

IMPACTO DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

IMPACT OF BIM METHODOLOGY ON THE TRAINING OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING STUDENTS

Autores: ¹Miguel Ángel Miño Sabando y ²Katherine Aracely Coppiano Cortez.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7744-809X>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6616-7249>

¹E-mail de contacto: mminos@ulvr.edu.ec

²E-mail de contacto: kcoppianoc@ulvr.edu.ec

Afiliación: ¹²Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, (Ecuador).

Artículo recibido: 10 de Agosto del 2026.

Artículo revisado: 12 de Agosto del 2026.

Artículo aprobado: 12 de Agosto del 2026.

¹Arquitecto, graduado de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Máster Universitario en Estudios Avanzados en Arquitectura, Barcelona Tech, con especialidad en Urbanismo, graduado de la Universitat Politècnica de Catalunya, (España). Docente de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, (Ecuador).

²Arquitecta, graduada de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Máster Universitario en Dirección y Administración de Empresas Máster in Business Administration (MBA), graduada de la Universidad Internacional de La Rioja, UNIR, (España). Especialista en Contratación Pública. Doctoranda en Gestión de Proyectos, con enfoque en proyectos de construcción. Docente de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, (Ecuador).

Resumen

La transformación digital del sector de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) ha generado la necesidad de fortalecer la formación universitaria mediante metodologías innovadoras que permitan desarrollar competencias acordes con las nuevas exigencias profesionales. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) constituye una estrategia tecnológica y pedagógica orientada a mejorar la gestión de información, la colaboración interdisciplinaria y la preparación profesional de futuros arquitectos e ingenieros civiles. El objetivo de esta investigación fue analizar el impacto de la metodología BIM en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, considerando su influencia en el desarrollo de competencias profesionales, aprendizaje colaborativo y preparación para el desempeño laboral. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, corte transversal y alcance correlacional. La recopilación de información se realizó mediante un cuestionario estructurado aplicado a estudiantes universitarios, cuya validez fue determinada mediante juicio de expertos y cuya confiabilidad fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. Los resultados evidenciaron una valoración positiva de BIM

como metodología de aprendizaje, destacándose su contribución al fortalecimiento de competencias técnicas, gestión digital de información y trabajo colaborativo. Asimismo, se identificó una relación significativa entre la incorporación de BIM y la formación profesional de los estudiantes. Se concluye que BIM representa una alternativa estratégica para modernizar los procesos educativos universitarios y reducir la brecha existente entre la formación académica y las demandas actuales de la industria de la construcción.

Palabras clave: Building Information Modeling, Educación superior, Competencias profesionales, Arquitectura, Ingeniería civil, Transformación digital.

Abstract

The digital transformation process experienced by the architecture, engineering, and construction (AEC) industry has made the improvement in the university education necessary by means of the usage of the novel methodologies able to promote the formation of the required skills. In this regard, Building Information Modeling (BIM) is considered a technological and educational tool aimed at enhancing the effectiveness of the information management and interdisciplinary cooperation of future architects and engineers. The purpose

of this research was to assess the influence of BIM over the learning process of the architecture and civil engineering students by analyzing its effect on the students' skill formation, cooperative learning process, as well as their readiness for the labor market. The research was conducted based on the quantitative methodology implying non-experimental, cross-sectional, and correlation research design. The methods of data collection included the usage of surveys among university students. The validity of the survey was evaluated with the help of experts, while its reliability was tested by using Cronbach's alpha coefficients. It was found out that BIM is positively evaluated as a technique of education, as it improves the technical skills of the respondents in the area of digital information management and cooperation. Besides, this study discovered the significant correlation between the practicality of BIM and students' preparation for work. Therefore, it can be stated that BIM is one of the efficient methods of enhancing the education process in universities and bridging the gap between the education process and today's demands of the construction industry.

Keywords: Building Information Modeling, Higher education, Professional skills, Architecture, Civil engineering, Digital transformation.

Sumário

A transformação digital do setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC) gerou a necessidade de fortalecer o ensino universitário por meio de metodologias inovadoras que permitam o desenvolvimento de competências alinhadas às novas demandas profissionais. Nesse contexto, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) constitui uma estratégia tecnológica e pedagógica voltada para o aprimoramento da gestão da informação, da colaboração interdisciplinar e da formação profissional de futuros arquitetos e engenheiros civis. O objetivo desta pesquisa foi analisar o impacto do BIM na formação de estudantes de arquitetura e engenharia civil, considerando sua influência no desenvolvimento de competências

profissionais, na aprendizagem colaborativa e na preparação para o mercado de trabalho. O estudo foi conduzido utilizando uma abordagem quantitativa, com delineamento não experimental, transversal e correlacional. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário estruturado aplicado a estudantes universitários. A validade do questionário foi determinada por meio de avaliação de especialistas, e sua confiabilidade foi avaliada utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. Os resultados mostraram uma avaliação positiva do BIM como metodologia de aprendizagem, destacando sua contribuição para o fortalecimento de competências técnicas, gestão da informação digital e trabalho colaborativo. Além disso, foi identificada uma relação significativa entre a incorporação do BIM e a formação profissional dos estudantes. Conclui-se que o BIM representa uma alternativa estratégica para modernizar os processos de ensino universitário e reduzir a lacuna existente entre a formação acadêmica e as demandas atuais da indústria da construção.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção, Ensino superior, Competências profissionais, Arquitetura, Engenharia civil, Transformação digital.

Introducción

La transformación digital ha modificado profundamente los procesos de planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras en las últimas décadas, impulsando la adopción de metodologías que favorecen una gestión más eficiente de la información y una mayor coordinación entre los actores involucrados en los proyectos constructivos. En este escenario, la metodología Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como uno de los principales paradigmas tecnológicos para la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC), debido a que permite integrar, administrar y compartir información digital durante todas las fases del ciclo de vida de una edificación o infraestructura (Eastman et

al., 2018). A diferencia de los enfoques tradicionales basados exclusivamente en documentación bidimensional, BIM desarrolla modelos digitales inteligentes que incorporan información geométrica, estructural, constructiva, económica, energética y temporal, facilitando procesos colaborativos y una toma de decisiones fundamentada en información actualizada y centralizada (Sacks et al., 2018). Esta capacidad de integrar datos provenientes de múltiples disciplinas ha contribuido significativamente a disminuir inconsistencias entre especialidades, reducir costos derivados de errores de diseño, optimizar los tiempos de ejecución y mejorar la calidad general de los proyectos (Hardin y McCool, 2015).

De igual manera, la publicación de la norma internacional ISO 19650 ha fortalecido la estandarización de la gestión de la información mediante BIM, promoviendo criterios comunes para la organización, intercambio y administración de datos en proyectos de construcción desarrollados bajo entornos colaborativos (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Como resultado de estos avances, la transformación digital del sector AEC ha dejado de centrarse únicamente en la incorporación de software especializado para orientarse hacia nuevos modelos de trabajo colaborativo, innovación tecnológica y gestión inteligente del conocimiento, aspectos que actualmente demandan profesionales con competencias digitales cada vez más especializadas (Succar, 2009).

En el ámbito internacional, la adopción de BIM ha experimentado un crecimiento sostenido debido al reconocimiento de sus beneficios en términos de productividad, sostenibilidad, coordinación interdisciplinaria y eficiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura. Diversos gobiernos han incorporado la

metodología como requisito para la contratación pública de obras, impulsando políticas nacionales orientadas a acelerar la transformación digital del sector de la construcción y fortalecer la competitividad de sus economías (Kassem y Succar, 2017). Esta tendencia ha generado una creciente demanda de arquitectos e ingenieros civiles capaces de desenvolverse en entornos colaborativos digitalizados, donde la interoperabilidad entre plataformas, la gestión de grandes volúmenes de información y la coordinación multidisciplinaria constituyen competencias esenciales para el ejercicio profesional (Eastman et al., 2018).

En consecuencia, numerosas universidades han iniciado procesos de actualización curricular con el propósito de incorporar BIM en los programas de formación de grado y posgrado, no solo como una herramienta tecnológica para el modelado tridimensional, sino también como una metodología pedagógica que favorece el aprendizaje basado en proyectos, la integración de conocimientos y el desarrollo de competencias profesionales alineadas con las necesidades del mercado laboral (Barison y Santos, 2010). Desde esta perspectiva, BIM representa una estrategia educativa que promueve experiencias de aprendizaje más cercanas a los contextos reales de desempeño profesional, permitiendo que los estudiantes participen en procesos colaborativos similares a los desarrollados en empresas del sector AEC.

Asimismo, investigaciones recientes destacan que la incorporación progresiva de BIM en la educación superior favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos, la comunicación interdisciplinaria y la capacidad para gestionar proyectos de manera integral, competencias consideradas indispensables en la formación de los

profesionales del siglo XXI (Hu, 2019; Pikas et al., 2013). En América Latina, la implementación de BIM presenta avances importantes, aunque con niveles de desarrollo heterogéneos entre los diferentes países de la región. Naciones como Chile, Brasil, Colombia y Perú han impulsado estrategias nacionales para promover la adopción progresiva de BIM en proyectos públicos y privados, reconociendo su potencial para incrementar la productividad del sector de la construcción, reducir desperdicios, mejorar la calidad de las obras y optimizar el uso de los recursos disponibles (Kassem y Succar, 2017). No obstante, la velocidad de incorporación de esta metodología en las instituciones de educación superior continúa siendo desigual, debido a factores relacionados con la disponibilidad de infraestructura tecnológica, el acceso a software especializado, la formación permanente del profesorado y la actualización de los planes de estudio (Barison y Santos, 2010).

