

Evolución de la producción científica sobre los conceptos HBIM y modelado 3D en la gestión de obras patrimoniales

Scientific production evolution of HBIM concepts and 3D modeling in the management of heritage interventions

Jose Pablo Bulgarelli-Bolaños¹, Ileana Hernández-Salazar²,
Francisco Pinto-Puerto³

Bulgarelli-Bolaños, J; Hernández-Salazar, I; Pinto-Puerto, F. Evolución de la producción científica sobre los conceptos HBIM y modelado 3D en la gestión de obras patrimoniales. *Tecnología en Marcha*. Edición especial. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Diciembre 2020. Pág 89-101.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5512>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jpbulgarelli@tec.ac.cr.
 <https://orcid.org/0000-0001-5476-6544>
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ihernandez@tec.ac.cr.
 <https://orcid.org/0000-0002-2355-0270>
- 3 Universidad de Sevilla. España. Correo electrónico: fspp@us.es.
 <https://orcid.org/0000-0003-4608-6818>

Palabras claves

Modelado tridimensional; gestión de la información; patrimonio arquitectónico; intervención patrimonial; análisis bibliométrico.

Resumen

Esta publicación tiene como objetivo presentar un análisis bibliométrico, descriptivo y retrospectivo de la producción científica registrada en la base de datos *Elsevier Scopus*, durante el periodo comprendido entre el año 2012 y febrero 2020, en torno a publicaciones cuyas palabras claves involucran los conceptos *HBIM*, *management* y *model*.

El trabajo se desarrolló como parte del proyecto de investigación “Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica”⁴. Los resultados de este análisis fueron un insumo importante a la actividad de búsqueda de información sobre las fases de ejecución y cierre de los proyectos de intervención de bienes inmuebles patrimoniales a nivel nacional e internacional.

En total se analizaron 77 publicaciones realizadas por 227 autores distintos de 86 instituciones en 18 países. Se identificaron los principales autores, el momento en que publicaron, así como las principales afiliaciones y los países donde se ha realizado mayor producción científica con respecto a los conceptos indicados. A pesar de que la tendencia de la producción científica se relaciona mayoritariamente con el diseño arquitectónico, se determinó que el modelo 3D es el concepto que permite asociar el campo científico del manejo de información con el de la gestión del patrimonio.

Keywords

Three-dimensional modeling; information management; architectural heritage; heritage intervention; bibliometric analysis.

Abstract

This publication aims to present a bibliometric, descriptive and retrospective analysis of the scientific production registered in the Elsevier Scopus database, during the period from 2012 to February 2020, around publications whose keywords involve the concepts *HBIM*, *management* and *model*.

The work was developed as part of the research project “Management and conservation tools programmed in real estate interventions in Costa Rica”. The results of this analysis were an important input to the activity of searching for information on the phases of execution and closure of real estate intervention projects at the national and international level.

A total of 77 publications by 227 different authors from 86 institutions in 18 countries were analyzed. The main authors were identified, as well as the time of publication, the main affiliations and the countries where the greatest scientific production has been carried out with respect to the concepts indicated. Despite the fact that the trend in scientific production is mostly related to architectural design, it was determined that the 3D model is the concept that allows associating the scientific field of information management with that of heritage management.

4 Proyecto avalado y financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, coordinado por el Mstr. Arq. Jose Pablo Bulgarelli Bolaños.

Introducción

Como es conocido en la literatura científica, los proyectos de intervención de bienes inmuebles con valor patrimonial (proyectos IBIP) presentan complejidades distintas a las de una obra nueva, dichas complejidades parten de su consideración histórica, y la de ser depositaria de testimonios que le confieren el papel de documento y determinan su puesta en valor, produciendo como consecuencia modificaciones en los procesos de gestión, en las fases del ciclo de vida del proyecto, así como en las etapas de funcionamiento del inmueble. Por otra parte, [1] indica que el Estado Costarricense, por medio de diversas entidades, es el propietario de un porcentaje aproximado al 80% del patrimonio construido del país, sin embargo, no cuenta con protocolos estandarizados de los procesos de intervención que garanticen que su valor documental no se vea afectado por pérdidas insustituibles y, que los recursos invertidos en este tipo de proyectos sean aprovechados.

La presente publicación se enmarca dentro el proyecto de investigación titulado: “Herramientas de gestión y conservación programada en intervenciones de bienes inmuebles patrimoniales en Costa Rica”, el cual se encuentra avalado y financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica; y cuenta con la colaboración del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Boloña, el Departamento de Expresión Gráfica e Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción de la Universidad de Sevilla, y el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura y Juventud. El trabajo colaborativo entre estas instituciones pretende integrar metodologías *HBIM* (*Heritage Building Information Modeling*), con la sugerida por el PMI (*Project Management Institute*) para gestionar, administrar y dirigir las fases de puesta en valor, ejecución, cierre y conservación programada de proyectos IBIP en Costa Rica. El primer objetivo de la investigación al que se vincula esta publicación es conocer cómo se desarrollan estas fases en los proyectos IBIP.

