los elementos prefabricados de hormigón se han convertido en un componente de construcción popular en la industria de la construcción. La prefabricación es un proceso de fabricación en el que se unen varios materiales para formar un componente de la instalación final en una instalación especializada (Kim et al., 2015)

Y, aunque esta tecnología con muchos ejemplos y realizaciones de la construcción de edificios ya ha demostrado sus ventajas, todavía existen algunas dificultades y limitaciones para implementarla a gran escala en la construcción de infraestructura de transporte.

Por esta razón, se propone en la presente estudiar la tecnología del concreto aplicado al BIM aplicando para ello una revisión literaria cuyo proceso se detalla a continuación.

Materiales y métodos

El diseño fue cualitativo, el tipo de estudio es de revisión. Ello en la medida que la finalidad de este tipo de artículos es recopilar la información más relevante de un tema específico. Su objetivo es examinar la bibliografía publicada y situarla en cierta perspectiva dentro del periodo 2019-2023.

La búsqueda de la información para la revisión de literatura se hizo consultando las siguientes bases de datos como son Proquest, Scopus y Web of Science para encontrar revistas del más alto nivel científico. Asimismo, cabe mencionar que para la realización de lo mencionado se emplearon también palabras clave como Concreto, construcción y BIM; y en inglés, concrete, construction and BIM.

Cada uno de estos descriptores se combinaron entre sí durante la búsqueda utilizando los operadores booleanos “and” y “or”. Además, se hizo uso de criterios de inclusión para hacer muchos más específica la búsqueda y ser más precisos con los documentos encontrados en las diferentes bases de datos consultadas.

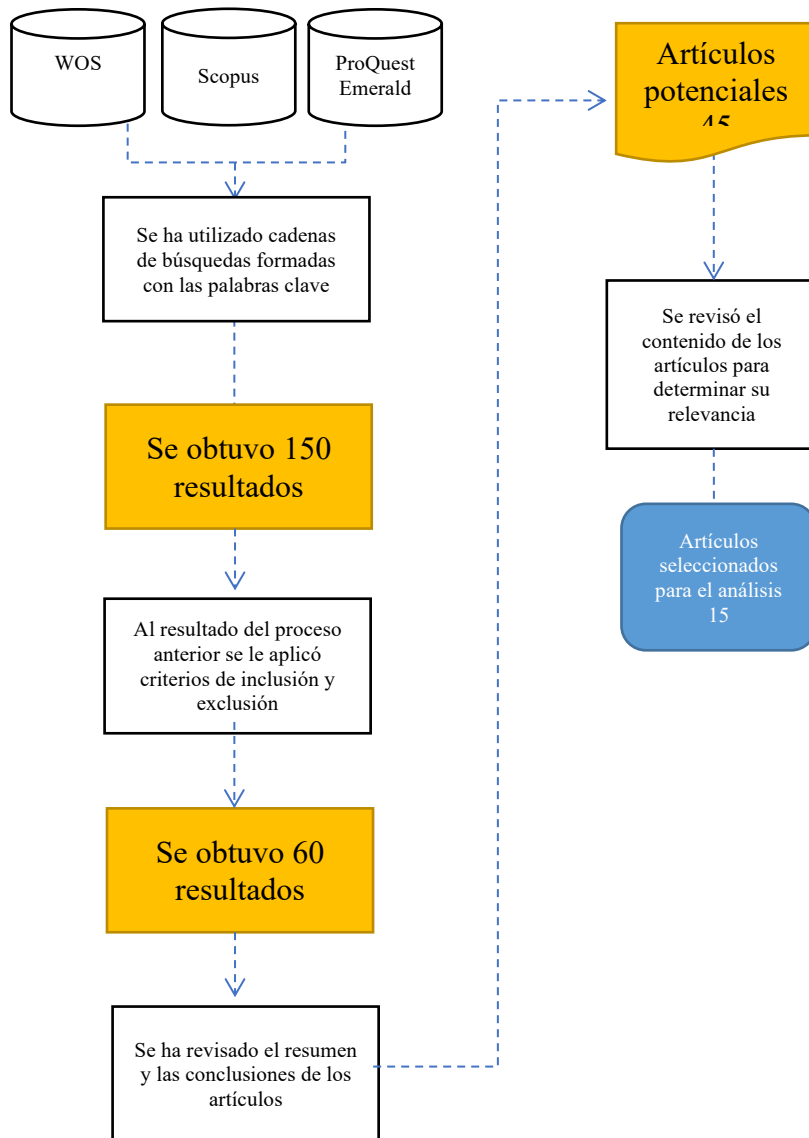
Se encontraron 20 artículos con la siguiente estrategia de búsqueda:

- (("concrete" OR "concrete tech" OR "concrete technology) AND ("BIM" OR "building information modeling") AND ("construction"))).
- TITLE-ABS-KEY (concrete AND BIM) AND PUBYEAR > 2019 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")).

Los criterios de inclusión fueron: que sean artículos de revistas indexadas, que la antigüedad de la publicación no sea mayor a 5 años y que la temática guarde relación con la variable concreto y BIM. Se excluyeron, en tanto, todos los documentos que no respetaran lo postulado, así como aquellos que estaban incompletos o que tenían enlaces averiados. Con ello, se recabaron 15 artículos que contaban con lo especificado.

Figura 1.

Diagrama del proceso para la revisión sistemática de la literatura



Resultados y discusión

A lo largo de la revisión de los quince artículos seleccionados, y con el objetivo de reflexionar sobre la tecnología del concreto aplicado al BIM en la literatura académica en el periodo 2019-2023 a nivel nacional e internacional, se leyeron los documentos y fueron ordenados cronológicamente y se expusieron en la siguiente tabla de acuerdo con sus datos generales.

Tabla 1.

Artículos según datos generales

Autor/Año	Título	Objetivo	Metodología	Conclusiones
(Ashtiani Araghi & Vosoughifar, 2023)	Modified BIM Processes Considering Safety–Quality Index for Precast Concrete Construction	Modificar procesos BIM basados en índices adimensionales de concreto prefabricado.	Se usó Fuzzy-decision-making (DEMATEL). Luego, la programación de expresión genética (GEP) para estimar el índice BIM modificado (IMBIM) en el PCC de acuerdo con otros indicadores.	Existe una buena concordancia entre la relación de IMBIM y los valores calculados que el algoritmo propuesto en este estudio puede predecir IMBIM con alta precisión.
(Kamel & Kazemian, 2023)	BIM-integrated thermal analysis and building energy modeling in 3D-printed residential buildings	Desarrollar y evaluar un flujo de trabajo de modelado de energía de edificios (BEM) para C3DP basado en BIM, utilizando un estudio de caso y considerando los detalles de los edificios impresos en 3D.	Se estudiaron múltiples escenarios para evaluar el flujo de trabajo y medir el ahorro energético. Estos incluyeron dos zonas climáticas en los EE. UU., concreto normal y liviano, configuraciones de paredes múltiples y diseños de edificios factibles con C3DP, como diseños de paredes curvas.	El flujo de trabajo de BIM a BEM mostró competencia, y el estudio de caso muestra que los sistemas comunes de paredes impresas en 3D no pueden cumplir con los requisitos mínimos de los códigos de energía, especialmente en regiones de clima frío.
(X. Li et al., 2023)	Identification of Underwater Structural Bridge Damage and BIM-Based Bridge Damage Management	El aprendizaje profundo es un foco de investigación en el campo de la detección de objetivos, y este documento aclara YOLO-v4 para lograr una determinación precisa e inteligente de grietas en concreto.	Se combinó el BIM con el método de identificación de la estructura submarina de la cubierta. Basado en Revit, se implementa un sistema de gestión integrado para estructuras de puentes submarinos.	La gestión detallada de daños en puentes incluye (1) visualización en 3D de la vista del modelo de detalles del puente, (2) establecimiento de una base de datos de daños en puentes, (3) gestión de daños en puentes y (4) gestión del ciclo completo de inspección submarina de puentes.
(Cheng et al., 2022)	BIM-enabled life cycle assessment of concrete formwork waste reduction through prefabrication	Este estudio propone un enfoque que integra la evaluación del ciclo de vida (LCA) y el modelado de información y construcción (BIM)	Se elige un edificio estructural de estructura de hormigón armado típico ubicado en Nanjing, China, para un estudio de caso para demostrar y validar el enfoque propuesto.	Los resultados muestran que la prefabricación puede reducir entre un 59,68 % y un 71,83 % los residuos de encofrado, que provienen principalmente de losas y muros rectos. Esta cifra puede aumentar continuamente hasta un