En numerosos programas universitarios, BIM aún es abordado desde una perspectiva eminentemente instrumental, limitada al aprendizaje de determinadas plataformas informáticas, sin integrar plenamente sus dimensiones colaborativas, metodológicas y de gestión de la información, las cuales constituyen la esencia del enfoque BIM (Succar, 2009). Esta situación genera una brecha entre las competencias adquiridas por los estudiantes durante su formación universitaria y las habilidades que actualmente demanda la industria de la construcción, caracterizada por procesos altamente digitalizados y por la necesidad de profesionales capaces de trabajar en equipos multidisciplinares bajo estándares internacionales de interoperabilidad. En consecuencia, fortalecer la incorporación de BIM dentro de los procesos de enseñanza-

aprendizaje representa uno de los principales desafíos para las facultades de arquitectura e ingeniería civil de la región, especialmente en un contexto donde la innovación tecnológica se ha convertido en un factor determinante para la competitividad profesional y el desarrollo sostenible del sector constructivo. En el contexto ecuatoriano, la incorporación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la educación superior ha adquirido una importancia creciente como respuesta a las transformaciones tecnológicas que experimenta el sector de la construcción y a la necesidad de formar profesionales capaces de desenvolverse en entornos altamente digitalizados.

No obstante, el grado de integración de esta metodología en las universidades continúa siendo heterogéneo, debido a factores relacionados con la actualización curricular, la disponibilidad de infraestructura tecnológica, el acceso a licencias de software especializado y la capacitación permanente del profesorado (Succar, 2009; Kassem y Succar, 2017). Si bien algunas instituciones de educación superior han incorporado asignaturas específicas relacionadas con BIM o han desarrollado proyectos piloto para fortalecer las competencias digitales de sus estudiantes, en numerosos casos su utilización continúa restringida al aprendizaje de determinadas aplicaciones informáticas, sin lograr una integración transversal dentro del proceso formativo (Barison y Santos, 2010).

Esta situación limita las posibilidades de desarrollar competencias relacionadas con la colaboración interdisciplinaria, la gestión integrada de proyectos y la toma de decisiones basada en información digital, aspectos que actualmente constituyen requisitos fundamentales para el desempeño profesional de arquitectos e ingenieros civiles (Eastman et

al., 2018). En consecuencia, fortalecer la incorporación de BIM en los programas académicos representa un desafío estratégico para las universidades ecuatorianas, especialmente en un escenario donde la transformación digital y la innovación tecnológica se han convertido en factores determinantes para mejorar la competitividad y la calidad del ejercicio profesional. Desde la perspectiva pedagógica, la implementación de BIM representa mucho más que la adopción de una tecnología de modelado tridimensional; implica una transformación de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante la incorporación de metodologías activas que sitúan al estudiante como protagonista en la construcción de su propio conocimiento. La naturaleza colaborativa de BIM favorece el desarrollo de experiencias educativas basadas en proyectos, simulaciones de casos reales y resolución de problemas complejos, permitiendo que los estudiantes integren conocimientos provenientes de diferentes áreas disciplinares durante el desarrollo de un mismo proyecto constructivo (Pikas et al., 2013).

En este sentido, la metodología se alinea con los principios del constructivismo y del aprendizaje basado en proyectos, promoviendo la interacción permanente entre docentes y estudiantes, el trabajo cooperativo y la aplicación práctica de conocimientos teóricos en escenarios cercanos al contexto profesional (Jonassen, 1999). Diversos estudios han demostrado que la utilización de BIM incrementa la motivación académica, mejora la comprensión espacial, fortalece la capacidad para interpretar información técnica y favorece el desarrollo de competencias digitales indispensables para afrontar los desafíos de la industria de la construcción contemporánea (Hu, 2019). Asimismo, el trabajo colaborativo que caracteriza a esta metodología estimula

habilidades transversales como la comunicación efectiva, el liderazgo, la coordinación interdisciplinaria y la resolución de conflictos, competencias que actualmente son altamente valoradas por empleadores y organizaciones vinculadas al sector AEC (Sacks et al., 2018). A pesar del crecimiento sostenido de la producción científica relacionada con Building Information Modeling durante los últimos años, aún persisten importantes vacíos de conocimiento respecto a su impacto educativo en la formación universitaria de arquitectos e ingenieros civiles.

Una proporción considerable de las investigaciones disponibles se concentra en analizar aspectos técnicos asociados al modelado digital, la interoperabilidad entre plataformas o la implementación de software especializado dentro de proyectos constructivos (Succar, 2009; Eastman et al., 2018). En contraste, son menos frecuentes los estudios que evalúan de manera integral cómo la incorporación sistemática de BIM influye en el desarrollo de competencias profesionales, el aprendizaje colaborativo, el rendimiento académico, el pensamiento crítico y la preparación para la inserción laboral de los futuros profesionales del sector de la construcción (Pikas et al., 2013).

Además, gran parte de la evidencia empírica proviene de universidades europeas, norteamericanas y asiáticas, mientras que en América Latina y particularmente en Ecuador aún existe una producción científica limitada sobre los efectos pedagógicos derivados de la implementación curricular de esta metodología (Kassem y Succar, 2017). Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar investigaciones que permitan generar evidencia contextualizada acerca de los beneficios, desafíos y oportunidades que representa BIM

dentro de los procesos de formación universitaria, contribuyendo así al fortalecimiento de políticas institucionales orientadas a la innovación educativa y a la transformación digital de la educación superior.

En este contexto, resulta pertinente analizar el impacto de la metodología Building Information Modeling (BIM) desde una perspectiva educativa que trascienda el aprendizaje instrumental de plataformas tecnológicas y permita comprender su contribución al desarrollo de competencias profesionales, cognitivas y colaborativas en los estudiantes universitarios. La formación de arquitectos e ingenieros civiles enfrenta actualmente el desafío de responder a un mercado laboral caracterizado por la digitalización de los procesos constructivos, la integración interdisciplinaria y la gestión inteligente de la información. En consecuencia, las universidades tienen la responsabilidad de diseñar estrategias curriculares que favorezcan el desarrollo de competencias alineadas con las demandas de la Industria 4.0 y con los principios de sostenibilidad, innovación y transformación digital que actualmente orientan el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) (World Economic Forum, 2023; UNESCO, 2021).

Desde esta perspectiva, BIM constituye una metodología que favorece la integración entre conocimientos teóricos y prácticos, fortaleciendo la capacidad de los estudiantes para analizar, diseñar, coordinar y gestionar proyectos constructivos mediante el uso de información digital compartida y procesos colaborativos (Eastman et al., 2018; Sacks et al., 2018). La relevancia científica de esta investigación radica en la necesidad de generar evidencia empírica que permita comprender cómo la incorporación sistemática de BIM

influye en la calidad de la formación universitaria, considerando dimensiones que trascienden el dominio técnico del software e incluyen el desarrollo de competencias profesionales, el aprendizaje colaborativo, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la comunicación interdisciplinaria y la preparación para la inserción laboral. Aunque la literatura internacional reconoce ampliamente las ventajas operativas de BIM dentro de la industria de la construcción, todavía existe una limitada producción científica orientada a evaluar sus efectos pedagógicos desde una perspectiva integral, particularmente en universidades latinoamericanas y ecuatorianas, donde los procesos de transformación curricular continúan en desarrollo (Kassem y Succar, 2017; Bolpagni et al., 2022).

Asimismo, la mayoría de los estudios disponibles analizan experiencias aisladas de implementación o describen innovaciones metodológicas específicas, sin establecer relaciones suficientemente sólidas entre la adopción de BIM y el fortalecimiento de las competencias profesionales requeridas por el mercado laboral contemporáneo (Pikas et al., 2013; Barison & Santos, 2010). En consecuencia, esta investigación pretende aportar evidencia que contribuya a reducir dicho vacío científico y fortalecer el conocimiento disponible sobre la enseñanza de BIM en la educación superior.

Desde el punto de vista social y educativo, los resultados de este estudio podrán servir como referente para directivos universitarios, diseñadores curriculares, docentes e investigadores interesados en modernizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las carreras de arquitectura e ingeniería civil. De igual manera, la información obtenida podrá

orientar la formulación de políticas institucionales relacionadas con la innovación educativa, la actualización curricular, la capacitación docente y la incorporación progresiva de tecnologías digitales en la formación profesional. Además, el estudio adquiere relevancia para el sector productivo, ya que una adecuada integración de BIM dentro de los programas académicos favorecerá la formación de profesionales con competencias acordes con las necesidades actuales de las empresas constructoras, consultoras y organismos públicos responsables de la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura.

En este sentido, fortalecer la formación universitaria mediante metodologías innovadoras representa una estrategia que contribuye al incremento de la competitividad profesional, al mejoramiento de la productividad del sector de la construcción y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la innovación, la infraestructura resiliente y la educación de calidad (Naciones Unidas, 2015; UNESCO, 2021). En correspondencia con el problema identificado, el objetivo general de esta investigación es analizar el impacto de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, considerando su influencia en el desarrollo de competencias profesionales, el aprendizaje colaborativo, el rendimiento académico y la preparación para el ejercicio profesional.

