



Modelado de información de construcción y sostenibilidad: un análisis de su estructura temática

Building and sustainability information modeling: An analysis of its thematic structure

Alejandro Roberto Issais Gutiérrez¹, Julio Cesar Martínez Espinosa²

¹ Instituto Tecnológico de Zacatecas, México.

Email: issais@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0102-5165>.

Autor correspondiente.

² Universidad Internacional Iberoamericana, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4041-9426>.

RESUMEN

Objetivo. Se realizó un análisis temático la intersección entre el modelado de información de construcción (BIM, en inglés) y la sostenibilidad, teniendo en cuenta perspectivas empresariales, académicas y científicas. Se llevó a cabo un análisis detallado de la relación entre BIM y sostenibilidad para contextualizar su desarrollo en estos ámbitos específicos.

Diseño/Metodología/Enfoque. Se realizó una búsqueda en Scopus utilizando las palabras clave: "modelado de información de construcción" y "sostenibilidad". Para el análisis temático, se utilizó la herramienta bibliométrica VOSviewer, empleando un enfoque que combina el análisis conjunto de palabras y el índice-h. Esta elección permitió visualizar de manera efectiva los diagramas y las áreas temáticas de todas las publicaciones disponibles de forma accesible.

Resultados/Discusión. Se identificaron cuatro grupos temáticos: *nuevas tecnologías y sus aplicaciones, construcción sostenible, sostenibilidad y eficiencia energética, y gestión del ciclo de vida y entorno*. Se evidenció una tendencia hacia una mayor integración y sinergia entre el BIM y la sostenibilidad. Se presentaron y discutieron las cinco principales líneas de investigación alrededor de estas temáticas, las cuales fueron: *desarrollo de metodologías de evaluación de la sostenibilidad basadas en BIM, optimización del ciclo de vida de los edificios mediante BIM, innovación en materiales y tecnologías sostenibles, modelado de la resiliencia y adaptabilidad de los edificios, y estándares y normativas para la sostenibilidad en BIM*.

Conclusiones. El futuro se centra en el BIM y la sostenibilidad debido a su capacidad para optimizar la eficiencia en la construcción, reducir residuos y promover prácticas respetuosas con el medio ambiente, creando entornos más sostenibles.

Keywords: modelado de información de construcción; sostenibilidad; arquitectura; bibliometría; análisis temático; dirección de proyectos.

Recibido: 11-11 -2023. **Aceptado:** 19-02-2024. **Publicado:** 21-02-2024

Editor: Adilson Luiz-Pinto

Cómo citar: Gutiérrez, A. R. I., & Espinosa, J. C. M. (2024). Building and sustainability information modeling: An analysis of its thematic structure. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*; 2(1), 1-15. DOI: 10.47909/ijsmc.98

Copyright: © 2024 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the CC BY-NC 4.0 license which permits copying and redistributing the material in any medium or format, adapting, transforming, and building upon the material as long as the license terms are followed.

ABSTRACT

Objective. This study examines bibliographic production that addresses the intersection between building information modeling (BIM) and sustainability, considering business, academic, and scientific perspectives. The main objective is to analyze the relationship between BIM and sustainability to contextualize their development in these fields.

Design/Methodology/Approach. A search was conducted in the Scopus database using the keywords "building information modeling" and "sustainability". The VOSviewer bibliometric tool was selected for thematic analysis, combining co-word analysis and the h-index. This methodology enabled the effective visualization of diagrams and thematic areas in all available publications.

Results/Discussion. Four thematic groups were identified: *new technologies and their applications, sustainable construction, sustainability and energy efficiency, and life cycle and environment management*. A trend towards greater integration and synergy between BIM and sustainability was evident. The five main research lines around these topics were presented and discussed, which were: *development of sustainability assessment methodologies based on BIM, optimization of the life cycle of buildings through BIM, innovation in sustainable materials and technologies, modeling of the resilience and adaptability of buildings, and standards and regulations for sustainability in BIM*.

Conclusions. The future is oriented towards BIM and sustainability due to their capacity to optimize construction efficiency, reduce waste, and promote sustainable practices.

Keywords: building information modeling; sustainability; architecture; bibliometrics; thematic analysis; project management.

INTRODUCCIÓN

LA SITUACIÓN actual de la ingeniería, arquitectura y gestión de proyectos se caracteriza por una serie de desafíos y oportunidades que han surgido en un entorno cada vez más complejo y dinámico. En un mundo donde la urbanización, la tecnología y las demandas de sostenibilidad están en constante evolución, los profesionales de estas disciplinas se enfrentan a retos significativos que requieren soluciones innovadoras y eficientes (Carvalho *et al.*, 2021; Manzoor *et al.*, 2021; Mellado & Lou, 2020). Uno de los principales desafíos es la creciente complejidad de los proyectos, que a menudo implican múltiples disciplinas, equipos dispersos geográficamente y requisitos técnicos sofisticados. Esta complejidad puede dar lugar a problemas de coordinación, comunicación y gestión de información; lo que a su vez puede afectar negativamente la calidad, el costo y el cronograma de un proyecto. La diversidad de disciplinas involucradas, como la ingeniería civil, estructural, eléctrica y mecánica, junto con la arquitectura y el diseño, requiere una estrecha colaboración y coordinación entre equipos diversos, lo que puede ser un desafío logístico y organizativo (Patel & Ruparathna, 2023).