El presente artículo es el resultado de un análisis bibliométrico, para la identificación de la producción indexada publicada hasta la fecha, quiénes son los principales autores y desde qué lugares se han desarrollado las investigaciones, con el fin de que la búsqueda de información documental fuese pertinente para el diagnóstico propuesto como primer producto del proyecto. Se utilizó el paquete realizado por Aria y Cuccurullo [2] que, ofrece un conjunto de herramientas para la investigación cuantitativa en cienciometría y bibliometría; entendiendo a la primera como la ciencia que estudia la producción científica para medirla y analizarla, pero que se basa en la bibliometría. En este sentido en Moral-Muñoz *et al* [3] se indica que la bibliometría se divide en dos campos de estudio, el primero es el análisis de rendimiento, cuyo objetivo es evaluar a los diferentes actores científicos tales como investigadores, instituciones, países, entre otros, por medio de índices bibliográficos basados en publicaciones y datos de citas. El segundo, según Moral-Muñoz *et al* [3], es el análisis de la cartografía científica, la cual se basa en la representación topológica y temporal de la estructura cognitiva y social de un campo de investigación particular.

Específicamente en esta publicación, se hicieron ambos análisis y se emplearon tres palabras claves para la búsqueda de la información. La primera fue el acrónimo *HBIM* que, por sus siglas en inglés, hace referencia al modelado de la información de construcciones patrimoniales; es decir, toma la base conceptual y operativa de *BIM* (*Building Information Modeling*) y la adapta mediante protocolos específicos, a las particularidades de los proyectos IBIP lo que según Chihib *et al* [4] ayuda a los arquitectos, ingenieros y contratistas a trabajar en un modelo digital coordinado, dando a todos una mejor comprensión de cómo su trabajo particular se vincula con el proyecto global.

La siguiente palabra clave en la búsqueda fue *management*, debido a que el equipo deseaba identificar la relación del *HBIM* en los procesos de gestión, dirección y administración dentro del ciclo de vida de los proyectos IBIP. Por último, el concepto de modelo (*model*) se utilizó como palabra de búsqueda ya que, en los procesos *HBIM*, este consiste en una simplificación intencionada de la realidad resultado de un proceso de estudio y análisis que debe desarrollar el proyecto; es decir, se considera su utilidad como herramienta no solo de referencia entre el pensamiento abstracto y la obra finalizada, sino también su potencial para el control y seguimiento del proyecto durante todas sus fases.

Metodología

En el presente análisis todas las publicaciones científicas utilizadas se encuentran indexadas en la base de datos *Elsevier Scopus*. Según Chihib *et al* [4] esta plataforma es útil para los estudios bibliométricos porque permite descargar información masiva para numerosos análisis. Particularmente la búsqueda se realizó en febrero 2020 y se planteó extraer publicaciones que incluyeran los conceptos *HBIM*, *management* y *model*, en el título, en el resumen o en el apartado de palabras claves, sin indicar un periodo determinado y en cualquier idioma. La búsqueda se efectuó incluyendo las siguientes citas: (TITLE-ABS-KEY (hbim) AND TITLE-ABS-KEY (management) AND TITLE-ABS-KEY (model)) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "CHEM")). De esta forma, en la primera consulta se encontraron todas las publicaciones vinculadas a *HBIM*, en la segunda se filtraron los trabajos que contemplaran el tema de la gestión y en el tercer filtro se identificaron cuáles publicaciones incluían el modelo dentro de su trabajo. Por último, después de una revisión de las subáreas de búsqueda se eliminaron aquellas vinculadas a química, ya que se consideró que no tenían relación directa con el objeto de estudio de la investigación.

El documento generado por la base de datos utilizada se guardó en formato *.bib* y se analizó utilizando el paquete *R* de *bibliometrix* por medio de la herramienta *biblioshiny* [1]. Como se indica en Chihib *et al* [4] la consulta principal proporciona información básica como la fuente de publicaciones según sus autores, instituciones y sus ubicaciones geográficas. Además, para esta publicación se describe y explica el diagrama de los tres campos principales. Con respecto a los autores, se identifican los más importantes y la producción de estos a través del tiempo con el objetivo de conocer los principales exponentes en los ámbitos definidos por el proyecto. Con respecto a los documentos, se describe la información sobre documento con mayor citación mundial con el objetivo de conocer el impacto que ha tenido dentro de la producción indexada, así como su alcance dentro del campo de estudio definido por el proyecto de investigación. Además, para este análisis se describe la estructura intelectual que se trabaja en torno a la red de co-citación. Por último, los registros se sistematizaron en hojas de Excel y se generaron gráficos donde se diagrama la información para facilitar su lectura y comprensión.

Resultados

Diagrama de tres campos principales

Este diagrama permite relacionar información de campos destacados de las publicaciones tales como palabras claves, autores, países, referencias, entre otros; permitiendo a los investigadores identificar vínculos entre los diferentes campos que lo lleven a la obtención del estado del arte de su investigación. El gráfico es más conocido como *Diagrama de Sankey* y según Riehmman *et al* [5] se utiliza principalmente para visualizar flujos o vínculos entre diversas redes y procesos, además de ilustrar información cuantitativa sobre temáticas y sus referencias.

La intensidad de los flujos que se generan es correspondiente con la cantidad de referencias acerca de las diferentes temáticas definidas.