De manera complementaria, se plantea como hipótesis de investigación que la implementación sistemática de la metodología BIM influye significativamente en el fortalecimiento de las competencias profesionales, el aprendizaje colaborativo, el

rendimiento académico y la preparación para la inserción laboral de los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil. Esta hipótesis parte del supuesto de que la incorporación de metodologías colaborativas apoyadas en tecnologías digitales favorece procesos de aprendizaje más activos, integradores y contextualizados, permitiendo una mejor articulación entre la formación académica y las necesidades reales del entorno profesional (Jonassen, 1999; Hu, 2019).

El principal aporte científico de esta investigación consiste en ofrecer un análisis integral sobre la influencia de BIM en la formación universitaria desde una perspectiva pedagógica y profesional, superando los enfoques centrados exclusivamente en el aprendizaje de software especializado. Los resultados permitirán ampliar la comprensión teórica sobre la relación entre transformación digital, innovación curricular y desarrollo de competencias en la educación superior, además de proporcionar evidencia que sirva de fundamento para futuras investigaciones relacionadas con la implementación de BIM en instituciones universitarias de América Latina.

Asimismo, las conclusiones podrán constituirse en un insumo para el diseño de estrategias institucionales orientadas a fortalecer la calidad de la educación superior y promover procesos de enseñanza acordes con las tendencias internacionales de digitalización del sector AEC, contribuyendo así a la formación de profesionales capaces de responder a los desafíos tecnológicos, sociales y ambientales que caracterizan la construcción contemporánea. La industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) ha experimentado una transformación significativa como consecuencia de la incorporación de tecnologías digitales orientadas a optimizar la

planificación, el diseño, la ejecución y la gestión de proyectos constructivos. Entre estas innovaciones, Building Information Modeling (BIM) constituye uno de los avances más relevantes debido a que representa una metodología de trabajo colaborativa basada en la creación y administración de modelos digitales inteligentes que concentran información geométrica, técnica, funcional, económica y temporal de una infraestructura durante todo su ciclo de vida (Eastman et al., 2018). Más que una herramienta informática, BIM es un sistema de gestión de información que integra personas, procesos y tecnologías con el propósito de mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto, reduciendo errores, optimizando recursos y favoreciendo una toma de decisiones sustentada en información confiable (Sacks et al., 2018).

Los antecedentes de BIM se remontan a las investigaciones desarrolladas durante la década de 1970 sobre modelado paramétrico y representación digital de edificaciones. Sin embargo, su consolidación comenzó a materializarse durante los años noventa gracias al desarrollo de plataformas capaces de integrar información multidisciplinaria dentro de un modelo único. La evolución posterior estuvo acompañada por el incremento de la capacidad computacional, la interoperabilidad entre aplicaciones y la adopción de estándares abiertos para el intercambio de información, permitiendo que arquitectos, ingenieros, constructores y administradores trabajaran de manera coordinada sobre una misma base de datos digital (Succar, 2009). En la actualidad, BIM constituye un componente esencial dentro de la estrategia de digitalización del sector AEC y es considerado uno de los pilares de la denominada Construcción 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías como

inteligencia artificial, Internet de las Cosas, computación en la nube, realidad aumentada y gemelos digitales (Bolpagni et al., 2022).

Desde una perspectiva conceptual, diversos autores coinciden en señalar que BIM debe entenderse como una metodología organizacional y no únicamente como un software especializado. Eastman et al. (2018) sostienen que su principal fortaleza radica en la capacidad de generar un modelo digital compartido que concentra toda la información del proyecto y permite actualizar automáticamente cualquier modificación realizada durante el proceso de diseño o construcción. De manera similar, Succar (2009) plantea que BIM constituye un marco integral que articula políticas institucionales, procesos colaborativos, competencias profesionales y plataformas tecnológicas orientadas a optimizar la gestión del conocimiento dentro de los proyectos constructivos. En consecuencia, el verdadero valor de BIM no reside exclusivamente en la representación tridimensional de los elementos arquitectónicos o estructurales, sino en la posibilidad de gestionar información de manera integrada durante todas las etapas del ciclo de vida de una infraestructura.

Una de las características más importantes de BIM es la incorporación progresiva de diferentes dimensiones de información. Tradicionalmente se reconoce el modelo tridimensional (3D) como la base para la representación geométrica del proyecto; sin embargo, la evolución metodológica ha permitido integrar nuevas dimensiones como la planificación temporal (4D), la estimación y control de costos (5D), la sostenibilidad ambiental (6D), la gestión de operación y mantenimiento (7D) y, más recientemente, el análisis del ciclo de vida y los criterios

asociados a la economía circular (ISO, 2018). Esta evolución demuestra que BIM ha dejado de ser una herramienta orientada exclusivamente al diseño arquitectónico para convertirse en una plataforma integral de gestión de proyectos, capaz de facilitar la coordinación interdisciplinaria y apoyar la toma de decisiones estratégicas durante todas las fases del proceso constructivo. La implementación de BIM también ha impulsado cambios significativos en la cultura organizacional de las empresas del sector AEC. El modelo tradicional, caracterizado por el trabajo independiente entre disciplinas y el intercambio fragmentado de información, ha sido reemplazado progresivamente por esquemas colaborativos donde arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros eléctricos, especialistas hidrosanitarios, constructores y administradores interactúan simultáneamente sobre un mismo modelo digital (Hardin y McCool, 2015). Este enfoque favorece la detección temprana de interferencias, disminuye la duplicidad de actividades, mejora la comunicación entre los equipos de trabajo y reduce los riesgos asociados a modificaciones durante la fase constructiva. En consecuencia, diversos estudios reportan incrementos significativos en la productividad, reducciones de costos y mejoras en la calidad final de los proyectos desarrollados bajo metodologías BIM (Sacks et al., 2018).

El acelerado proceso de digitalización del sector de la construcción ha generado la necesidad de replantear los modelos tradicionales de formación universitaria en arquitectura e ingeniería civil. Las competencias demandadas por las organizaciones trascienden el dominio de herramientas de diseño asistido por computadora y requieren profesionales capaces de trabajar en entornos colaborativos, gestionar información digital, coordinar equipos

multidisciplinarios y aplicar metodologías integrales de planificación y control de proyectos (Barison y Santos, 2010). Como consecuencia, las instituciones de educación superior han comenzado a incorporar BIM dentro de sus planes de estudio, reconociendo que esta metodología constituye un componente estratégico para fortalecer la empleabilidad y la competitividad profesional de sus egresados. Diversas investigaciones coinciden en señalar que la enseñanza de BIM debe superar el enfoque centrado exclusivamente en el aprendizaje de software especializado.

Según Pikas et al. (2013) limitar la formación al manejo operativo de plataformas digitales impide que los estudiantes desarrollen competencias relacionadas con la colaboración interdisciplinaria, la gestión de información y la resolución integral de problemas constructivos. En este sentido, la educación basada en BIM implica una transformación pedagógica que incorpora metodologías activas, aprendizaje basado en proyectos, trabajo colaborativo y simulación de escenarios reales de desempeño profesional. Esta perspectiva favorece la integración de conocimientos provenientes de diferentes asignaturas, promoviendo un aprendizaje más significativo y contextualizado.

Hu (2019) sostiene que BIM puede convertirse en un recurso didáctico de alto impacto cuando se incorpora de manera transversal dentro del currículo universitario. Su utilización facilita la visualización tridimensional de sistemas constructivos, fortalece la comprensión espacial, mejora la interpretación de planos y estimula procesos de aprendizaje activo donde los estudiantes participan en la solución de problemas reales. Asimismo, la interacción con modelos digitales inteligentes permite integrar conocimientos de estructuras, instalaciones,

presupuestos, planificación y gestión de proyectos, favoreciendo una formación más cercana a las condiciones que enfrentarán durante el ejercicio profesional. Estas características convierten a BIM en una metodología que no solo fortalece las competencias técnicas, sino también habilidades transversales como el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, el liderazgo y el trabajo en equipo, consideradas esenciales para responder a los desafíos actuales del sector de la construcción. La evolución de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) ha transformado significativamente el perfil profesional que demandan las organizaciones públicas y privadas.

En la actualidad, el desempeño exitoso de arquitectos e ingenieros civiles no depende únicamente del dominio de conocimientos técnicos relacionados con el diseño estructural, la construcción o la planificación de obras, sino también de la capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios, gestionar información digital, resolver problemas complejos, liderar proyectos y adaptarse continuamente a los avances tecnológicos (World Economic Forum, 2023).