Además, existe una creciente presión para mejorar la eficiencia y reducir los costos en

todos los aspectos del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y la operación. Los presupuestos y los plazos ajustados hacen que sea más importante que nunca optimizar los recursos y minimizar los desperdicios en todas las etapas del proceso. Los avances en la tecnología de la construcción, como la prefabricación, la impresión 3D y los materiales de construcción innovadores, ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y reducir los costos en la construcción de edificios y estructuras (Pan *et al.*, 2023).

Al mismo tiempo, la creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la necesidad de mitigar el impacto ambiental de las actividades de construcción y desarrollo urbano plantean nuevos desafíos y oportunidades para los profesionales de la ingeniería y la arquitectura. La búsqueda de diseños más sostenibles, materiales eco-amigables y prácticas de construcción más eficientes se ha convertido en una prioridad para muchos proyectos en todo el mundo. Los avances en tecnologías verdes, como la energía solar, eólica y geotérmica, así como en sistemas de gestión de recursos y la gestión de agua y residuos, están transformando la forma en que se diseñan y construyen los edificios para minimizar su huella ambiental y maximizar su eficiencia energética (Aranda *et al.*, 2020; Zulkefli *et al.*, 2020).

En este contexto, ha surgido una herramienta fundamental para abordar estos desafíos y capitalizar las oportunidades emergentes en la industria de la construcción y el diseño, conocida como modelado de información de construcción (BIM, en inglés). BIM es un enfoque colaborativo basado en modelos para el diseño, la construcción y la gestión de activos de construcción, que utiliza una base de datos digital centralizada para generar y gestionar información detallada sobre un proyecto a lo largo de su ciclo de vida (Ahmad & Thaheem, 2022; Khahro *et al.*, 2021). Al permitir a los equipos trabajar en un entorno digital unificado, BIM facilita la colaboración multidisciplinaria, la coordinación de tareas y la comunicación entre todas las partes interesadas, desde arquitectos e ingenieros hasta contratistas y propietarios. Esto ayuda a reducir los errores y las discrepancias durante la fase de diseño, minimizando así los costos y retrasos en la construcción. La capacidad de visualizar un proyecto en 3D y explorar diferentes escenarios de diseño ayuda a identificar y resolver problemas de diseño antes de que se conviertan en problemas durante la construcción (Mellado & Lou, 2020).

Además, el BIM permite a los profesionales realizar análisis avanzados y simulaciones para evaluar el rendimiento energético, la eficiencia estructural y otros aspectos clave del proyecto antes de que se inicie la construcción, lo que puede ayudar a optimizar el diseño y mejorar la sostenibilidad del proyecto. La capacidad de compartir y acceder a información actualizada y precisa en tiempo real a lo largo del ciclo de vida del proyecto también mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa, lo que puede resultar en proyectos más rentables y exitosos (Nguyen & Sharmak, 2021). Otra ventaja importante del BIM es su capacidad para mejorar la coordinación y la colaboración entre todos los participantes del proyecto, desde el diseño inicial hasta la construcción y la operación. Al permitir que todos los miembros del equipo trabajen en un modelo centralizado y compartido, el BIM ayuda a evitar conflictos y problemas de coordinación que pueden surgir cuando se utilizan múltiples sistemas y plataformas de diseño. Esto mejora la comunicación y la colaboración entre equipos diversos, lo que a su vez puede mejorar la calidad y la eficiencia del proyecto en su conjunto (Alasmari *et al.*, 2022).

Sin embargo, a pesar de su creciente adopción, el BIM sigue evolucionando, lo que sugiere la necesidad de identificar y comprender las principales aplicaciones e investigaciones que se están llevando a cabo en torno a este concepto en el ámbito académico, científico y tecnológico, a fin de poder consolidar su adopción. Para ello, la utilización de herramientas bibliométricas se presenta como una estrategia clave para este propósito, permitiendo analizar de manera sistemática y cuantitativa la producción científica y académica relacionada con BIM (Rahim *et al.*, 2021).

En primer lugar, es importante destacar que el BIM abarca una amplia gama de aplicaciones y áreas de investigación. Desde su introducción, ha sido utilizado en el diseño arquitectónico, la ingeniería estructural, la gestión de la construcción, la planificación urbana, la gestión de instalaciones y muchos otros campos relacionados con el entorno construido. En el ámbito académico, los investigadores han explorado diversas facetas del BIM, desde su impacto en la eficiencia y calidad del diseño hasta su influencia en la colaboración interdisciplinaria y la toma de decisiones en el ciclo de vida del proyecto (Nguyen & Sharmak, 2021; Pan *et al.*, 2023; Patel & Ruparathna, 2023). Una aplicación clave del BIM en el ámbito académico es su uso como herramienta de enseñanza y aprendizaje en programas de arquitectura, ingeniería y construcción. Muchas universidades han incorporado la enseñanza del BIM en sus planes de estudio para preparar a los futuros profesionales para el uso de esta tecnología en la práctica. Además, la investigación académica ha explorado cómo integrar el BIM en el currículo educativo de manera efectiva y cómo evaluar su impacto en el desarrollo de habilidades y competencias entre los estudiantes (Al Hattab, 2021; Pan *et al.*, 2023).