Para realizar un análisis del campo de aplicación de las temáticas pertinentes para el documento, se consideró importante identificar las palabras claves más empleadas en las publicaciones analizadas. Esta información se relacionó con los principales autores de estas y con los países en los cuales se desarrollaron las investigaciones. La figura 1 es producto del cruce de esta serie de variables, donde la intensidad de cada flujo revela la cantidad de conexiones que existen entre cada una de ellas.

Para los 77 registros obtenidos de la base de datos *Elsevier Scopus*, las cinco palabras clave más empleadas fueron *HBIM*, *Cultural Heritage*, *Laser Scanning*, *Heritage Management* y *Photogrammetry*. De este resultado se puede concluir que los principales trabajos de investigación desarrollados en la temática relacionada al proyecto, se han concentrado en el campo del patrimonio cultural, su gestión y el manejo de técnicas de conservación e intervención basadas en la aplicación de nuevas tecnologías.

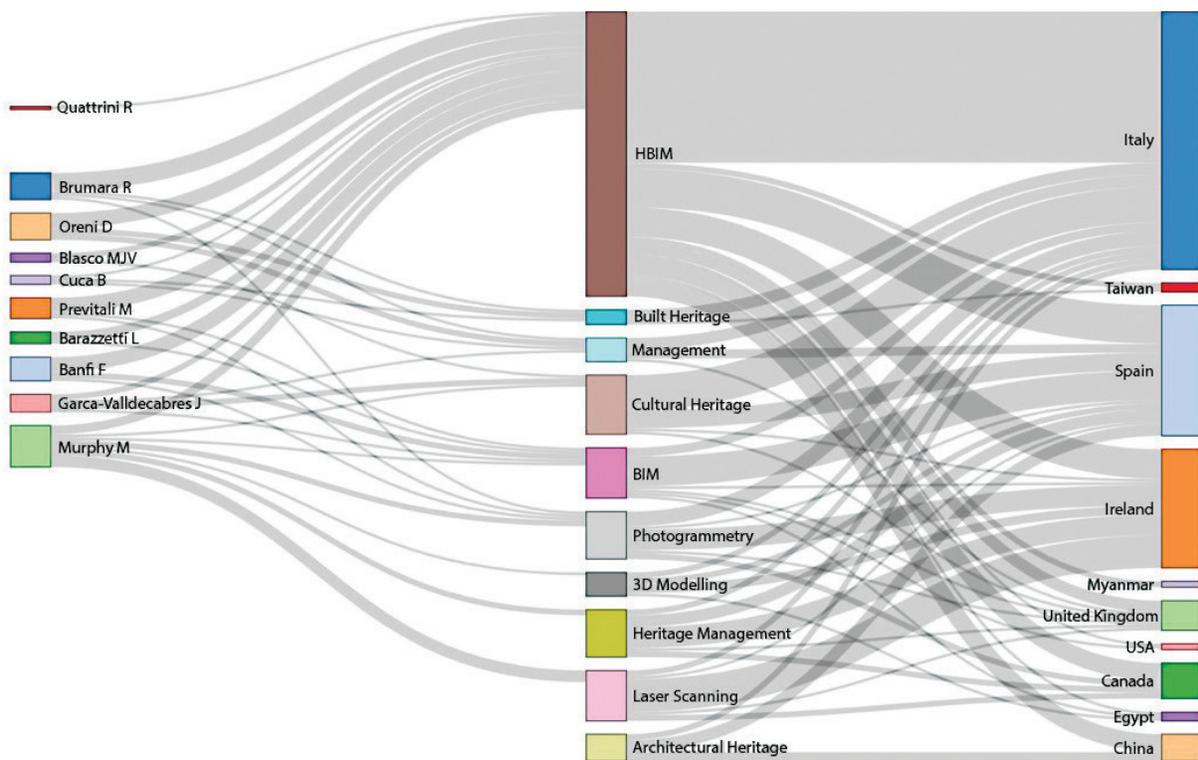


Figura 1. Gráfico de los tres campos principales; izquierda: autor, centro: palabras claves, derecha: países.

Por otra parte, se decidió realizar un filtro a la cantidad de autores, palabras claves y países desde los cuales se están produciendo la mayor cantidad de publicaciones indexadas en el área de estudio determinado para esta investigación. El gráfico destaca los diez principales autores que han desarrollado trabajos dentro de la temática. Existen cinco autores principales, los cuales poseen el mayor número de publicaciones relacionadas al *HBIM*: Banfi, Brumana, Previtali, Oreni, y Barazzetti; estos son los referentes en la materia dentro de esta búsqueda temática. En cambio, Murphy figura como otro de los autores más relevantes, principalmente por relacionar el concepto *HBIM* con la aplicación específica de las nuevas tecnologías en la

conservación del patrimonio, tales como el escáner láser, la fotogrametría y el modelado 3D; mientras que Brumana, Previtali y Banfi vinculan el tema del *HBIM* con el uso de la fotogrametría. Finalmente, los conceptos *management* y *heritage management* son los últimos en relacionarse en la figura 1. En este gráfico los cuatro autores que relacionan el tema del *management* con *HBIM* son: Brumana, Oreni, Cuca y García-Valldecabres; sin embargo, a Murphy se le relaciona específicamente con el tema de la gestión del patrimonio.