En consecuencia, las instituciones de educación superior han comenzado a orientar sus procesos formativos hacia un enfoque basado en competencias, buscando que los estudiantes desarrollen habilidades técnicas, cognitivas, comunicativas y socioemocionales que respondan a las exigencias del mercado laboral contemporáneo (UNESCO, 2021). Desde la perspectiva educativa, una competencia profesional integra conocimientos, habilidades, actitudes y valores que permiten al futuro profesional actuar de manera eficaz frente a situaciones reales propias de su campo de

desempeño (Tobón, 2013). En el ámbito de la arquitectura y la ingeniería civil, estas competencias incluyen la capacidad para interpretar información técnica, diseñar soluciones constructivas, coordinar equipos interdisciplinarios, gestionar recursos, aplicar normativas vigentes y utilizar herramientas digitales para la planificación y ejecución de proyectos (Eastman et al., 2018). La creciente incorporación de tecnologías digitales dentro del sector AEC ha ampliado este conjunto de competencias, incorporando habilidades relacionadas con la gestión de modelos digitales, la interoperabilidad entre plataformas, el análisis de datos y la colaboración en entornos virtuales (Succar, 2009).

La metodología BIM contribuye directamente al fortalecimiento de estas competencias al promover un aprendizaje centrado en proyectos integradores donde convergen múltiples disciplinas. Durante el desarrollo de modelos digitales colaborativos, los estudiantes deben analizar información proveniente de diferentes especialidades, identificar incompatibilidades entre sistemas constructivos, proponer soluciones técnicas y coordinar decisiones con otros integrantes del equipo. Estas experiencias favorecen el desarrollo del pensamiento sistémico, la capacidad analítica y la toma de decisiones fundamentadas en información técnica confiable, competencias consideradas esenciales para el ejercicio profesional contemporáneo (Sacks et al., 2018).

Asimismo, la utilización de BIM fortalece competencias digitales avanzadas, las cuales han sido identificadas por organismos internacionales como elementos indispensables para afrontar los procesos de transformación digital que caracterizan a las economías basadas en el conocimiento (OECD, 2021). La incorporación de BIM dentro de los programas

universitarios encuentra sustento en diversas teorías del aprendizaje que privilegian la construcción activa del conocimiento y la participación del estudiante en experiencias auténticas de resolución de problemas. Entre ellas, el constructivismo sostiene que el aprendizaje ocurre cuando los estudiantes construyen nuevos conocimientos a partir de la interacción entre sus experiencias previas y los nuevos desafíos planteados durante el proceso educativo (Piaget, 1972). Desde esta perspectiva, BIM constituye un entorno de aprendizaje donde los estudiantes desarrollan conocimientos mediante la elaboración de modelos digitales, la exploración de alternativas de diseño y la resolución de situaciones propias del contexto profesional.

Complementariamente, la teoría sociocultural propuesta por Vygotsky (1978) enfatiza la importancia de la interacción social y del trabajo colaborativo como elementos esenciales para el aprendizaje. La metodología BIM responde plenamente a este enfoque, ya que su implementación requiere la participación coordinada de estudiantes pertenecientes a diferentes disciplinas, quienes comparten información, negocian soluciones técnicas y construyen conocimiento de manera colectiva. Esta interacción favorece el desarrollo de competencias comunicativas, liderazgo, negociación y trabajo en equipo, aspectos ampliamente valorados por la industria de la construcción.

Otra teoría que sustenta la incorporación de BIM es el Aprendizaje Basado en Proyectos (Project-Based Learning), el cual propone que los estudiantes adquieren conocimientos mediante el desarrollo de proyectos reales que integran diferentes áreas del conocimiento (Thomas, 2000). La metodología BIM facilita este enfoque porque permite simular proyectos

constructivos completos donde convergen aspectos arquitectónicos, estructurales, presupuestarios, temporales y de gestión. Como resultado, los estudiantes desarrollan competencias profesionales en contextos muy similares a los que enfrentarán durante su ejercicio laboral, fortaleciendo simultáneamente la transferencia del conocimiento hacia situaciones reales.

Asimismo, el aprendizaje experiencial planteado por Kolb (1984) adquiere especial relevancia dentro de la enseñanza mediante BIM. Según este autor, el aprendizaje efectivo ocurre cuando los estudiantes participan activamente en experiencias concretas, reflexionan sobre ellas, elaboran conceptos y posteriormente aplican dichos conocimientos en nuevas situaciones. El desarrollo de modelos BIM permite recorrer continuamente este ciclo, ya que los estudiantes diseñan, evalúan resultados, corrigen errores, realizan nuevas propuestas y perfeccionan progresivamente sus competencias profesionales mediante procesos de retroalimentación permanente.

Algunas investigaciones internacionales coinciden en señalar que la incorporación de BIM dentro de la educación superior produce efectos positivos sobre múltiples dimensiones del aprendizaje. Uno de los beneficios más documentados corresponde al fortalecimiento de la comprensión espacial y de la visualización tridimensional. Al trabajar con modelos digitales inteligentes, los estudiantes desarrollan una mejor interpretación de elementos arquitectónicos, estructurales e instalaciones, facilitando la comprensión de relaciones espaciales que resultan difíciles de identificar mediante planos bidimensionales convencionales (Hu, 2019). Otro aspecto ampliamente reportado corresponde al fortalecimiento del aprendizaje colaborativo. La

naturaleza interdisciplinaria de BIM exige que los estudiantes coordinen actividades con compañeros pertenecientes a diferentes áreas del conocimiento, intercambien información permanentemente y resuelvan conflictos técnicos mediante procesos de comunicación efectiva. Diversos estudios indican que estas experiencias incrementan la participación activa, mejoran la capacidad para trabajar en equipo y favorecen el desarrollo de competencias sociales indispensables para el ejercicio profesional (Pikas et al., 2013).

La literatura también evidencia mejoras significativas en el rendimiento académico cuando BIM se incorpora como estrategia pedagógica dentro de asignaturas relacionadas con diseño arquitectónico, estructuras, construcción y gestión de proyectos. Los estudiantes manifiestan mayores niveles de motivación, comprensión conceptual y participación durante las actividades de aprendizaje, debido a que los contenidos pueden relacionarse directamente con situaciones reales del contexto profesional (Barison y Santos, 2010). Adicionalmente, el empleo de modelos digitales facilita procesos de retroalimentación inmediata, permitiendo identificar errores de diseño, analizar alternativas de solución y fortalecer la capacidad para resolver problemas complejos antes de que estos se materialicen durante la construcción.

Autores destacan que la enseñanza basada en BIM incrementa la empleabilidad de los egresados universitarios. Las empresas constructoras, consultoras y oficinas de diseño demandan profesionales con competencias relacionadas con la coordinación digital de proyectos, la interoperabilidad entre plataformas y la gestión colaborativa de información, habilidades que pueden desarrollarse eficazmente durante la formación

universitaria mediante la implementación sistemática de esta metodología (Kassem y Succar, 2017). En consecuencia, BIM no solo fortalece el aprendizaje académico, sino que también contribuye a reducir la brecha existente entre la formación universitaria y las necesidades reales del mercado laboral, favoreciendo una transición más eficiente hacia el ejercicio profesional.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que tuvo como finalidad analizar el impacto de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la formación académica de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil mediante la medición objetiva de variables previamente definidas. Este enfoque permitió recopilar información susceptible de análisis estadístico, estableciendo relaciones entre la implementación de BIM y el desarrollo de competencias profesionales, habilidades colaborativas y capacidades asociadas al desempeño futuro de los estudiantes. Según Hernández y Mendoza (2023), los estudios cuantitativos permiten explicar fenómenos educativos mediante la medición de variables, la formulación de hipótesis y la aplicación de procedimientos estadísticos que proporcionan evidencia empírica.

En este sentido, la investigación buscó determinar en qué medida la incorporación de metodologías digitales basadas en BIM contribuye al fortalecimiento del proceso formativo universitario. El estudio se sustentó en la necesidad de generar evidencia científica sobre la transformación que experimentan los procesos de enseñanza-aprendizaje cuando incorporan herramientas colaborativas propias de la industria de la construcción digitalizada. Por tanto, el enfoque seleccionado permitió

establecer una relación sistemática entre la innovación tecnológica representada por BIM y las competencias profesionales desarrolladas durante la formación superior. El estudio correspondió a una investigación de tipo aplicada, debido a que sus resultados estuvieron orientados a aportar información útil para mejorar los procesos curriculares y las estrategias pedagógicas utilizadas en las carreras de arquitectura e ingeniería civil.

Asimismo, presentó un alcance correlacional-explicativo, debido a que no solamente pretendió identificar la existencia de una relación entre las variables estudiadas, sino también comprender cómo la aplicación de BIM influye en determinadas dimensiones relacionadas con la formación profesional. El diseño empleado fue no experimental, puesto que las variables no fueron manipuladas por los investigadores, sino observadas dentro del contexto académico donde se desarrolla el aprendizaje universitario. De igual manera, la investigación tuvo un corte transversal porque la recopilación de información se realizó durante un período académico específico, permitiendo analizar la percepción y experiencia de los estudiantes en un momento determinado. Este diseño resulta pertinente para estudios educativos donde se busca comprender fenómenos asociados a procesos formativos sin alterar las condiciones naturales del entorno investigado.

En consecuencia, la metodología adoptada permitió obtener información válida sobre la relación existente entre la utilización de BIM y la formación profesional de los futuros arquitectos e ingenieros civiles. La población de estudio estuvo constituida por estudiantes universitarios pertenecientes a las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil, debido a que estas disciplinas mantienen una relación directa

con los procesos de diseño, planificación, construcción y gestión de proyectos donde la metodología BIM tiene una aplicación significativa. La selección de esta población respondió al interés investigativo de analizar cómo los futuros profesionales perciben la influencia de BIM dentro de su proceso de formación académica y desarrollo de competencias profesionales.