En el ámbito científico, la investigación sobre el BIM se ha centrado en áreas como la interoperabilidad de datos, la estandarización de procesos, la integración de tecnologías emergentes (como la realidad aumentada y la inteligencia artificial) y la evaluación de su impacto en la sostenibilidad y la resiliencia de los proyectos construidos. Los investigadores han desarrollado modelos y metodologías para mejorar la colaboración y la comunicación entre los

diferentes actores del proyecto, así como para optimizar el flujo de trabajo y la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Ahmad & Thaheem, 2022; Alasmari *et al.*, 2022). En el ámbito tecnológico, el BIM ha impulsado el desarrollo de software especializado, herramientas de visualización avanzada, plataformas de colaboración en la nube y soluciones de análisis de datos para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria de la construcción. La investigación tecnológica se ha centrado en mejorar la interoperabilidad entre diferentes plataformas de software BIM, así como en desarrollar algoritmos y técnicas para la automatización de tareas y la optimización del diseño y la construcción (Nguyen & Shar-mak, 2021).

En este sentido, para establecer un marco de referencia, los expertos recomiendan la utilización de herramientas bibliométricas, ya que estas permiten identificar tendencias, patrones y áreas de investigación emergentes en el campo del BIM. Mediante el análisis de bases de datos bibliográficas y la aplicación de métricas como el número de publicaciones, citas, colaboraciones institucionales y palabras clave más frecuentes, es posible obtener una visión panorámica de la producción académica y científica relacionada con BIM. Esto permite a los investigadores y profesionales identificar áreas de investigación prometedoras, colaboradores potenciales y oportunidades de desarrollo profesional (Al Hattab, 2021; Casas-Va-ladez *et al.*, 2020; Furstenau *et al.*, 2020; López-Robles *et al.*, 2019; da Silva Justino *et al.*, 2021; Medina-Rodríguez *et al.*, 2020; Ote-gi-Olaso *et al.*, 2019).

En conclusión, el BIM representa una herramienta poderosa y en evolución para la ingeniería, arquitectura y gestión de proyectos. A través del análisis bibliométrico, será posible identificar las principales aplicaciones e investigaciones en torno a este concepto, proporcionando información valiosa para investigadores, profesionales y tomadores de decisiones en el campo de la construcción y el diseño. La investigación continua en este campo contribuirá a impulsar la innovación, mejorar la eficiencia y promover prácticas más sostenibles en la industria de la construcción (Álvarez-Diez & López-Robles, 2022; Pinto *et al.*, 2022; Robles, 2022).

METODOLOGÍA

Las herramientas y técnicas bibliométricas son fundamentales para describir la estructura y evolución de un campo de conocimiento (Var-mazyar *et al.*, 2023; González-Argote, 2022a,b; 2023). También son útiles para medir la calidad académica, científica y productiva, identificando tendencias y actores clave en el desarrollo del conocimiento (de Araújo Telmo *et al.*, 2021; Andrade Gontijo *et al.*, 2022; Ledesma y Peralta-González, 2022; Auza-Santiváñez *et al.*, 2023; Horta-Martínez y Sorá-Rodríguez, 2023). La bibliometría se divide en el análisis del desempeño y los mapas de relaciones científicas. El análisis del desempeño evalúa el impacto de las publicaciones mediante citas y su evolución temporal, mientras que los mapas de relaciones visualizan las interconexiones entre documentos, palabras clave y autores, revelando relaciones ocultas entre conceptos de interés científico (López-Robles *et al.*, 2020; van-Eck & Waltman, 2010).

Para analizar la temática objeto de estudio, se utilizó VOSviewer. La extracción de datos se hizo en Scopus mediante la siguiente estrategia de búsqueda: TITLE-ABS-KEY("Building Information Modeling") AND TITLE-ABS-KEY("sustainab*") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"ENGI")). Se recuperaron 838 publicaciones desde 2005 hasta 2023. Los mapas de relaciones bibliométricas son herramientas valiosas para organizar y analizar información científica, facilitando la visualización y clasificación de temas complejos. Se identificaron temas relevantes presentes en al menos diez publicaciones, agrupándolos para identificar campos de aplicación emergentes. Estos grupos se ordenaron según su importancia y se representaron con colores distintivos. Es esencial considerar que la relación entre los temas puede ser interna o externa a los grupos, reflejando cómo un tema puede influir en otros. Esta relación debe evaluarse considerando su frecuencia, ya que el equilibrio entre ocurrencias y conexiones refleja la relevancia del tema para la investigación en el área.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se evidencia la presencia de países líderes a nivel internacional que están realizando

inversiones significativas en el ámbito del BIM y sostenibilidad. Reconocen los beneficios ambientales y económicos que estos sectores ofrecen, y comprenden que el potencial reside en la construcción de una economía más sustentable y en la capacidad de liderar la transición hacia

un futuro energético más limpio y respetuoso con el medio ambiente. Estos esfuerzos no solo pueden impulsar la creación de empleo, sino también estimular la innovación en tecnologías relacionadas con la construcción, generando así beneficios adicionales y atractivos.

Indicador	(Publicaciones) Descripción
Autores más productivos	(15) Marzouk, M. (10) Liu, Z.; Osmani, M.; Othman, I. (8) Haddad, A. (7) Alwan, Z.; Chan, D.W.M.; Demian, P.; Gardezi, S.S.S.; Mateus, R. (6) Bragança, L.; Carvalho, J.P.; Jalaei, F.; Kaewunruen, S.; Llatas, C.; Lu, K.; Mandičák, T.; Oke, A.E.; Shafiq, N.; Soust-Verdaguer, B.; Tam, V.W.Y.
Países más productivos	(122) Reino Unido (115) China (77) Estados Unidos de América; Malasia (57) Italia (56) Australia
Organizaciones más productivas	(22) Universidad del Cairo (21) Universidad Teknologi PETRONAS (20) Universidad Politécnica de Hong Kong (17) Universidad de Loughborough (15) UNSW Sidney
Principales fuentes	(117) Sustainability Switzerland (48) Buildings (33) Automation in Construction (28) Journal of Cleaner Production (25) Journal of Building Engineering
Principales áreas de conocimiento	(584) Ingeniería (266) Ciencias medioambientales (228) Ciencias Sociales (212) Energía (165) Informática

Tabla 1. Rendimiento bibliométrico sobre el BIM y sostenibilidad según Scopus.