Otro de los campos que se analizó en el gráfico, fueron los países desde donde se desarrollan más investigaciones relacionadas a los tres conceptos pertinentes del análisis. De los diez países más importantes en la temática, la mayor cantidad de producción científica indexada se desarrolla en Italia, seguida de cerca por España e Irlanda, no obstante, también se han realizado numerosas publicaciones en países como Canadá, Reino Unido y China.

Autores más relevantes

Se realizó un análisis de los autores más relevantes relacionados con los tres conceptos en cuestión para determinar la cantidad de trabajos publicados y el grado, en el cual dichos autores han influido en el desarrollo de nuevas investigaciones. Otro elemento importante que se analizó fue lo que en Aria y Cuccurullo [2] se denomina autoría fraccional, la cual cuantifica las contribuciones de un autor individual a un conjunto de artículos publicados, bajo el supuesto de una contribución uniforme de los coautores en cada artículo. A continuación, se adjunta el cuadro 1 que refleja el número de artículos publicados y aquellos fraccionados por autor, donde destacan nuevamente: Banfi, Brumana, Previtali, Oreni, y Barazzetti.

Cuadro 1. Autores más relevantes

Autores	Num. Artículos	Autoría fraccional	Num. Artículos fraccionados
BANFI F	8	BANFI F	3.060
BRUMARA R	8	NA NA	2.000
PREVITALI M	7	ORENI D	1.935
ORENI D	6	BRUMARA R	1.643
BARAZZETTI L	4	PREVITALI M	1.393
MURPHY M	4	NESPECA R	1.250
GARCÍA-VALLDECABRES J	3	LIN YC	1.167
QUATTRINI R	3	CASTELLANO-ROMÁN M	1.000
BLASCO MJV	2	MEGAHE NA	1.000
BRUNO S	2	PINTO-PUERTO F	1.000

Producción indexada de autores a través del tiempo

Otro de los análisis realizados fue la función de producción indexada por autor a través del tiempo la cual, según Aria y Cuccurullo [1], calcula y traza la producción de los autores en términos de número de publicaciones y citas totales por año, indicando el número promedio anual de veces que cada autor y manuscrito han sido citados. Según los resultados, la producción indexada de los diez principales autores, relacionada a los conceptos *HBIM*, *management* y *model*, se ha incrementado a partir del año 2017. Murphy se muestra como el pionero en la publicación

de investigaciones vinculadas a estos conceptos con el único documento publicado en 2012 y un número de citas anuales de 10.33, no obstante, es hasta 2017 que vuelve a presentar una nueva investigación y realiza la publicación de dos nuevos trabajos. Brumana inicia su trabajo en el tema del *HBIM* en 2013, retoma la temática en 2017 y se mantiene constante con publicaciones anuales de entre uno y dos artículos hasta el año 2020.

Banfi, inició su producción indexada en 2016 y desde entonces se mantiene constante hasta el año 2020, sus publicaciones alcanzan 9.67 citas por año. Esta situación es similar a la de Previtali, aunque este último autor, inició la investigación en el tema a partir del año 2017. Finalmente, el 2018 fue el año de más publicación registrada en Elsevier Scopus, donde ocho de los diez autores principales, publicaron trabajos relacionados en los temas pertinentes a la investigación.

Documento con mayor citación mundial

Las citas totales se definen en Aria y Cuccurullo [2] como el número de veces que un documento ha sido citado. La función de citas de bibliometrix genera el cuadro de frecuencias de las referencias más citadas o de los primeros autores (de las referencias) más citados. En el cuadro 2, se encuentran seis de los artículos con mayor citación mundial ordenados, según una relación entre la mayor frecuencia de Total de Citaciones (TC) y la mayor reiteración del TC por año. Según los primeros cinco resultados del análisis, en el cuadro 2 se aprecia el documento escrito por Dore y Murphy en el 2012 [6], el cual se considera como un artículo seminal que dio paso a otras investigaciones dado que presenta un total de 93 citas y 10.33 citas por año. Por otra parte, Oreni aparece como autor principal de tres artículos a nivel general, dos publicados en el 2013 y uno en el 2017; donde el documento en coautoría con Brumana, Georgopoulos y Cuca, del año 2013 [6], es el que destaca en el cuadro 2 con 49 citas totales y un promedio de 6.125 citas totales por año. Además, el artículo escrito por Bruno, De Fino y Fatiguso del 2018 [7] tiene un total de citación por año de 10.33 y 31 citas totales.