Para determinar la muestra se consideraron criterios metodológicos relacionados con la representatividad estadística, la accesibilidad de los participantes y la correspondencia con los objetivos planteados en la investigación. Los participantes seleccionados debían encontrarse matriculados activamente en las carreras estudiadas y haber tenido algún nivel de contacto académico con herramientas digitales, procesos de modelado o contenidos relacionados con BIM. Esta condición permitió garantizar que las respuestas obtenidas estuvieran fundamentadas en experiencias académicas reales y no únicamente en conocimientos teóricos sobre la metodología. La participación fue voluntaria y se garantizó en todo momento la confidencialidad de la información proporcionada por los estudiantes.

La técnica utilizada para la recopilación de información fue la encuesta, debido a que constituye un procedimiento adecuado para obtener datos relacionados con percepciones, experiencias y valoraciones de grupos específicos dentro de contextos educativos. El instrumento aplicado fue un cuestionario estructurado elaborado a partir de la revisión de literatura científica relacionada con BIM, educación superior, competencias profesionales y transformación digital en el sector de la construcción. El cuestionario estuvo conformado por ítems organizados mediante una escala tipo Likert de cinco niveles,

permitiendo identificar el grado de acuerdo de los participantes respecto a las afirmaciones relacionadas con las variables estudiadas. La construcción del instrumento consideró las dimensiones teóricas establecidas en investigaciones previas sobre implementación de BIM en procesos formativos universitarios (Eastman et al., 2018; Hu, 2019).

Antes de su aplicación definitiva, el instrumento fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de cada ítem respecto a los objetivos de investigación. Posteriormente, se determinó su confiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, siguiendo los criterios establecidos por Cronbach (1951), donde valores superiores a 0,70 evidencian una adecuada consistencia interna del instrumento. La operacionalización de variables permitió establecer la relación entre los conceptos teóricos abordados en la investigación y los elementos medibles utilizados durante el proceso de recopilación de

información. Esta etapa metodológica garantizó la coherencia entre el objetivo general, la hipótesis, las variables, las dimensiones y los indicadores utilizados para evaluar el impacto de BIM en la formación universitaria.

La variable independiente correspondió a la metodología Building Information Modeling (BIM), entendida como un sistema colaborativo de gestión de información digital aplicado al desarrollo integral de proyectos constructivos. La variable dependiente estuvo representada por la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, comprendida como el conjunto de competencias, habilidades y capacidades desarrolladas durante el proceso educativo. La definición operacional de ambas variables permitió transformar conceptos abstractos en indicadores susceptibles de medición estadística. Por esta razón, la investigación estableció las siguientes dimensiones e indicadores:

Tabla 1. Operacionalización de Variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento	Escala
Metodología BIM	Integración tecnológica	Uso de plataformas BIM, manejo de modelos digitales, comprensión del entorno colaborativo digital	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal
Metodología BIM	Gestión de información	Organización de datos, intercambio de información, coordinación de disciplinas	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal
Metodología BIM	Trabajo colaborativo	Comunicación interdisciplinaria, coordinación de equipos, resolución conjunta de problemas	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal
Formación profesional	Desarrollo de competencias técnicas	Capacidad de diseño, interpretación de modelos, aplicación de conocimientos constructivos	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal
Formación profesional	Aprendizaje colaborativo	Participación grupal, interacción académica, construcción colectiva del conocimiento	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal
Formación profesional	Preparación profesional	Capacidad para enfrentar proyectos reales, competencias digitales y adaptación laboral	Encuesta	Cuestionario tipo Likert	Ordinal

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos mediante la aplicación del instrumento fueron organizados en una base estadística para posteriormente realizar los análisis correspondientes mediante procedimientos descriptivos e inferenciales. En la primera etapa del análisis se aplicaron

medidas de tendencia central y dispersión con el propósito de identificar el comportamiento general de las variables y sus respectivas dimensiones. Posteriormente, se efectuaron pruebas de normalidad para determinar la distribución de los datos y seleccionar el

procedimiento estadístico más adecuado para la comprobación de hipótesis. Debido a la naturaleza ordinal de los datos obtenidos mediante escala Likert, se consideró la aplicación de pruebas no paramétricas cuando las condiciones estadísticas así lo requirieron. Para establecer la relación entre la metodología BIM y la formación profesional de los estudiantes se utilizó el coeficiente de correlación correspondiente, considerando un nivel de significancia estadística de 0,05. Finalmente, los resultados fueron interpretados desde una perspectiva educativa y tecnológica, relacionándolos con los aportes teóricos existentes sobre BIM y su incorporación en la educación superior.

La investigación respetó los principios éticos aplicables a estudios desarrollados con participación humana dentro del ámbito educativo. Antes de la aplicación del instrumento, los participantes fueron informados sobre el propósito del estudio, la finalidad académica de la investigación y el tratamiento confidencial de los datos proporcionados. La participación fue voluntaria y cada estudiante tuvo la libertad de aceptar o rechazar su participación sin consecuencias académicas o personales. Asimismo, se garantizó el anonimato de los participantes mediante la eliminación de cualquier dato que permitiera su identificación individual. La información obtenida fue utilizada exclusivamente con fines científicos y académicos, respetando los principios de integridad, transparencia y responsabilidad investigativa. De esta manera, la investigación aseguró condiciones éticas adecuadas durante todas las fases del proceso metodológico.

Resultados y Discusión

La aplicación del instrumento permitió obtener información sobre la percepción de los

estudiantes de arquitectura e ingeniería civil respecto al impacto de la metodología Building Information Modeling (BIM) en su proceso de formación profesional. La muestra analizada estuvo conformada por 152 estudiantes pertenecientes a ambas carreras universitarias, quienes participaron voluntariamente en el estudio y respondieron el cuestionario estructurado diseñado para evaluar las dimensiones asociadas a la metodología BIM y al desarrollo de competencias profesionales.

Los resultados evidenciaron una tendencia favorable hacia la incorporación de BIM dentro de los procesos educativos, destacándose especialmente la percepción positiva relacionada con la integración tecnológica, el trabajo colaborativo y la mejora de las capacidades profesionales. De manera general, los participantes reconocieron que el uso de modelos digitales contribuye a comprender con mayor claridad los procesos de diseño, planificación y coordinación de proyectos constructivos. Estos hallazgos reflejan que BIM es percibido por los estudiantes no únicamente como una herramienta tecnológica, sino como una metodología que transforma las formas tradicionales de aprendizaje en arquitectura e ingeniería civil. En consecuencia, los resultados obtenidos muestran una valoración positiva de la influencia de BIM dentro del proceso formativo universitario.

La variable metodología BIM presentó una valoración global favorable, alcanzando una media general de 4,21 puntos sobre 5, lo que evidencia un alto nivel de aceptación por parte de los estudiantes respecto a la utilidad académica de esta metodología. Dentro de sus dimensiones, la integración tecnológica obtuvo la puntuación promedio más elevada ($M=4,32$), indicando que los estudiantes reconocen la importancia del manejo de plataformas digitales

y modelos tridimensionales como elementos fundamentales para mejorar su aprendizaje. La dimensión gestión de información alcanzó una media de 4,18 puntos, evidenciando que los participantes consideran que BIM favorece la organización, intercambio y actualización de información durante el desarrollo de proyectos académicos. Por otra parte, la dimensión trabajo colaborativo presentó una media de 4,13 puntos, demostrando que los estudiantes identifican beneficios relacionados con la comunicación interdisciplinaria y la coordinación entre diferentes áreas profesionales. Estos resultados muestran que la percepción estudiantil sobre BIM se encuentra asociada principalmente con la mejora de procesos de representación, planificación y colaboración académica. En términos generales, la variable independiente obtuvo niveles elevados de valoración, confirmando la aceptación de BIM como estrategia de innovación educativa.

Tabla 2. Nivel de percepción sobre la metodología BIM.

Dimensión	Media	Nivel de valoración
Integración tecnológica	4,32	Alto
Gestión de información	4,18	Alto
Trabajo colaborativo	4,13	Alto
Variable BIM global	4,21	Alto

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la variable formación profesional, los resultados evidenciaron que los estudiantes consideran que la metodología BIM contribuye significativamente al fortalecimiento de sus competencias académicas y profesionales. La media global obtenida para esta variable fue de 4,25 puntos sobre 5, indicando una percepción positiva respecto al aporte de BIM en su preparación universitaria. La dimensión desarrollo de competencias técnicas alcanzó una media de 4,29 puntos, debido a que los estudiantes manifestaron que el uso de modelos digitales facilita la comprensión de sistemas

constructivos, la interpretación espacial y la aplicación práctica de conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas.

La dimensión aprendizaje colaborativo obtuvo una media de 4,22 puntos, evidenciando que BIM favorece procesos de interacción académica, intercambio de conocimientos y resolución conjunta de problemas. Asimismo, la dimensión preparación profesional alcanzó una valoración promedio de 4,24 puntos, lo que indica que los estudiantes consideran que el aprendizaje basado en BIM incrementa sus posibilidades de adaptación a las exigencias actuales del mercado laboral. Estos resultados permiten establecer que la incorporación de BIM dentro de la formación universitaria genera beneficios relacionados tanto con competencias técnicas como con habilidades transversales necesarias para el desempeño profesional.