		para cuantificar la posible reducción de desechos de encofrado del ciclo de vida a través de la prefabricación de un proyecto de construcción.		90 % si se sigue aplicando y promoviendo la prefabricación. Los hallazgos de este estudio contribuyen a la comprensión de los beneficios ambientales de la prefabricación.
(Ciccone et al., 2022)	Defining a Digital Strategy in a BIM Environment to Manage Existing Reinforced Concrete Bridges in the Context of Italian Regulation	Se enfoca en el desarrollo e integración de una solución digital, basada principalmente en el marco específico desarrollado por los autores, que soporta las actividades de modelado BIM y gestión de la información, en el entorno estructural bajo investigación, mediante el uso de varias tecnologías y herramientas.	A partir de la organización de una biblioteca de objetos BIM específica y los datos iniciales, insertados mediante un entorno de entrada personalizado, fue posible reproducir modelos digitales de puentes de acuerdo con requisitos de información específicos siguiendo la nueva configuración del Nivel de Necesidad de Información.	La aplicabilidad de la propuesta se prueba en dos casos reales seleccionados juiciosamente con características diferentes. A través de esta implementación, surgen una serie de ventajas, entre las que se encuentran la agilización de los procedimientos tradicionales de modelado BIM, la accesibilidad y trazabilidad de la información —que se actualizan constantemente para apoyar el seguimiento de la seguridad estructural en el tiempo— y el proceso de toma de decisiones relacionadas con el contexto de gestión de puentes.
(Chao et al., 2021)	Research on construction quality control of prefabricated concrete bridge based on BIM technology	Se investiga los problemas de calidad de las estructuras prefabricadas de hormigón, se analiza la necesidad de la aplicación BIM en varias etapas y los efectos de la aplicación.	Los objetos de la encuesta del cuestionario incluyen unidades de consultoría, propietarios, unidades de construcción, unidades de supervisión y estudiantes universitarios de contraparte profesional.	Los resultados muestran que la aplicación de la Tecnología BIM en cada etapa del proyecto puede mejorar algunos problemas de calidad
(Forcael et al., 2021)	Development of Communication Protocols between BIM Elements and 3D Concrete Printing	Este estudio pretende profundizar en este tema, proporcionando una comunicación efectiva entre los elementos diseñados en BIM y su fabricación aditiva de hormigón, con la ayuda de un brazo robótico articulado.	El artículo aborda la elaboración de un código informático que permita dicha comunicación BIM-robot, la verificación de los parámetros utilizados y el análisis de los resultados de las pruebas con los equipos involucrados.	Mediante el código desarrollado fue posible probar trayectorias de una serie de elementos con diferentes geometrías y tamaños, el cual fue capaz de modificar fácilmente la elevación, la velocidad de impresión y la separación de puntos que definen la suavidad en las curvas, facilitando el 3D procesos de impresión de concreto.
(X. J. Li et al., 2021)	Using BIM to Research Carbon Footprint during the Materialization Phase of Prefabricated Concrete Buildings: A China Study	Se tuvo como objetivo investigar los edificios de PC y su huella de carbono en la fase de materialización.	Con base en las bases de datos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Base de Datos del Ciclo de Vida de China (CLCD), se compiló una base de datos de factores de emisión de carbono. Se estableció un modelo de cálculo de huella	Los resultados también pueden proporcionar un soporte teórico para la formulación de regulaciones y políticas de reducción de emisiones basadas en la conservación de la energía de los edificios y la reducción de las emisiones de carbono.