Cuadro 2. Documentos con mayor citación global

#	Artículo	Total de citas (TC)	TC por año
1	DORE C, 2012, PROC INT CONF VIRTUAL SYST MULTIMEDIA, VSMM: VIRTUAL SYST INF SOC	93	10.333
2	BRUNO S, 2018, AUTOM CONSTR	31	10.333
3	BRUMANA R, 2018, APPL GEO	21	7
4	ORENI D, 2013, ISPRS ANN PHOTOGRAMM REMOTE SENS SPAT INF SCI	49	6.125
5	ACAMPA G, 2020, GREEN ENERGY AND TECHNOLOGY	5	5
11	CAPONE M, 2019, ISPRS ANN PHOTOGRAMM REMOTE SENS SPAT INF SCI	7	3.5

En el cuadro general, también destaca como autor principal Brumana con un total de tres artículos entre 2017 y 2018; siendo para este autor el documento [9] el que presenta mayor cantidad de citas y citas anuales, 21 y siete respectivamente. Por otro lado, para el

periodo de este análisis es importante mencionar el documento escrito por Acampa, Forte y De Paola en el 2020 [10]; publicado durante el primer trimestre del año; dado que posee a la fecha del análisis, cinco citaciones totales y cinco por año, número importante considerando que, de los 77 documentos analizados, 49 poseen al menos una citación y las restantes 28 publicaciones no poseen citación alguna. Por último, fuera de estos cinco documentos con mayor citación y mayor citación anual, considerando el año 2019 como el que registra más producción académica, el único documento que resalta es el escrito por Capone & Lanzara [11] con siete citaciones totales y 3.5 citaciones totales por año.

Red de co-citación

La co-citación de dos artículos se entiende, según Aria y Cuccurullo [1], cuando ambos se citan en un tercer artículo. Surwase *et al* [12] indican que la co-citación, es un método utilizado para establecer una similitud temática entre dos documentos y que los dos documentos son co-citados cuando ambos aparecen en la lista de referencia de un tercer documento, el cual se considera como un nodo. En el análisis bibliométrico estos últimos documentos no necesariamente están presentes dentro del grupo de artículos analizados. Además, en Surwase *et al* [12] se indica que en cuantos más trabajos se citen, más fuerte será su relación y la frecuencia de citación será definida como la frecuencia con la que se citan dos documentos juntos.

Según Surwase *et al* [12], la co-citación de documentos se utiliza para realizar búsquedas en documentos similares, donde se agrupan los documentos por temas en común. Para esta publicación con respecto a la red de co-citación se utilizó como parámetro de campo 20 documentos, con el mismo número de nodos o conexiones y un logaritmo de agrupación de *Louvain*. El gráfico de la figura 2 presenta un diseño de red automático de bibliometrix [2]; en el cual, se pueden apreciar tres grupos relacionados semánticamente entre sí.

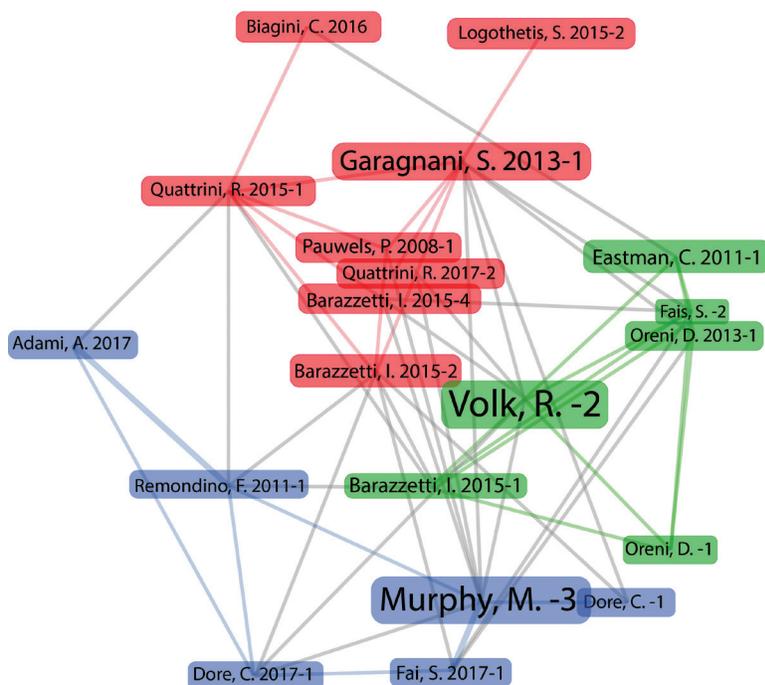


Figura 2. Red de co-citación.

Como se muestra en el cuadro 3, si se ordenan los resultados generales producidos por bibliometrix [2] según el índice de co-citación de mayor a menor, uno de artículos publicados por R. Volk en el 2014, específicamente Volk *et al* [13], forma la centralidad del Grupo o Clúster Tres. Los artículos escritos por Quattrini [14] y Garagnani [15] en el 2015 y 2013 respectivamente, conforman la centralidad del Grupo Uno. Por último, el artículo escrito por Murphy [16] representa la centralidad del Clúster Dos; cada uno liderando un tema en particular.

Cuadro 3. Centralidades de co-citación

Nodo	Grupo o clúster	Centralidad
VOLK R. -2	3	42.30001066
QUATTRINI R. 2015-1	1	25.95069697
GARAGNANI S. 2013-1	1	21.92813895
MURPHY M. -3	2	15.43606389

Discusión

La información con los resultados que arrojó el análisis realizado mediante el Diagrama de los tres campos principales, se sintetizó el cuadro 4. En ella se muestran los conceptos pertinentes al análisis bibliométrico de este artículo y los autores que han publicado en relación con estos. Se toma el concepto *HBIM* como el principal, dado que se trata de la palabra clave más relacionada con todos los autores. En segundo lugar, está el concepto de nuevas tecnologías que, si bien en el presente artículo el concepto de modelo es el que se analiza, temas como el escáner láser y fotogrametría son esenciales para el proceso de modelado.