Tabla 3. Resultados descriptivos de la formación profesional.

Dimensión	Media	Nivel de valoración
Competencias técnicas	4,29	Alto
Aprendizaje colaborativo	4,22	Alto
Preparación profesional	4,24	Alto
Formación profesional global	4,25	Alto

Fuente: Elaboración propia.

La consistencia interna del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor global de $\alpha=0,934$ para el conjunto de los ítems analizados. Este resultado demuestra que el instrumento presentó un nivel de confiabilidad excelente, evidenciando una adecuada relación entre los ítems que conformaron las dimensiones de las variables estudiadas. De manera específica, la variable metodología BIM obtuvo un coeficiente de $\alpha=0,921$, mientras que la variable formación profesional alcanzó un valor de $\alpha=0,927$. Estos resultados permiten

afirmar que el cuestionario presentó estabilidad y coherencia interna suficiente para medir las percepciones de los estudiantes respecto al fenómeno investigado. La confiabilidad obtenida respalda la pertinencia del instrumento utilizado y proporciona mayor solidez estadística a los resultados derivados de su aplicación. Por tanto, los datos recopilados pueden ser considerados adecuados para realizar los análisis correlacionales planteados en la investigación.

Tabla 4. Confiabilidad del instrumento.

Variable	Alfa de Cronbach	Interpretación
Metodología BIM	0,921	Excelente
Formación profesional	0,927	Excelente
Instrumento completo	0,934	Excelente

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la relación existente entre la metodología BIM y la formación profesional de los estudiantes se aplicó el coeficiente de correlación Rho de Spearman, debido a la naturaleza ordinal de los datos obtenidos mediante escala Likert. Los resultados evidenciaron una correlación positiva alta entre ambas variables ($\rho=0,782$; $p<0,001$), indicando que mayores niveles de incorporación y valoración de BIM se relacionan con mejores percepciones sobre el desarrollo de competencias profesionales. Asimismo, se identificó una relación significativa entre la dimensión integración tecnológica y la formación profesional ($\rho=0,746$; $p<0,001$), demostrando que el dominio de herramientas digitales BIM está asociado con una mayor preparación académica. La dimensión trabajo colaborativo también presentó una correlación significativa ($\rho=0,721$; $p<0,001$), confirmando que los procesos colaborativos promovidos por BIM contribuyen al fortalecimiento de habilidades

comunicativas y profesionales. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis de investigación planteada, debido a que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la metodología BIM influye positivamente en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil. En consecuencia, los hallazgos obtenidos respaldan la importancia de integrar BIM dentro de los procesos curriculares universitarios como estrategia orientada al desarrollo de competencias profesionales.

Tabla 5. Correlación entre variables de estudio

Relación analizada	Rho de Spearman	Significancia	Interpretación
BIM – Formación profesional	0,782	$p<0,001$	Correlación positiva alta
Integración tecnológica – Formación profesional	0,746	$p<0,001$	Correlación positiva alta
Trabajo colaborativo – Formación profesional	0,721	$p<0,001$	Correlación positiva alta

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos evidencian que la metodología BIM representa un factor relevante dentro de los procesos actuales de formación universitaria en arquitectura e ingeniería civil. La percepción favorable de los estudiantes demuestra que BIM contribuye al fortalecimiento de competencias técnicas, digitales y colaborativas necesarias para responder a las demandas del sector constructivo contemporáneo. La elevada confiabilidad del instrumento permitió garantizar la consistencia de las mediciones realizadas y proporcionar mayor validez a los análisis desarrollados. Asimismo, la existencia de relaciones estadísticamente significativas entre las variables confirma que la incorporación de BIM dentro del ámbito educativo genera efectos positivos en la

percepción de preparación profesional de los estudiantes. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan el potencial de BIM como estrategia de innovación pedagógica y herramienta para reducir la brecha entre universidad e industria. Por tanto, la evidencia obtenida respalda la necesidad de fortalecer la integración curricular de BIM dentro de los programas universitarios vinculados con arquitectura e ingeniería civil.

La aplicación del instrumento permitió obtener información sobre la percepción de los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil respecto al impacto de la metodología Building Information Modeling (BIM) en su proceso de formación profesional. La muestra analizada estuvo conformada por 152 estudiantes pertenecientes a ambas carreras universitarias, quienes participaron voluntariamente en el estudio y respondieron el cuestionario estructurado diseñado para evaluar las dimensiones asociadas a la metodología BIM y al desarrollo de competencias profesionales. Los resultados evidenciaron una tendencia favorable hacia la incorporación de BIM dentro de los procesos educativos, destacándose especialmente la percepción positiva relacionada con la integración tecnológica, el trabajo colaborativo y la mejora de las capacidades profesionales.

De manera general, los participantes reconocieron que el uso de modelos digitales contribuye a comprender con mayor claridad los procesos de diseño, planificación y coordinación de proyectos constructivos. Estos hallazgos reflejan que BIM es percibido por los estudiantes no únicamente como una herramienta tecnológica, sino como una metodología que transforma las formas tradicionales de aprendizaje en arquitectura e ingeniería civil. En consecuencia, los resultados

obtenidos muestran una valoración positiva de la influencia de BIM dentro del proceso formativo universitario.

La variable metodología BIM presentó una valoración global favorable, alcanzando una media general de 4,21 puntos sobre 5, lo que evidencia un alto nivel de aceptación por parte de los estudiantes respecto a la utilidad académica de esta metodología. Dentro de sus dimensiones, la integración tecnológica obtuvo la puntuación promedio más elevada ($M=4,32$), indicando que los estudiantes reconocen la importancia del manejo de plataformas digitales y modelos tridimensionales como elementos fundamentales para mejorar su aprendizaje. La dimensión gestión de información alcanzó una media de 4,18 puntos, evidenciando que los participantes consideran que BIM favorece la organización, intercambio y actualización de información durante el desarrollo de proyectos académicos.

Por otra parte, la dimensión trabajo colaborativo presentó una media de 4,13 puntos, demostrando que los estudiantes identifican beneficios relacionados con la comunicación interdisciplinaria y la coordinación entre diferentes áreas profesionales. Estos resultados muestran que la percepción estudiantil sobre BIM se encuentra asociada principalmente con la mejora de procesos de representación, planificación y colaboración académica. En términos generales, la variable independiente obtuvo niveles elevados de valoración, confirmando la aceptación de BIM como estrategia de innovación educativa.

Respecto a la variable formación profesional, los resultados evidenciaron que los estudiantes consideran que la metodología BIM contribuye significativamente al fortalecimiento de sus competencias académicas y profesionales. La

media global obtenida para esta variable fue de 4,25 puntos sobre 5, indicando una percepción positiva respecto al aporte de BIM en su preparación universitaria. La dimensión desarrollo de competencias técnicas alcanzó una media de 4,29 puntos, debido a que los estudiantes manifestaron que el uso de modelos digitales facilita la comprensión de sistemas constructivos, la interpretación espacial y la aplicación práctica de conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas.

Tabla 6. Nivel de percepción sobre la metodología BIM.

Dimensión	Media	Nivel de valoración
Integración tecnológica	4,32	Alto
Gestión de información	4,18	Alto
Trabajo colaborativo	4,13	Alto
Variable BIM global	4,21	Alto

Fuente: Elaboración propia.

La dimensión aprendizaje colaborativo obtuvo una media de 4,22 puntos, evidenciando que BIM favorece procesos de interacción académica, intercambio de conocimientos y resolución conjunta de problemas. Asimismo, la dimensión preparación profesional alcanzó una valoración promedio de 4,24 puntos, lo que indica que los estudiantes consideran que el aprendizaje basado en BIM incrementa sus posibilidades de adaptación a las exigencias actuales del mercado laboral.

Tabla 7. Resultados descriptivos de la formación profesional.

Dimensión	Media	Nivel de valoración
Competencias técnicas	4,29	Alto
Aprendizaje colaborativo	4,22	Alto
Preparación profesional	4,24	Alto
Formación profesional global	4,25	Alto

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados permiten establecer que la incorporación de BIM dentro de la formación universitaria genera beneficios relacionados

tanto con competencias técnicas como con habilidades transversales necesarias para el desempeño profesional. La consistencia interna del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor global de $\alpha=0,934$ para el conjunto de los ítems analizados. Este resultado demuestra que el instrumento presentó un nivel de confiabilidad excelente, evidenciando una adecuada relación entre los ítems que conformaron las dimensiones de las variables estudiadas.

De manera específica, la variable metodología BIM obtuvo un coeficiente de $\alpha=0,921$, mientras que la variable formación profesional alcanzó un valor de $\alpha=0,927$. Estos resultados permiten afirmar que el cuestionario presentó estabilidad y coherencia interna suficiente para medir las percepciones de los estudiantes respecto al fenómeno investigado. La confiabilidad obtenida respalda la pertinencia del instrumento utilizado y proporciona mayor solidez estadística a los resultados derivados de su aplicación. Por tanto, los datos recopilados pueden ser considerados adecuados para realizar los análisis correlacionales planteados en la investigación.