(Lima et al., 2021)	Bim and Iot Integration To Support Management Processes: an Application for Precast Concrete Systems	Este artículo propone utilizar tecnologías como IoT, computación en la nube y RFID aplicadas junto con BIM para mejorar las incertidumbres e interdependencias durante los procesos de gestión son problemas presentes en el sistema constructivo.	de carbono para la fase de materialización de edificios de PC combinando con tecnología BIM. Para la construcción de este sistema propuesto fue necesario identificar los requerimientos del usuario, el desarrollo de un prototipo de lector RFID, una aplicación, una plataforma web, además de pruebas de laboratorio y de campo.	El sistema contribuyó al seguimiento de la inspección de calidad durante las etapas de producción, transporte y montaje, comunicación entre sectores y apoyo en la etapa de montaje a través del Digital twi
(Gradeci & Labonnote, 2020)	On the potential of integrating building information modelling (BIM) for the additive manufacturing (AM) of concrete structures	Este estudio tiene como objetivo sintetizar y agregar la literatura que aborda la integración de BIM en el AM de estructuras de hormigón y explotar el potencial de creación de valor conjunto.	La revisión del alcance se utiliza para examinar el alcance, la brecha, el rango y la naturaleza de la actividad de investigación. Posteriormente, se propone y aplica un análisis de situaciones cruzadas, la matriz de amenazas, oportunidades, debilidades y fortalezas ² , para explotar el potencial de creación de valor conjunto de diferentes aspectos de AM y BIM	El estudio identificó 12 potenciales de creación de valor conjunto a través de la integración de BIM en AM para estructuras de hormigón, que pueden crear valor al permitir diseños más optimizados, procesos de construcción automatizados y análisis de datos que pueden aplicarse a lo largo del proceso del ciclo de vida del edificio.
(Guerra et al., 2020)	4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams	Este estudio propone algoritmos basados en el tiempo integrados con 4D-BIM para la planificación de R&R de residuos de hormigón y paneles de yeso en proyectos de construcción.	Se usaron dos estudios de caso del centro de Texas para la demostración de los algoritmos, y las estimaciones se validaron con datos reales y valores de la literatura de diferentes proyectos en América del Norte.	El objetivo general de los algoritmos propuestos es simplificar la estimación y la planificación visual de CW para la reutilización en el sitio y el reciclaje fuera del sitio; por lo tanto, promover un plan de CWM más proactivo y basado en el cronograma. Además, el enfoque mejora la comunicación del equipo en torno a los objetivos de CWM del proyecto.
(Y. Li et al., 2020)	Measures for the optimization and management of construction safety based on BIM technology	Este documento presenta las medidas de optimización de la gestión de la seguridad en la construcción y contribuye debidamente a la mejora del nivel de control de calidad en la industria de la construcción de China.	Optimizar las medidas de gestión de la seguridad en la construcción mediante la aplicación de procesos específicos como la preparación y optimización del plan de gestión de la seguridad, el seguimiento de la actividad de seguridad, la alerta temprana de los peligros para la seguridad y la evaluación del trabajo de seguridad general,	Con la mejora continua de los detalles del trabajo de gestión de la seguridad en la construcción, la tecnología del software BIM también está mejorando gradualmente, cubre todos los aspectos de la gestión de la construcción, pero en el trabajo actual de gestión de la seguridad en la construcción, la aplicación de la tecnología BIM sigue siendo muy inadecuada, el personal