Cuadro 4. Relación de conceptos por autor.

Concepto:	HBIM	NUEVAS TECNOLOGÍAS	GESTIÓN
Autores:	Banfi	Banfi	Brumana
	Barazzetti	Brumana	Cuca
	Brumana	Murphy	García-Valldecabres
	Murphy	Previtali	Murphy
	Oreni		Oreni
	Previtali		

En tercer lugar, se consideraron los conceptos de gestión y gestión patrimonial, ya que, son de las últimas diez palabras claves consideradas dentro del gráfico. Se concluye, por lo tanto, que a pesar de que los grupos de autores se clasifican según su relación con los conceptos; en un primer grupo se encuentran Brumana y Murphy; luego sobresalen Banfi, Oreni y Previtali; y finalmente, en un tercer grupo se encuentran Barazzetti, Cuca y García-Valldecabres, como los investigadores que poseen mayor injerencia en las temáticas del proyecto de investigación.

Por otra parte, en lo referente a los países con mayor desarrollo de trabajos en los campos definidos por este proyecto, Italia muestra un alto porcentaje de investigación en todas las temáticas vinculadas a las principales palabras claves. España se ha concentrado más en investigaciones que vinculan al *HBIM* con el patrimonio cultural y arquitectónico y su gestión, mientras que Irlanda se destaca por desarrollar publicaciones vinculadas al uso de las nuevas tecnologías como el escáner láser y la fotogrametría, así como el modelado en tres dimensiones. Sorprende, que países con un gran legado cultural como Egipto, no presenten aún un alto grado de desarrollo en la aplicación de las nuevas tecnologías en el campo del patrimonio construido, aunque es importante destacar que la mayor parte de las investigaciones que se han desarrollado en ese país, han sido aporte de países como Italia, España y Reino Unido principalmente.

En cuanto a los autores más relevantes, si se compara la información obtenida en la figura 1 con el cuadro 1, se puede observar que, aunque Murphy es el investigador que ha abarcado una mayor cantidad de temáticas en sus trabajos, no es el autor que más artículos ha publicado, ya que Banfi y Brumana son quienes cuentan con más documentos indexados; no obstante, aunque el índice de artículos fraccionados es de 3.06 y 2.00 respectivamente, figuran ellos mismos como coautores de otras publicaciones. Previtali por su parte, posee siete artículos indexados y un índice de artículos fraccionados de 1.93, figurando en trabajos de Oreni y Barazzetti como coautor.

A pesar de que el tema del *BIM* ha venido aplicándose en el campo del patrimonio cultural desde hace algunos años y de que las publicaciones indexadas en *Elsevier Scopus* reporta documentos a partir del 2012, durante estos ocho años de investigación, aún el campo del *HBIM* resulta poco explorado, abriendo la posibilidad de desarrollar más trabajos que aporten en esta temática. Por otra parte, si se toma en consideración que para esta investigación se analizaron 77 publicaciones que registraron las palabras *HBIM*, *management* y *model*, se concluye que el autor que más trabajos relacionados a estos conceptos realiza, publica en promedio un artículo anualmente, como parte de los nueve artículos, en promedio, que se indexan por año en dicha base de datos.

A pesar de que autores importantes han desarrollado trabajos que han resultado referentes vinculados a los conceptos que se analizaron, su producción indexada a través del tiempo no ha sido constante en todos los investigadores, lo que da paso a la reflexión acerca de la necesidad de trabajar más constantemente en el desarrollo de estas temáticas, para favorecer su consolidación y difusión en el panorama global. Autores como Murphy, Brumana y Oreni iniciaron sus publicaciones indexadas en 2012 y 2013 respectivamente; no obstante, pasaron entre tres y cinco años en volver a presentar investigación indexada en la materia.

Autores como Banfi y Previtali quienes indexaron artículos a partir del 2016 y 2017, se han mantenido con trabajos publicados anualmente, incrementando su producción entre el 2017 y 2018. Es importante destacar que son estos años los que mayor investigación indexada poseen, seis de los diez autores principales publicaron trabajos en 2017 y ocho autores publicaron artículos en 2018. Por su parte, el año 2020 parece promisorio en el sentido de que, a febrero del presente año, para el análisis de este artículo, se registra la publicación de trabajos por parte de seis de los diez autores principales, por lo que podría marcar un hito en cuanto a indexación de artículos relacionados a las temáticas definidas por este proyecto.

De los documentos con mayor citación global se puede desprender una línea evolutiva del tema en estudio, según su relevancia para el cuerpo científico, el cual marca la pauta del análisis documental que requiere el proyecto de investigación en el cual se enmarca el presente artículo. Iniciando por Dore & Murphy [6], quienes propusieron en el año 2012 un enfoque para grabar digitalmente sitios patrimoniales a partir de datos obtenidos mediante escaneo láser o

datos fotogramétricos, trabajando un modelado con técnicas paramétricas y de procedimiento. La información que obtuvieron la describen como elementos arquitectónicos mapeados y almacenados en una biblioteca de objetos arquitectónicos. Con la información obtenida, generaron un modelo 3D integrado a un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su análisis.