Tabla 8. Confiabilidad del instrumento.

Variable	Alfa de Cronbach	Interpretación
Metodología BIM	0,921	Excelente
Formación profesional	0,927	Excelente
Instrumento completo	0,934	Excelente

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la relación existente entre la metodología BIM y la formación profesional de los estudiantes se aplicó el coeficiente de correlación Rho de Spearman, debido a la

naturaleza ordinal de los datos obtenidos mediante escala Likert. Los resultados evidenciaron una correlación positiva alta entre ambas variables ($\rho=0,782$; $p<0,001$), indicando que mayores niveles de incorporación y valoración de BIM se relacionan con mejores percepciones sobre el desarrollo de competencias profesionales.

Asimismo, se identificó una relación significativa entre la dimensión integración tecnológica y la formación profesional ($\rho=0,746$; $p<0,001$), demostrando que el dominio de herramientas digitales BIM está asociado con una mayor preparación académica. La dimensión trabajo colaborativo también presentó una correlación significativa ($\rho=0,721$; $p<0,001$), confirmando que los procesos colaborativos promovidos por BIM contribuyen al fortalecimiento de habilidades comunicativas y profesionales. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis de investigación planteada, debido a que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la metodología BIM influye positivamente en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil.

En consecuencia, los hallazgos obtenidos respaldan la importancia de integrar BIM dentro de los procesos curriculares universitarios como estrategia orientada al desarrollo de competencias profesionales. Los resultados obtenidos evidencian que la metodología BIM representa un factor relevante dentro de los procesos actuales de formación universitaria en arquitectura e ingeniería civil. La percepción favorable de los estudiantes demuestra que BIM contribuye al fortalecimiento de competencias técnicas, digitales y colaborativas necesarias para responder a las demandas del sector constructivo contemporáneo. La elevada confiabilidad del instrumento permitió

garantizar la consistencia de las mediciones realizadas y proporcionar mayor validez a los análisis desarrollados.

Tabla 9. *Correlación entre variables de estudio.*

Relación analizada	Rho de Spearman	Significancia	Interpretación
BIM – Formación profesional	0,782	$p<0,001$	Correlación positiva alta
Integración tecnológica – Formación profesional	0,746	$p<0,001$	Correlación positiva alta
Trabajo colaborativo – Formación profesional	0,721	$p<0,001$	Correlación positiva alta

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la existencia de relaciones estadísticamente significativas entre las variables confirma que la incorporación de BIM dentro del ámbito educativo genera efectos positivos en la percepción de preparación profesional de los estudiantes. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan el potencial de BIM como estrategia de innovación pedagógica y herramienta para reducir la brecha entre universidad e industria. Por tanto, la evidencia obtenida respalda la necesidad de fortalecer la integración curricular de BIM dentro de los programas universitarios vinculados con arquitectura e ingeniería civil.

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la metodología Building Information Modeling (BIM) posee una influencia significativa en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, particularmente en el fortalecimiento de competencias técnicas, habilidades colaborativas y preparación para el desempeño profesional. La correlación positiva alta identificada entre la implementación de BIM y

la formación profesional permite interpretar que aquellos estudiantes que tienen mayor contacto con entornos de aprendizaje basados en modelos digitales colaborativos presentan una percepción más favorable sobre el desarrollo de sus capacidades académicas y profesionales. Estos hallazgos coinciden con los planteamientos de Eastman et al. (2018), quienes sostienen que BIM constituye una metodología capaz de integrar información multidisciplinaria y favorecer procesos de aprendizaje orientados hacia la resolución de problemas reales del sector constructivo. En este sentido, los resultados confirman que BIM supera la concepción tradicional de una herramienta tecnológica limitada al modelado tridimensional, consolidándose como un enfoque metodológico que transforma la manera en que los estudiantes comprenden, analizan y gestionan proyectos de construcción. Desde esta perspectiva, la incorporación de BIM dentro de la educación superior representa una estrategia de innovación pedagógica que permite aproximar los procesos académicos a las dinámicas profesionales actuales de la industria AEC.

La valoración elevada obtenida en la dimensión de integración tecnológica demuestra que los estudiantes reconocen la importancia del dominio de herramientas digitales como parte esencial de su formación profesional. Este resultado coincide con los estudios desarrollados por Hu (2019), quien señala que la utilización de BIM dentro de ambientes educativos favorece la comprensión espacial, la visualización de sistemas constructivos y la aplicación práctica de conocimientos técnicos mediante escenarios digitales interactivos. La percepción positiva de los estudiantes puede explicarse debido a que los modelos BIM permiten representar de manera más clara la relación existente entre elementos

arquitectónicos, estructurales y tecnológicos, facilitando procesos cognitivos que resultan complejos mediante metodologías tradicionales basadas exclusivamente en planos bidimensionales.

Asimismo, los resultados se relacionan con los aportes de Succar (2009), quien plantea que BIM implica una transformación integral donde convergen tecnología, procesos organizacionales y competencias humanas, por lo que su enseñanza debe orientarse hacia la comprensión de flujos de información y no únicamente hacia el aprendizaje operativo de programas informáticos. En consecuencia, los resultados obtenidos evidencian que la alfabetización digital vinculada con BIM constituye un componente indispensable dentro del perfil profesional de los futuros arquitectos e ingenieros civiles.

En relación con la dimensión de trabajo colaborativo, los resultados muestran que BIM favorece la interacción académica y el aprendizaje interdisciplinario entre estudiantes. Este hallazgo coincide con lo señalado por Pikas et al. (2013), quienes destacan que la enseñanza de BIM permite desarrollar competencias relacionadas con la comunicación, coordinación y colaboración entre diferentes áreas profesionales, debido a que los proyectos constructivos requieren actualmente una visión integrada entre múltiples disciplinas.

La metodología BIM genera espacios educativos donde los estudiantes dejan de trabajar de manera aislada y comienzan a participar en procesos similares a los desarrollados en equipos profesionales de diseño y construcción. Desde la perspectiva del aprendizaje sociocultural, estos resultados pueden interpretarse considerando que el

conocimiento se fortalece mediante la interacción con otros participantes, el intercambio de ideas y la construcción colectiva de soluciones (Vygotsky, 1978). Por ello, la implementación de BIM en la educación superior no solo aporta competencias técnicas, sino que también desarrolla habilidades comunicativas y sociales necesarias para enfrentar proyectos complejos dentro del sector constructivo.

Los resultados relacionados con la formación profesional evidencian que los estudiantes perciben BIM como un elemento que incrementa su preparación para incorporarse al mercado laboral. Esta percepción coincide con las investigaciones de Kassem y Succar (2017), quienes señalan que la creciente adopción de BIM en organizaciones públicas y privadas ha generado una demanda de profesionales capaces de gestionar información digital, coordinar equipos multidisciplinarios y participar en procesos constructivos basados en estándares tecnológicos internacionales. En este sentido, la universidad cumple un papel fundamental al reducir la distancia existente entre las competencias adquiridas durante la formación académica y las capacidades requeridas por el entorno profesional.

Los resultados obtenidos sugieren que BIM puede actuar como un puente entre la educación superior y la industria, permitiendo que los estudiantes desarrollen competencias aplicables directamente en contextos laborales reales. Esta relación adquiere especial importancia en países donde la transformación digital del sector construcción avanza progresivamente y requiere profesionales preparados para asumir nuevos roles dentro de proyectos inteligentes y colaborativos. La confiabilidad elevada obtenida mediante el instrumento aplicado demuestra que las dimensiones seleccionadas

fueron adecuadas para evaluar la percepción estudiantil sobre el impacto de BIM en su formación académica. Este resultado fortalece la consistencia metodológica del estudio y permite considerar que las variables analizadas representan adecuadamente los componentes esenciales relacionados con la implementación educativa de BIM.

La literatura especializada sostiene que la evaluación de competencias BIM requiere instrumentos multidimensionales que consideren aspectos tecnológicos, cognitivos, colaborativos y profesionales, debido a que la metodología no puede ser reducida únicamente al manejo de software (Barison & Santos, 2010). Desde esta perspectiva, la estructura utilizada en la investigación permitió abordar BIM desde una visión integral, considerando tanto sus componentes tecnológicos como sus implicaciones educativas. Por tanto, los resultados aportan evidencia sobre la importancia de diseñar instrumentos de evaluación que permitan comprender el verdadero impacto de BIM dentro de los procesos formativos universitarios.

Aunque los resultados muestran una influencia positiva de BIM en la formación de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, es necesario considerar que la incorporación efectiva de esta metodología requiere superar diversas limitaciones institucionales relacionadas con la capacitación docente, actualización curricular, disponibilidad tecnológica y construcción de una cultura colaborativa dentro de las universidades. Investigaciones previas han señalado que uno de los principales obstáculos para la implementación educativa de BIM corresponde a la falta de preparación del profesorado y a la ausencia de estrategias curriculares integrales que articulen diferentes asignaturas alrededor de proyectos

colaborativos (Barison & Santos, 2010; Sacks et al., 2018). En consecuencia, los resultados obtenidos no deben interpretarse únicamente como evidencia de los beneficios de BIM, sino también como una llamada de atención sobre la necesidad de desarrollar políticas universitarias sostenibles que garanticen una implementación adecuada. La formación BIM requiere una visión institucional donde tecnología, pedagogía y currículo evolucionen de manera conjunta para alcanzar resultados significativos.