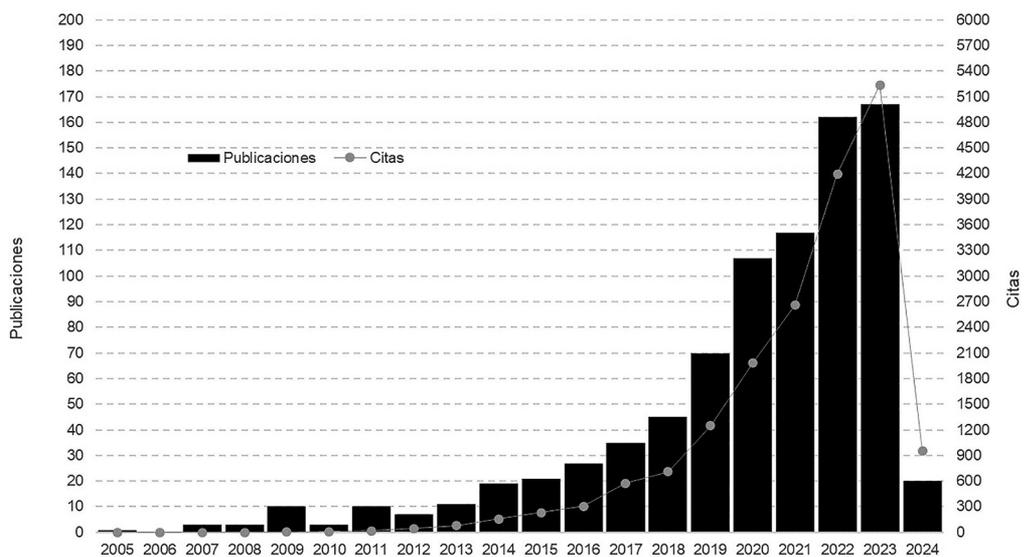


Figura 1. Distribución de citas y publicaciones relacionadas con la producción de Building Information Modeling y Sostenibilidad según Scopus.

En términos del grupo de *nuevas tecnologías y sus aplicaciones*, destacan por su ocurrencia y relaciones aspectos relacionados con la gestión de la información, aspectos asociados a la sostenibilidad y el propio diseño arquitectónico (Tabla 2). Es fundamental destacar la relevancia de las nuevas tecnologías y sus aplicaciones en la gestión integral de la información en el sector de la construcción, ya que aspectos como la interoperabilidad de los datos, la modelización tridimensional y la gestión eficiente de la información emergen como pilares fundamentales para impulsar prácticas más sostenibles en el diseño arquitectónico y la planificación de proyectos.

Además, la integración de herramientas del BIM permite no solo una mejor comprensión y visualización de los proyectos, sino también

una optimización en la toma de decisiones orientadas hacia la eficiencia energética, el uso responsable de los recursos y la reducción del impacto ambiental. Asimismo, la gestión de la información en el contexto de BIM facilita la implementación de estrategias de diseño sostenible, como la selección de materiales ecoeficientes, la evaluación del ciclo de vida de los edificios y la simulación de su desempeño ambiental. En este sentido, la sinergia entre BIM y sostenibilidad se manifiesta en la capacidad de las nuevas tecnologías para potenciar la integración de aspectos ambientales y sociales en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto arquitectónico, contribuyendo así a la creación de entornos construidos más resilientes y respetuosos con el medio ambiente.

Descripción	Ocurrencias	Vínculos
Nuevas tecnologías y sus aplicaciones	1,289	7,256
architectural design	398	2,317
sustainability assessment	238	1,114
information management	233	1,498
decision support systems	105	727
virtual and augmented reality modeling	51	284
recycling and waste management	45	245
circular economy	24	123
built environment	22	109
facilities management	22	62
digital twin	20	78
computer aided design	18	104
computer simulation	17	81
internet of things	17	84
geographic information systems	16	80
smart maintenance	15	81
construction material	13	71
data integration	13	84
artificial intelligence	11	50
information systems	11	64

Tabla 2. Estructura del grupo *Nuevas tecnologías y sus aplicaciones*.

Asimismo, el segundo grupo con mayor impacto es el de *construcción sostenible*, el cual aborda aspectos relacionados con el propio sector de la construcción y la capacidad para aprovechar, mantener y recuperar construcciones existentes, desde la optimización de los proyectos (Tabla 3). Este grupo aborda una

amplia gama de aspectos relacionados con la edificación y su capacidad para promover prácticas más responsables y eficientes desde el punto de vista ambiental y social, tomando en cuenta que la construcción sostenible se centra en maximizar la eficiencia de los recursos, minimizar el desperdicio y reducir el

impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos. Desde la etapa de diseño hasta la gestión de la construcción y el mantenimiento de las edificaciones, se busca optimizar cada fase para garantizar la máxima sostenibilidad y resiliencia. Esto implica no solo la incorporación de tecnologías y materiales ecoeficientes, sino también la adopción de prácticas de construcción innovadoras que fomenten la reutilización, la conservación de energía y el uso responsable de los recursos naturales.