			combinado con las características actuales de la tecnología BIM.	técnico pertinente es relativamente escaso.
(Xu, 2020)	The Construction Site Management of Concrete Prefabricated Buildings by ISM-ANP Network Structure Model and BIM under Big Data Text Mining	Para expandir la aplicación de big data text mining y Building Information Model (BIM) en la construcción de edificios prefabricados, con el hormigón como forma de expresión, se analiza la gestión de la construcción de edificios prefabricados de hormigón.	Con base en el Modelo Estructural Interpretativo (ISM) y el Proceso de Red Analítica (ANP), se evalúa la importancia de los factores de seguridad en las obras de construcción de edificios prefabricados de hormigón. Basado en BIM, se construye una plataforma de gestión de la construcción optimizada para edificios prefabricados de hormigón, cuyos efectos de realización se caracterizan	El diseño final del sitio de construcción muestra un buen efecto, y la desviación entre el cronograma de construcción real y el cronograma de construcción esperado es pequeña, lo cual es de gran importancia para el buen desarrollo de los edificios prefabricados de hormigón. Este es un catalizador para el desarrollo futuro de edificios prefabricados de hormigón y la aplicación de tecnología de big data.
(Seghier et al., 2019)	Automation of concrete usage index (CUI) assessment using computational BIM	desarrollar una herramienta computacional basada en BIM para la automatización de la evaluación y calificación del Índice de Uso de Concreto (CUI), llamada Auto-CUI.	Se emplea Auto-CUI la cual aprovechó los datos integrados en el modelo BIM y la verificación automatizada del cumplimiento de CUI que se desarrolla utilizando un lenguaje de programación visual (Dynamo para Revit).	Con fines de validación, esta herramienta se probó en un modelo BIM de un edificio existente y los resultados se compararon con el método Revit Material Take-off. Por lo tanto, la herramienta Auto-CUI automatiza el proceso de recopilación de datos, cálculo y generación del informe CUI. Además de eso, los resultados generados son tan precisos como el método de despegue de material.
(Sheikhkhos hkar et al., 2019)	Automated planning of concrete joint layouts with 4D-BIM	Desarrolló el enfoque 4D Building Information Management (BIM) para facilitar la solución automatizada de posicionamiento de juntas de hormigón (como prueba de concepto) para profesionales del diseño y contratistas.	El estudio primero desarrolló un modelo estructural en Revit, luego extrajo información espacial sobre todas las juntas de construcción y las vinculó a hojas de cálculo dinámicas de Microsoft (MS) Excel y Matlab utilizando la integración facilitada por el software Dynamo. Los puntos intermedios de cada viga, así como la información del perímetro del piso, se recopilaron a través de códigos desarrollados en macros de MS Excel.	Este marco amplía el conjunto de conocimientos mediante la introducción de soluciones innovadoras para integrar consideraciones de diseño estructural, procedimientos de construcción y aspectos operativos para mitigar el error humano, y proporciona una base novedosa, pero técnicamente sólida, para una mayor aplicación de BIM en la ingeniería estructural.

En la literatura se pudo ver que los principales beneficios de BIM son la mejora de la comunicación multimodal mientras se mantiene la comunicación sincrónica durante la fase de construcción (Al-Ashmori et al. 2020). Por otro lado, BIM crea desarrollos

significativos en la información en diferentes fases de construcción (He et al. 2021; Othman et al. 2020) como se citó en (Ashtiani Araghi & Vosoughifar, 2023). A ello se suma (X. J. Li et al., 2021) indicando que esta plataforma puede proporcionar un entorno de expresión digital visual y desarrollable para el monitoreo y la mejora de manera efectiva la visualización y el intercambio de información de monitoreo.