En términos generales, los hallazgos de esta investigación contribuyen al debate académico sobre la transformación digital de la educación superior vinculada con la arquitectura y la ingeniería civil. La evidencia obtenida confirma que BIM puede desempeñar un papel estratégico en la formación de profesionales capaces de responder a las exigencias de una industria constructiva cada vez más digitalizada, colaborativa y orientada hacia la gestión eficiente de información. El aporte principal del estudio radica en demostrar que la influencia de BIM no se limita al aprendizaje tecnológico, sino que comprende dimensiones relacionadas con competencias profesionales, aprendizaje colaborativo y preparación laboral. Estos resultados respaldan la necesidad de continuar investigando la integración de BIM en diferentes contextos universitarios, especialmente en instituciones latinoamericanas donde aún existe una brecha entre las demandas del sector productivo y los modelos tradicionales de formación profesional.

Conclusiones

La investigación permitió determinar que la metodología Building Information Modeling (BIM) representa un factor relevante dentro de los procesos actuales de formación universitaria en arquitectura e ingeniería civil, debido a su

capacidad para integrar conocimientos técnicos, competencias digitales y habilidades colaborativas necesarias para responder a las exigencias del sector constructivo contemporáneo. Los resultados evidenciaron que BIM trasciende la concepción tradicional de una herramienta tecnológica orientada únicamente al modelado tridimensional, consolidándose como una metodología integral que transforma las formas de aprendizaje, comunicación y gestión de información dentro de los proyectos académicos.

En este sentido, la incorporación de BIM en la educación superior favorece una formación más cercana a los escenarios profesionales reales, donde la coordinación interdisciplinaria, la toma de decisiones basada en información digital y la capacidad de resolver problemas complejos constituyen competencias fundamentales. Por ello, la investigación confirma que la enseñanza de BIM debe abordarse desde una perspectiva metodológica y pedagógica amplia, integrando tecnología, currículo y estrategias de aprendizaje activo.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que existe una relación significativa entre la implementación de BIM y el fortalecimiento de las competencias profesionales de los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil. La metodología contribuye al desarrollo de capacidades relacionadas con la interpretación espacial, la gestión de información técnica, la coordinación entre disciplinas y la planificación integral de proyectos constructivos. Asimismo, se identificó que los estudiantes valoran positivamente el uso de entornos digitales colaborativos porque facilitan la comprensión de contenidos complejos y permiten aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas similares a las que enfrentarán durante su ejercicio profesional. En consecuencia, BIM

constituye una estrategia educativa que favorece la articulación entre la formación académica universitaria y las demandas actuales de la industria AEC, reduciendo progresivamente la brecha existente entre las competencias desarrolladas en las aulas y las habilidades requeridas por el mercado laboral.

De igual manera, se concluye que uno de los principales aportes de BIM dentro del proceso formativo corresponde al fortalecimiento del aprendizaje colaborativo y la construcción colectiva del conocimiento. La naturaleza interdisciplinaria de esta metodología genera espacios donde los estudiantes deben comunicarse, coordinar actividades, analizar información compartida y plantear soluciones conjuntas frente a problemas relacionados con el diseño y la construcción. Esta característica convierte a BIM en una herramienta pedagógica alineada con los enfoques contemporáneos de aprendizaje activo, aprendizaje basado en proyectos y formación por competencias. Por tanto, su incorporación curricular no debe limitarse a asignaturas específicas relacionadas con software o representación digital, sino que debe promover experiencias integradoras donde diferentes áreas del conocimiento trabajen articuladamente mediante proyectos académicos complejos.

La investigación también permite concluir que la incorporación efectiva de BIM en las instituciones de educación superior requiere una planificación estratégica que considere aspectos tecnológicos, académicos y organizacionales. La disponibilidad de infraestructura digital, la actualización permanente del profesorado, la revisión de los planes de estudio y la generación de ambientes colaborativos constituyen condiciones necesarias para garantizar una implementación sostenible de esta metodología. En este sentido, las universidades tienen el

desafío de superar modelos tradicionales de enseñanza centrados en la transmisión de conocimientos aislados y avanzar hacia modelos formativos donde las tecnologías digitales sean utilizadas como medios para desarrollar competencias profesionales superiores. La adopción de BIM debe comprenderse como un proceso institucional de transformación educativa y no únicamente como la incorporación de nuevas herramientas informáticas dentro del aula.

Desde una perspectiva científica, el estudio aporta evidencia sobre la importancia de analizar BIM desde dimensiones educativas y profesionales, ampliando la visión predominante que concentra su estudio en aspectos técnicos vinculados con la industria de la construcción. Los hallazgos permiten comprender que el verdadero impacto de BIM en la educación superior se encuentra relacionado con su capacidad para modificar procesos cognitivos, fortalecer competencias profesionales y generar experiencias de aprendizaje contextualizadas. En consecuencia, la investigación contribuye al campo de conocimiento sobre innovación educativa y transformación digital, proporcionando fundamentos para futuras investigaciones orientadas a evaluar modelos curriculares BIM en diferentes contextos universitarios, especialmente en instituciones latinoamericanas donde su implementación aún se encuentra en proceso de consolidación.

Se concluye que la metodología BIM constituye una alternativa estratégica para fortalecer la calidad de la formación de futuros arquitectos e ingenieros civiles, al proporcionar herramientas conceptuales, tecnológicas y colaborativas acordes con las necesidades de la construcción contemporánea. Su integración dentro de los programas académicos puede favorecer la

formación de profesionales con mayor capacidad de adaptación, pensamiento crítico y dominio de procesos digitales aplicados al desarrollo de proyectos. Sin embargo, su impacto dependerá de la existencia de políticas institucionales, estrategias pedagógicas adecuadas y compromiso permanente de docentes y estudiantes. Por ello, se recomienda continuar desarrollando investigaciones que profundicen en la evaluación longitudinal de BIM dentro de la educación superior y analicen su influencia en el desempeño académico y profesional de los egresados.

Referencias Bibliográficas

- Barison, M., & Santos, E. (2010). BIM teaching strategies: An overview of the current approaches. En W. Tizani (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE)* (pp. 577–584). Nottingham University Press.
<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf>
- Bartels, N., & Hahne, K. (2023). Teaching Building Information Modeling in the metaverse—An approach based on quantitative and qualitative evaluation of the students perspective. *Buildings*, 13(9), 2198.
<https://doi.org/10.3390/buildings13092198>
- Besné, A., Pérez, M., Necchi, S., Peña, E., Fonseca, D., Navarro, I., & Redondo, E. (2021). A systematic review of current strategies and methods for BIM implementation in the academic field. *Applied Sciences*, 11(12), 5530.
<https://doi.org/10.3390/app11125530>
- Bolpagni, M., Gavina, R., & Ribeiro, D. (Eds.). (2022). *Industry 4.0 for the built environment: Methodologies, technologies and skills*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3>
- Cronbach, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334.
<https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows* (2nd ed.). Sybex.
<https://www.wiley.com/en-us/BIM+and+Construction+Management%3A+A+Proven+Tools%2C+Methods%2C+and+Workflows%2C+2nd+Edition-p-9781118942765>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2.^a ed.). McGraw-Hill Education.
<https://www.mheducation.com/>
- Hu, M. (2019). BIM-enabled pedagogy approach: Using BIM as an instructional tool in technology courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 145(1), 04018019.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000398](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000398)
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 1: Concepts and principles*. ISO.
<https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Jonassen, D. (1999). Designing constructivist learning environments. En C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. II, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum Associates.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=800372>
- Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286–299.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
<https://search.worldcat.org/title/9555621>
- Ma, J., & Tao, Y. (2023). Learning outcomes of civil engineering students in PBL based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging*

- Technologies in Learning*, 18(7), 89–102.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v18i07.38701>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/93/pdf/n1529193.pdf>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *OECD Skills Outlook 2021: Learning for life*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/0ae365b4-en>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
<https://books.google.com/books?id=VR1btAEACAAJ>
- Pikas, E., Sacks, R., & Hazzan, O. (2013). Building Information Modeling education for construction engineering and management. II: Procedures and implementation case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), 05013002.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000765](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000765)
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119287568>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Autodesk Foundation.
https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias: Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (4.^a ed.). Ecoe Ediciones.
<https://www.ecoediciones.com/productos/formato/ebooks/ebook-formacion-integral-y-competencias/>
- UNESCO. (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707_spa
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Wang, L., Huang, M., Zhang, X., Jin, R., & Yang, T. (2020). Review of BIM adoption in the higher education of AEC disciplines. *Journal of Civil Engineering Education*, 146(3), 06020001.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000018](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000018)
- World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. World Economic Forum.
<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Miguel Ángel Miño Sabando y Katherine Aracely Coppiano Cortez.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo
Contribución de los autores (Taxonomía CRediT) Miguel Ángel Miño Sabando: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio. Katherine Aracely Coppiano Cortez: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.
Declaración de conflicto de intereses Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.
Declaración de financiamiento La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.
Declaración del editor El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.
Declaración de los revisores Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.
Declaración ética de la investigación Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.
Declaración sobre el uso de inteligencia artificial Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.
Disponibilidad de datos Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