Oreni *et al* [7] en el 2013 describen la utilidad de cambiar el contenido de un modelo 3D a un modelo de información *HBIM* con el fin de apoyar el manejo, gestión y conservación del patrimonio histórico construido; estos autores establecieron una metodología para el establecimiento de una biblioteca de datos o “elementos históricos”. Bruno *et al* [8], en el año 2017, abordaron un debate metodológico con respecto a los modelos paramétricos completos *as built* de edificios patrimoniales; modelos que sirven de apoyo al diseño de intervenciones de restauración y conservación. En este documento se propone el desarrollo de un *HBIM* para la gestión de las intervenciones, basado en un diagnóstico y en donde se acuña el término *DA-HBIMM* (*diagnosis-aided information modelling and management*) [7].

Brumana *et al* [9] se propusieron obtener, en el 2018, un plan *HBIM* capaz de combinar la complejidad de la forma geométrica con los propósitos del diseño arquitectónico y los objetivos de preservación. Donde existiera un balance entre la preservación máxima de la autenticidad de los materiales, el comportamiento funcional y las técnicas de construcción. Capone & Lanzara [11], en el año 2019, definieron un flujo de trabajo experimental de *BIM* con el fin de generar un conjunto de bibliotecas de cúpulas basados en las reglas geométricas de los tratados; la comparación de estos modelos 3D con nubes de puntos permitió identificar la regla utilizada o definió una nueva regla y, por ende, construir modelos paramétricos complejos basados en levantamientos apoyados en la realidad.

Por último, Acampa *et al* [10] exponen, a inicios del 2020, los primeros resultados de su investigación donde pretenden verificar que el modelado, dentro del ámbito *HBIM* en Italia, ha permanecido confinado a un nivel de desarrollo bajo (LOD o *Level Of Development*) y que en aquellos casos donde se ha integrado información específica y detallada, ha permitido evaluar, en tiempo real, la sostenibilidad de diferentes alternativas de intervención. Estos investigadores concluyen que la planificación y la gestión de los proyectos de conservación y restauración podrían mejorarse si se tuviera acceso al modelado virtual del objeto patrimonial; sin embargo, la complejidad de estos objetos, la falta de algoritmos inteligentes para automatizar en su totalidad el modelado virtual produce que el proceso de construcción de los componentes paramétricos tome mucho tiempo. Siendo esto último un interesante ámbito para el desarrollo de investigaciones en un futuro cercano.

Por otra parte, según el análisis de co-citación el Grupo Uno, cuya centralidad está en torno a los artículos de Quattrini *et al* [14] y Garagnani & Manferdini [15] es un clúster que toca el tema correspondiente a los modelos 3D generados a partir de nube de puntos. Específicamente el documento de Quattrini *et al* [14] presenta la viabilidad de un enfoque *HBIM* para formas arquitectónicas complejas a partir de nubes de puntos obtenidas mediante escaneo láser terrestre, donde la novedad recayó en que el trabajo fue hecho en un entorno 3D a lo largo del proceso y desarrollo semántico durante la fase de construcción. Por otro lado, en Garagnani & Manferdini [15] se propone una metodología destinada a procesar datos de nube de puntos en un entorno *BIM* de alta precisión.

En el Clúster Dos, el nodo representado por el artículo escrito por Murphy *et al* [16] hace referencia a metodologías para la producción *HBIM*. En Murphy *et al* [16] se propone una metodología *HBIM* para estructuras y entornos históricos, involucrando las etapas de recolección y procesamiento de datos de levantamiento de láser, pasando por la creación de imagen y concluyendo con la creación de los objetos históricos paramétricos. El entregable final

es un modelo 3D completo que incluye detalles detrás de la superficie del objeto relacionados con sus métodos de construcción y composición de materiales. La propuesta de Murphy *et al* [16] sobre la metodología *HBIM* produce planos de ingeniería completos para la conservación de estructuras y entornos históricos, agregando inteligencia a los datos de la nube de puntos.

Finalmente, el documento escrito por Volk *et al* [13] representa un nodo dentro del Grupo Tres según el análisis bibliométrico. Juzgando por el contenido del artículo este clúster gira entorno a la gestión del modelado de la información de construcción. Particularmente en la publicación Volk *et al* [13] se analizaron 180 publicaciones relevantes al tema *BIM* y se demostró que para el 2014 existía un acercamiento temeroso de la aplicación de este tipo de metodologías en obras ya construidas debido a tres razones principales: el esfuerzo de la conversión de datos capturados en objetos semánticos *BIM*, la actualización de información *BIM* y el manejo de datos inciertos relacionados con objetos *BIM* a partir de las edificaciones existentes.

Conclusiones

Según los datos existentes en la base de datos *Elsevier Scopus*, el desarrollo de trabajos indexados en los campos *HBIM*, *management* y *model* inició en el año 2012 y ha incrementado a lo largo de estos ocho años, destacando 2017 y 2018 como en los que más producción indexada vinculada a estos campos, ha sido registrada. A pesar de este crecimiento y de su relación con el campo del *BIM*, la aplicación en los procesos de intervención de bienes inmuebles con declaratoria patrimonial es aún incipiente.