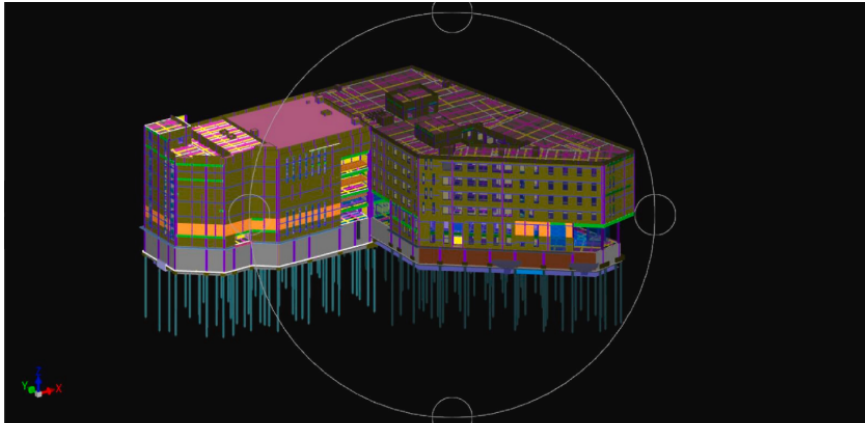
Aunque, acorde a (Ciccone et al., 2022) hasta la fecha, la aplicación de metodologías BIM ha involucrado mayormente el contexto de nuevos proyectos; esta se puede aplicar a cada fase del ciclo de vida de los activos, incluidas las fases de gestión.

BIM ha sido usado en diversos estudios comprobando sus beneficios, por ejemplo (Kamel & Kazemian, 2023) empleó herramientas BIM y de elementos finitos para canalizar la información del edificio desde el diseño hasta la construcción y para evaluar el rendimiento energético de todo el edificio. Específicamente, (Chao et al., 2021) aseveró que la tecnología BIM se considera la más necesaria para mejorar la planificación del apilamiento de componentes del sitio, seguida de la gestión de costos y cronogramas. Además, la seguridad y la calidad ocupan el cuarto y quinto lugar respectivamente.

Las metodologías BIM también pueden ser asistidas e integradas con otras tecnologías. Por ejemplo, se podría considerar la tecnología Internet de las cosas (IOT) para respaldar evaluaciones estructurales inteligentes y desarrollar una gestión “inteligente” del ciclo de vida de una obra, también combinada con otros medios como IFC (Ciccone et al., 2022). Asimismo, en el estudio de (Cheng et al., 2022) se indicó y comprobó que BIM podía trabajar colaborativamente con otros entornos para derivar en un producto más completo. En su caso, los modelos BIM desarrollados por otro software como Autodesk Revit fueron importados a GTJ 2018 para el análisis de inventario.

Figura 2.

Ejemplo de modelo BIM del SACNFU desarrollado por GTJ



Nota. Tomado de (Cheng et al., 2022)

Conclusiones

Tras la revisión literaria se ha podido comprobar que la incorporación de la tecnología BIM puede mejorar los problemas de diseño y construcción de los componentes. BIM puede establecer una biblioteca y estándar de componentes, y profundizar el diseño de los componentes lo que conduce a mejorar la precisión. En la etapa de producción y transporte de ingeniería, debido al intercambio de información, es conveniente rastrear la situación de los componentes, determinar la fuente de responsabilidad, optimizar las rutas de transporte y reducir el daño de los componentes en el proceso de transporte. En la etapa de construcción, la tecnología BIM ayuda a optimizar el esquema de conexión de nudos, optimizar el diseño de refuerzo y optimizar el apilamiento de componentes en el campo, facilitando así el proceso de construcción.