En este sentido, el BIM juega un papel crucial al proporcionar herramientas y metodologías que permiten la planificación y ejecución

de proyectos de construcción sostenible de manera más efectiva y colaborativa. Al integrar información detallada sobre los aspectos ambientales y de rendimiento de los edificios en modelos del BIM, los profesionales pueden evaluar y optimizar el impacto ambiental de sus diseños, anticipar posibles problemas y tomar decisiones informadas que promuevan la sostenibilidad a lo largo de todo el proceso constructivo. De esta manera, el grupo de *construcción sostenible* dentro del contexto de BIM no solo impulsa la eficiencia y la calidad en la construcción, sino que también contribuye a la creación de entornos construidos más responsables y resilientes a largo plazo.

Descripción	Ocurrencias	Vínculos
Construcción sostenible	898	5,161
building construction	230	1,276
building industry	196	1,127
design and construction method	72	454
multiobjective optimization	53	335
cost benefit analysis	51	358
structural design	51	397
sustainable construction	49	254
historic preservation	28	115
construction projects	27	164
retrofitting	22	98
developing countries	16	81
domotic technology	16	95
lean construction	12	52
construction method	11	52
cultural heritage	11	28
data acquisition	11	57
genetic algorithms	11	101
modular construction	11	54
construction management	10	30
information technology	10	33

Tabla 3. Estructura del grupo *Construcción sostenible*.

De manera complementaria, se encuentra el grupo de *sostenibilidad y eficiencia energética*, que abarca principalmente aspectos relacionados con las temáticas descritas en sí misma, cubriendo una amplia gama de aspectos vinculados a la edificación y su capacidad para fomentar prácticas más responsables y eficientes desde una perspectiva ambiental y social (Tabla 4). En este sentido, la construcción sostenible se enfoca en maximizar la eficiencia de los recursos, minimizar el desperdicio y reducir el

impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos. Desde la etapa de diseño hasta la gestión de la construcción y el mantenimiento de las edificaciones, se busca optimizar cada fase para garantizar la máxima sostenibilidad y resiliencia. Esto implica no solo la integración de tecnologías y materiales ecoeficientes, sino también la adopción de prácticas de construcción innovadoras que fomenten la reutilización, la conservación de energía y el uso responsable de los recursos naturales.

Asimismo, el BIM desempeña un papel crucial al proporcionar herramientas y metodologías que facilitan la planificación y ejecución de proyectos de construcción sostenible de manera más efectiva y colaborativa. Al integrar información detallada sobre los aspectos ambientales y de rendimiento de los edificios en modelos del BIM, los profesionales pueden evaluar y optimizar el impacto ambiental de sus

diseños, anticipar posibles problemas y tomar decisiones informadas que promuevan la sostenibilidad a lo largo de todo el proceso constructivo. De esta manera, el grupo de *construcción sostenible* dentro del contexto de BIM no solo impulsa la eficiencia y la calidad en la construcción, sino que también contribuye a la creación de entornos construidos más responsables y resilientes a largo plazo.

Descripción	Ocurrencias	Vínculos
Sostenibilidad y Eficiencia energética	819	5,410
sustainable development	300	1,903
energy efficiency	98	586
energy consumption	77	580
intelligent buildings	68	544
green buildings	56	300
sustainable design	48	262
sustainable building	37	233
energy analysis	32	209
energy management	23	142
energy conservation	22	196
building materials	21	154
environmental sustainability	14	86
environmental design	12	107
environmental protection	11	108

Tabla 4. Estructura del grupo *Sostenibilidad y Eficiencia energética*.

Finalmente, se encuentra el grupo de *gestión del ciclo de vida y entorno*, que abarca aspectos cruciales para los proyectos y su impacto, especialmente al considerar los grupos anteriores y el desarrollo futuro (Tabla 5). En esta línea, el BIM proporciona una plataforma integral para gestionar y visualizar información detallada sobre todas las fases del ciclo de vida de un edificio, desde el diseño inicial hasta la demolición y el reciclaje. Integrar criterios de sostenibilidad en cada etapa del ciclo de vida se vuelve esencial para minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia de los recursos. Esto implica la selección de materiales sostenibles durante la fase de diseño, la optimización de los procesos de construcción para reducir los residuos y las emisiones durante la fase de construcción, y la implementación de estrategias de operación y mantenimiento eficientes para garantizar un rendimiento óptimo y duradero del edificio durante su vida útil.

Además, el BIM facilita la evaluación del ciclo de vida ambiental de los edificios, lo que permite a los profesionales identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para reducir el consumo de energía, el desperdicio de recursos y las emisiones de carbono a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Al integrar la sostenibilidad en el núcleo mismo del proceso de diseño y construcción, el BIM ofrece la oportunidad de crear entornos construidos más resilientes, eficientes y respetuosos con el medio ambiente, contribuyendo positivamente al bienestar de las comunidades y al equilibrio ecológico del planeta.

Considerando lo anterior, en la figura 3 se muestra la evolución que han tenido ambas áreas de conocimiento, lo cual indica una tendencia hacia una mayor integración y sinergia entre ambas disciplinas. Se espera que el BIM continúe avanzando hacia una mayor interoperabilidad y capacidad para abordar aspectos

Considerando las evidencias obtenidas del análisis, es posible afirmar que BIM y sostenibilidad son elementos clave en la industria de la construcción moderna debido a su capacidad para abordar los desafíos ambientales y sociales actuales. El BIM permite una gestión integral de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que resulta en una planificación más eficiente, una mayor precisión en el diseño y una reducción de los costos y los tiempos de construcción. Por otro lado, la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad global para mitigar el cambio climático y promover prácticas responsables en la utilización de recursos naturales. Integrar el BIM y sostenibilidad permite optimizar la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental de los proyectos de construcción y mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en los edificios. Además, esta combinación ofrece beneficios económicos a largo plazo al reducir los costos operativos y de mantenimiento de los edificios.

DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

El BIM y la sostenibilidad se han consolidado como dos líneas de investigación, desarrollo e innovación fundamentales en múltiples sectores, cubriendo aspectos como: diseño arquitectónico, desarrollo sostenible, evaluación de la sostenibilidad, gestión de la información, construcción de edificios, industria de la construcción, evaluación del ciclo de vida, sistemas de apoyo a la toma de decisiones, eficiencia energética, huella de carbono, entre otros. En términos bibliométricos presentan un crecimiento continuo en los últimos años, tanto a nivel productivo como de citas, lo que hace prever que dicha tendencia se mantenga. En este sentido, su importancia radica en su capacidad para transformar la forma en que se diseñan, construyen y operan los edificios y la infraestructura, al tiempo que se promueven prácticas más responsables y respetuosas con el medio ambiente. Estas dos áreas están intrínsecamente relacionadas y se complementan entre sí, lo que las convierte en enfoques indispensables para abordar los desafíos actuales y futuros en el ámbito de la construcción y más allá.

En primer lugar, el *Building Information Modeling* (BIM) ha revolucionado la industria

de la construcción al permitir la creación de modelos digitales tridimensionales que contienen información detallada sobre todos los aspectos de un proyecto, desde la geometría del edificio hasta la ubicación de los elementos y los datos sobre costos y programación. Estos modelos facilitan la colaboración entre los diferentes actores del proyecto, mejoran la eficiencia en el diseño y la construcción, y permiten la simulación y el análisis de diferentes escenarios antes de que se inicie la construcción física. Además, el uso del BIM puede reducir los errores y los costos durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la operación y el mantenimiento. Por otro lado, la sostenibilidad se ha convertido en una preocupación cada vez más apremiante en la industria de la construcción y en la sociedad en general. Con el aumento de la conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de conservar los recursos naturales, la demanda de edificaciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente ha ido en aumento. La sostenibilidad en la construcción se refiere a la creación y operación de edificios que tienen un impacto mínimo en el medio ambiente y que son saludables, eficientes y económicamente viables a lo largo de su ciclo de vida. Esto incluye aspectos como la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles, la gestión del agua y la calidad del aire interior.

La integración BIM y sostenibilidad ofrece numerosos beneficios y oportunidades en diferentes áreas. En primer lugar, el uso de modelos BIM permite a los diseñadores y arquitectos realizar análisis de sostenibilidad desde las primeras etapas del diseño, lo que les permite evaluar y optimizar el rendimiento ambiental del edificio. Por ejemplo, pueden simular el rendimiento energético del edificio y explorar diferentes estrategias de diseño para reducir su huella de carbono. Además, los modelos BIM pueden ser utilizados para realizar análisis de ciclo de vida de los materiales, lo que ayuda a identificar las opciones más sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico. La sostenibilidad y el BIM pueden trabajar juntos para mejorar la eficiencia operativa de los edificios una vez que están en funcionamiento. Los datos recopilados de los sensores integrados en los edificios pueden alimentar los modelos BIM, permitiendo el monitoreo en tiempo real

del rendimiento energético y ambiental del edificio. Esto facilita la identificación de áreas de mejora y la implementación de medidas correctivas para optimizar el uso de recursos y reducir los costos operativos.

En resumen, BIM y sostenibilidad son dos áreas interconectadas que están en constante evolución y que seguirán siendo puntos de interés e innovación en múltiples sectores en el futuro. Su integración ofrece numerosos beneficios, desde la mejora de la eficiencia y la calidad en el diseño y la construcción de edificios hasta la reducción del impacto ambiental y los costos operativos a lo largo de su ciclo de vida. A medida que avanza la tecnología y aumenta la conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad, es probable que la demanda de soluciones BIM sostenibles continúe creciendo, lo que impulsará la investigación y el desarrollo en estas áreas y su aplicación en una amplia gama de proyectos y sectores industriales.

Para avanzar en el campo de BIM y sostenibilidad, se pueden considerar varias líneas de investigación prometedoras que aborden aspectos clave y desafíos emergentes en la integración de estas dos áreas. Algunas de estas líneas de investigación incluyen:

- Desarrollo de metodologías de evaluación de la sostenibilidad basadas en BIM: investigar y desarrollar herramientas y metodologías que permitan evaluar de manera integral el desempeño ambiental, social y económico de los proyectos de construcción utilizando modelos BIM. Esto incluye la creación de indicadores y métricas específicas de sostenibilidad que puedan integrarse en los procesos de diseño y construcción.
- Optimización del ciclo de vida de los edificios mediante BIM: investigar cómo los modelos BIM pueden utilizarse para optimizar el ciclo de vida completo de los edificios, desde la planificación y el diseño hasta la operación y el desmantelamiento. Esto incluye la integración de datos de rendimiento en los modelos BIM para facilitar la toma de decisiones informada durante todas las etapas del proyecto.
- Innovación en materiales y tecnologías sostenibles: investigar y desarrollar nuevos materiales y tecnologías de construcción sostenibles que puedan integrarse eficaz-

mente en los modelos BIM. Esto incluye la investigación de materiales de construcción renovables, reciclables y de bajo impacto ambiental, así como el desarrollo de tecnologías de construcción innovadoras que mejoren la eficiencia energética y reduzcan los residuos de construcción.