Países como Italia y España que destacan por contar con un gran número de edificaciones de valor histórico y patrimonial, lideran la investigación tanto a nivel de documentación como en temas de gestión y uso de herramientas digitales. En este sentido, no se evidencia que ningún país de América Latina esté realizando publicaciones de trabajos con énfasis en las temáticas descritas. Este hecho, hace necesario que se promueva la realización de proyectos de investigación que trabajen en los campos referidos en este artículo, con miras a un mayor desarrollo no solamente en Europa, sino también en otros países donde la presencia de bienes inmuebles patrimoniales se está viendo amenazada.

La investigación documental, además de enfocarse en la producción de los modelos 3D, también debe buscar entender como estas deben evolucionar a herramientas de información *HBIM* para que pueden apoyar la gestión del patrimonio histórico construido, durante y posterior a la intervención, incorporando metodologías como *DA-HBIMM* y aquellas que combinan la abstracción geométrica, con la funcionalidad del diseño arquitectónico y los objetivos de los procesos de intervención patrimonial.

Con base en lo anterior, el proyecto vinculado a la presente publicación puede analizar la producción científica centrándose en tres grandes grupos. El primero de análisis serán aquellos documentos que hacen énfasis en la producción de modelos 3D, principalmente en los generados a partir de nube de puntos; el segundo grupo corresponderá a aquellas producciones que documenten las metodologías para la producción *HBIM*. El tercer grupo de análisis serán aquellos artículos que vinculen el tema *BIM* con la gestión de intervenciones patrimoniales

Finalmente, este análisis permitió generar, para el proyecto de investigación, una base de datos robusta, ordenada según los *clusters* resultantes y priorizando aquellas publicaciones y autores más relevantes. Esto permitió iniciar la fase de análisis documental de manera organizada, comprendiendo la evolución de los conceptos vinculantes a la investigación.

Referencias

- [1] J.P. Bulgarelli-Bolaños, "Modelo de gestión de proyectos para la intervención de bienes inmuebles con declaratoria de patrimonio histórico-arquitectónico en Costa Rica", en *I Simposio Internacional de Cultura: Exploración y Puesta en Valor*, San José, CRC, 2019, pp. 124-137.
- [2] M. Aria & C. Cuccurullo, "Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis", *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959-975, Nov., 2017.
- [3] J. Moral-Muñoz, E. Herrera-Viedma, A. Santisteban-Espejo & M. Cobo, "Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review". *El profesional de la información*, vol. 29, no. 1, e29010, Ene., 2020. [DOI: 10.3145/epi.2020.ene.03]
- [4] M. Chihib, E. Salmerón-Manzano, N. Novas & F. Manzano-Agugliaro, "Bibliometric Maps of BIM and BIM in Universities: A Comparative Analysis", *Sustainability*, vol. 11, no. 16, p. 4398, 2019.
- [5] P. Riehmman, M. Hanfler & B. Froehlich, "Interactive Sankey diagrams", *IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005*, IEEE 2005, pp. 233-240, Oct., 2005. [DOI: 10.1109/INFVIS.2005.1532152]
- [6] C. Dore & M. Murphy, "Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites", In *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 369-376, IEEE, Sept., 2012.
- [7] D. Oreni, R. Brumana, A. Georgopoulos, & B. Cuca, "HBIM for conservation and management of built heritage: Towards a library of vaults and wooden beam floors". *ISPRS annals of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 5, W1, 2013.
- [8] S. Bruno, M. De Fino & F. Fatiguso, F, "Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management". *Automation in Construction*, 86, pp. 256-276, Nov., 2017.
- [9] R. Brumana, S. Della Torre, M. Previtali, L. Barazzetti, L. Cantini, D. Oreni & F. Banfi, "Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): Surveying, preservation, site intervention—the basilica di collemaggio (L'Aquila)". *Applied Geomatics*, 10, 2018. [doi:10.1007/s12518-018-0233-3]
- [10] G. Acampa, F. Forte, & P. De Paola, "BIM models and evaluations", In *Values and Functions for Future Cities*, pp. 351-363, Springer, Cham, 2020. [doi:10.1007/978-3-030-23786-8_20]
- [11] M. Capone & E. Lanzara, "Scan-to-BIM vs 3D ideal model HBIM: parametric tools to study domes geometry", In *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, pp. 219-226, 2019. [doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-219-20192019]
- [12] G. Surwase, A. Sagar, B.S. Kademani & K. Bhanumurthy, "Co-citation analysis: an overview. BEYOND LIBRARIANSHIP: Creativity, Innovation and Discovery", in *Beyond Librarianship: Creativity, Innovation and Discovery*, Mumbai, India, pp. 179-185, Sep., 2011.
- [13] R. Volk, J. Stengel & F. Schultmann, "Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs", *Automation in Construction*, 38, pp. 109-127, 2014. [DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023]
- [14] R. Quattrini, E. S. Malinverni, P. Clini, R. Nespeca & E. Orlietti, "From tIs to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture", In *3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Avila, Spain, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL-5/W4, pp. 25-27, Feb., 2015.
- [15] S. Garagnani & A. M. Manferdini, "Parametric Accuracy: Building Information Modeling Process Applied To The Cultural Heritage Preservation", In *3D-ARCH 2013 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Trento, Italy, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W1, Feb., 2013.
- [16] M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia, "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2013. [http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006]