Referencias bibliográficas

- Aram, S., Eastman, C., & Sacks, R. (2013). Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain. *Automation in Construction*, 35, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.01.013>
- Arayici, Y., & Aouad, G. (2011). Building information modelling (BIM) for construction lifecycle management. *Construction and Building: Design, Materials, and Techniques*, March, 99–117.
- Ashtiani Araghi, Z., & Vosoughifar, H. (2023). Modified BIM Processes Considering Safety–Quality Index for Precast Concrete Construction. *ASCE-ASME Journal of*

Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1061/ajrua6.0001274>

Chao, S., Haoli, Z., Guogang, Y., Shuangshuang, W., & Yidong, X. (2021). Research on construction quality control of prefabricated concrete bridge based on BIM technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 643(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/643/1/012063>

Cheng, B., Huang, J., Lu, K., Li, J., Gao, G., Wang, T., & Chen, H. (2022). BIM-enabled life cycle assessment of concrete formwork waste reduction through prefabrication. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53(PA), 102449. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102449>

Cicccone, A., Suglia, P., Asprone, D., Salzano, A., & Nicoletta, M. (2022). Defining a Digital Strategy in a BIM Environment to Manage Existing Reinforced Concrete Bridges in the Context of Italian Regulation. *Sustainability (Switzerland)*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/su141811767>

Forcael, E., Pérez, J., Vásquez, Á., García-Alvarado, R., Orozco, F., & Sepúlveda, J. (2021). Development of communication protocols between bim elements and 3D concrete printing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/app11167226>

Gradeci, K., & Labonnote, N. (2020). On the potential of integrating building information modelling (BIM) for the additive manufacturing (AM) of concrete structures. *Construction Innovation*, 20(3), 321–343. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2019-0057>

Guerra, B. C., Leite, F., & Faust, K. M. (2020). 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, 116, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>

Kamel, E., & Kazemian, A. (2023). BIM-integrated thermal analysis and building energy modeling in 3D-printed residential buildings. *Energy and Buildings*, 279, 112670. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112670>

- Kim, M. K., Cheng, J. C. P., Sohn, H., & Chang, C. C. (2015). A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning. *Automation in Construction*, 49, 225–238. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.07.010>
- Li, X. J., Lai, J. yu, Ma, C. yun, & Wang, C. (2021). Using BIM to research carbon footprint during the materialization phase of prefabricated concrete buildings: A China study. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123454. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123454>
- Li, X., Meng, Q., Wei, M., Sun, H., Zhang, T., & Su, R. (2023). Identification of Underwater Structural Bridge Damage and BIM-Based Bridge Damage Management. *Applied Sciences*, 13(3), 1348. <https://doi.org/10.3390/app13031348>
- Li, Y., Wu, Y., & Gao, X. (2020). Measures for the optimization and management of construction safety based on BIM technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 552(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/552/1/012018>
- Lima, C. M., Ferreira, E. A. M., & Calmon, J. L. (2021). Bim and Iot Integration To Support Management Processes: an Application for Precast Concrete Systems. *Journal of Modern Project Management*, 10(1), 237–251. <https://doi.org/10.19255/JMPM02716>
- Meadati, P., Irizarry, J., & Aknoukh, A. (2011). BIM and Concrete Formwork Repository. *47th ASC Annual International Conference Proceedings*, 8.
- Seghier, T. E., Ahmad, M. H., & Lim, Y.-W. (2019). Automation of concrete usage index (CUI) assessment using computational BIM. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 6(1), 23–30. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v6.n1.319>
- Sheikhhoshkar, M., Pour Rahimian, F., Kaveh, M. H., Hosseini, M. R., & Edwards, D. J. (2019). Automated planning of concrete joint layouts with 4D-BIM. *Automation in Construction*, 107(April), 102943. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102943>
- Xu, G. (2020). The Construction Site Management of Concrete Prefabricated Buildings by ISM-ANP Network Structure Model and BIM under Big Data Text Mining.

International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 6(4),
138. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.11.013>

Financiamiento de la investigación

Con recursos propios.

Declaración de intereses

Declaro no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derechos de uso

Copyright© 2023 por César Loo Gil, Marco Vinicio Juño Delgado

Este texto está protegido por la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: usted debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.