- Modelado de la resiliencia y adaptabilidad de los edificios: investigar cómo los modelos BIM pueden utilizarse para evaluar y mejorar la resiliencia y la adaptabilidad de los edificios frente a los impactos del cambio climático y otros riesgos ambientales. Esto incluye el desarrollo de herramientas de modelado que puedan simular diferentes escenarios de cambio climático y evaluar el rendimiento de los edificios ante eventos extremos.
- Estándares y normativas para la sostenibilidad en BIM: investigar y desarrollar estándares y normativas internacionales que guíen la integración efectiva de la sostenibilidad en los modelos BIM y los procesos de construcción. Esto incluye la armonización de los diferentes sistemas de certificación de sostenibilidad con los estándares de modelado BIM y la creación de directrices para la implementación de prácticas sostenibles en proyectos de construcción.

Estas líneas de investigación tienen el potencial de impulsar la innovación en la integración del BIM y sostenibilidad, ofreciendo soluciones más eficientes, resistentes y sostenibles para la industria de la construcción y contribuyendo a la creación de entornos construidos más saludables y resilientes para las generaciones futuras.

Declaración de contribución

Conceptualización: Issais Gutiérrez, A. R. y Martínez Espinoza, J. C.

Análisis formal, Preparación de datos, Investigación, Metodología, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Administración del proyecto, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición: Issais Gutiérrez, A. R.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Declaración de consentimiento de datos

Los datos se incluyen en el estudio. ●

REFERENCIAS

- AHMAD, T., & THAHEEM, M. J. (2022). LCIA Parameters and the Role of BIM towards Sustainability: Regional and Temporal Trends. *Buildings*, 12(5), 700. <https://doi.org/10.3390/buildings12050700>
- AL HATTAB, M. (2021). The dynamic evolution of synergies between BIM and sustainability: A text mining and network theory approach. *Journal of Building Engineering*, 37, 102159. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102159>
- ALASMARI, E., MARTINEZ-VAZQUEZ, P., & BANIOTOPOULOS, C. (2022). *Building information modeling (BIM) towards a sustainable building design: a survey*. CESARE Conference Publications.
- ÁLVAREZ-DIEZ, R., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2022). Scientific mapping and research trends in the fields of business strategy and competitiveness. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, 2(2), 4. <https://doi.org/10.47909/ijsmc.142>
- ARANDA, J. Á., MARTIN-DORTA, N., NAYA, F., CONESA-PASTOR, J., & CONTERO, M. (2020). Sustainability and interoperability: An economic study on bim implementation by a small civil engineering firm. *Sustainability*, 12(22), 9581. <https://doi.org/10.3390/su12229581>
- AUZA-SANTIVÁÑEZ, J. C., CARÍAS DÍAZ, J. A., VEDIA CRUZ, O. A., ROBLES-NINA, S. M., SÁNCHEZ ESCALANTE, C., & APAZA HUANCA, B. (2023). Bibliometric Analysis of the Worldwide Scholarly Output on Artificial Intelligence in Scopus. *Gamification and Augmented Reality*, 1, 11. <https://doi.org/10.56294/gr202311>
- CARVALHO, J. P., BRAGANÇA, L., & MATEUS, R. (2021). Sustainable building design: Analyzing the feasibility of BIM platforms to support practical building sustainability assessment. *Computers in Industry*, 127, 103400. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103400>
- CASAS-VALADEZ, M. A., FAZ-MENDOZA, A., MEDINA-RODRÍGUEZ, C. E., CASTORENA-ROBLES, A., GAMBOA-ROSALES, N. K., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2020). Decision Models in Marketing: The role of Sentiment Analysis from bibliometric analysis. *2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, <https://doi.org/10.1109/DASA51403.2020.9317147>
- DA SILVA JUSTINO, T., MORATO DO AMARAL, R., LOPES DE FARIA, L. I., & CARDOSO DE BRITO, A. G. (2021). Scientific collaboration analysis of Brazilian postgraduate programs in information science. *AWARI*, 2, e024. <https://doi.org/10.47909/awari.85>
- DE ARAÚJO TELMO, F., MATOS AUTRAN, M. DE M., & ARAÚJO DA SILVA, A. K. (2021). Scientific production on open science in Information Science: a study based on the ENANCIB event. *AWARI*, 2, e027. <https://doi.org/10.47909/awari.127>
- FURSTENAU, L. B., SOTT, M. K., KIPPER, L. M., MACHADO, Ê. L., LÓPEZ-ROBLES, J. R., DOHAN, M. S., ... IMRAN, M. A. (2020). Link between sustainability and industry 4.0: trends, challenges and new perspectives. *Ieee Access*, 8, 140079-140096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012812>
- GONTIJO, M. C. A.; & HAMANAKA, R. Y.; & ARAÚJO, R. F. (2022). Gestão de dados científicos: produção e impacto a partir de dados da base Dimensions. En T. M. R. Dias (Ed.), *Informação, Dados e Tecnologia. Advanced Notes in Information Science, volume 2* (pp. 112-120). Tallinn, Estonia: ColNes Publishing. DOI: 10.47909/anis.978-9916-9760-3-6.89.
- GONZALEZ-ARGOTE, J. (2022a). A Bibliometric Analysis of the Studies in Modeling and Simulation: Insights from Scopus. *Gamification and Augmented Reality*, 1, 5. <https://doi.org/10.56294/gr20235>
- GONZALEZ-ARGOTE, J. (2022b). Patterns in Leadership and Management Research: A Bibliometric Review. *Health Leadership and Quality of Life*, 1, 10. <https://doi.org/10.56294/hl202210>
- GONZALEZ-ARGOTE, J. (2023). Analyzing the Trends and Impact of Health Policy Research: A Bibliometric Study. *Health Leadership and Quality of Life*, 2, 28. <https://doi.org/10.56294/hl202328>
- HORTA-MARTÍNEZ, L. E., & SORÁ-RODRIGUEZ, M. (2023). Scientific production on fractures in student scientific journals in the five-year period 2017-2022. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria*, 3, 65. <https://doi.org/10.56294/ri202365>

- KHAHRO, S. H., KUMAR, D., SIDDIQUI, F. H., ALI, T. H., RAZA, M. S., & KHOSO, A. R. (2021). Optimizing energy use, cost and carbon emission through building information modelling and a sustainability approach: A case-study of a hospital building. *Sustainability*, 13(7), 3675. <https://doi.org/10.3390/su13073675>
- LARROSA, J. M. C., GALGANO, F., & GUTIÉRREZ, E. (2023). Kinship network evolution in Argentina. An exploration based on online data. *AWARI*, 3. <https://doi.org/10.47909/awari.150>
- LEDESMA, G. A.; & PERALTA-GONZÁLEZ, M. J. (2023). La mujer en la producción literaria: un análisis bibliométrico en los libros de la Colección Coronado. En S. M. Cardama, D. L. Arias, & M. L. P. Valentim (Eds.), Aportaciones españolas y portuguesas a la iConference 2023, evento híbrido, 13-17/27-29 de marzo del 2023, Actas. *Advanced Notes in Information Science, volume 5* (pp. 149-178). Pro-Metrics: Tallinn, Estonia. DOI: 10.47909/978-9916-9906-9-8.74.
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., OTEGI-OLASO, J. R., PORTO-GÓMEZ, I., & COBO, M. J. (2019). 30 years of intelligence models in management and business: A bibliometric review. *International Journal of Information Management*, 48, 22-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013>
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., OTEGI-OLASO, J. R., PORTO-GÓMEZ, I., GAMBOA-ROSALES, H., & GAMBOA-ROSALES, N. K. (2020). Understanding the intellectual structure and evolution of Competitive Intelligence: A bibliometric analysis from 1984 to 2017. *Technology Analysis & Strategic Management*, 32(5), 604-619. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1686136>
- MANZOOR, B., OTHMAN, I., KANG, J. M., & GEEM, Z. W. (2021). Influence of building information modeling (Bim) implementation in high-rise buildings towards sustainability. *Applied Sciences*, 11(16), 7626. <https://doi.org/10.3390/app11167626>
- MEDINA-RODRÍGUEZ, C. E., CASAS-VALADEZ, M. A., FAZ-MENDOZA, A., CASTAÑEDA-MIRANDA, R., GAMBOA-ROSALES, N. K., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2020). *The cyber security in the age of telework: A descriptive research framework through science mapping*. 2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy (ICDABI), <https://doi.org/10.1109/ICDABI51230.2020.9325633>
- MELLADO, F., & LOU, E. C. (2020). Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102355. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>
- NGUYEN, D. T., & SHARMAK, W. (2021). *BIM-based ontology for sustainability-oriented building construction*. AIP Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1063/5.0070861>
- OTEGI-OLASO, J. R., LÓPEZ-ROBLES, J. R., & GAMBOA-ROSALES, N. K. (2019). *Responsible Project Management to face urgent world crisis and regional conflicts*. Birzeit University - Project Management, Birzeit, Palestine.
- PAN, X., KHAN, A. M., EL-DIN, S. M., ASLAM, F., REHMAN, S. K. U., & JAMEEL, M. (2023). BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>
- PATEL, K., & RUPARATHNA, R. (2023). Life cycle sustainability assessment of road infrastructure: a building information modeling-(BIM) based approach. *International Journal of Construction Management*, 23(11), 1837-1846. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.2017113>
- PINTO, A. L., DE CARVALHO SEGUNDO, W. L. R., DIAS, T. M. R., SILVA, V. S., GOMES, J. C., & QUONIAM, L. (2022). Brazil Developing Current Research Information Systems (BR-CRIS) as data sources for studies of research. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, 2(1). <https://doi.org/10.47909/ijsmc.135>
- RAHIM, N., ZAKARIA, S., ROMELI, N., ISHAK, N., & LOSAVANH, S. (2021). *Application of Building Information Modeling toward Social Sustainability*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. DOI: 10.1088/1755-1315/920/1/012007
- ROBLES, R. (2022). Research lines in mining in the 21st century: A retrospective and bibliometric analysis of the literature from an environmental perspective. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, 2(1). <https://doi.org/10.47909/ijsmc.151>

VAN-ECK, N. J., & WALTMAN, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

VARMAZYAR, R., RAHIMI, A., & SHIRSHAHI, S. (2023). Mapping and analyzing the scientific literature on drug abuse. *AWARI*, 4. <https://doi.org/10.47909/awari.44>

ZULKEFLI, N. S., MOHD-RAHIM, F. A., & ZAINON, N. (2020). Integrating building information modelling (Bim) and sustainability to greening existing building: Potentials in malaysian construction industry. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 11(3), 76-83.

