



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL MODELADO BIM EN LA EFICIENCIA DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL EN ZONA URBANA”: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE 2010 - 2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Ghiann Jesús Emanuel Alcantara Cabrera

Asesor:

PhD. Ing. Heberth Alexander Diestra Cruz

Trujillo – Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios, porque sin su ayuda no podría hacer nada, a mi querida madre, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a Shadia, por haber estado a mi lado, ayudándome a seguir adelante cuando las cosas se ponían difíciles y a mi familia, por haberme apoyado en el transcurso de mi vida.

Ghiann Jesús Emanuel Alcantara Cabrera

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, por amarme y ayudarme en cada momento.

A mi madre, por hacer el tremendo sacrificio para que pueda tener una carrera profesional.

A las personas más cercanas a mí, por su ayuda cada vez que la necesité.

A mi familia, por darme todo su apoyo en toda mi vida.

Ghiann Jesús Emanuel Alcantara Cabrera

A Dios, por darme la salud necesaria para poder llegar hasta aquí.

A mi madre por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A mis tíos, por brindarme el apoyo necesario durante mi etapa universitaria en Trujillo.

Sebastián Rodas Alvarado

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN	7
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPITULO III. RESULTADO	16
CAPITULO IV. DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS.....	26
ANEXOS	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Artículos seleccionados para la revisión.....	16
Tabla 2: Artículos divididos por continentes	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de artículos utilizados por idioma.....	12
Figura 2: Proceso general de obtención de artículos de revisión	13
Figura 3: Porcentaje de fuentes utilizadas.....	17
Figura 4: Palabras claves	18

RESUMEN

El mundo de la construcción se encuentra en una etapa de adaptación hacia cambios significativos en los procesos de modelamiento de la información. Es así que, los profesionales vienen capacitándose para poder estar actualizados ante estos cambios que constituyen una nueva visión de los proyectos y su integración con todos los especialistas que lo conforman. Por eso, el objetivo de este artículo de revisión es dar un alcance de la literatura que se viene desarrollando en base a la influencia del modelado BIM en la eficiencia de los proyectos de construcción civil durante los años 2010 - 2020.

Se obtuvo información de bases de datos como Redalyc, Scielo, Microsoft Academic, ScienceDirect y Google Académico, logrando identificar 22 artículos mediante un análisis general, filtrando según el interés de este trabajo en 20 papers, mediante criterios como año de publicación, revista científica, idioma inglés de preferencia y español, si poseían una calidad acorde, procedencia universitaria y autoría identificable.

Mediante este filtrado, se analizó los artículos encontrados bajo diferentes perspectivas y categorías para identificar cómo influye el modelado descrito y su relevancia en proyectos de ingeniería civil.

PALABRAS CLAVES: BIM, eficiencia, gestión de proyectos, modelamiento, dimensionamiento.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el mundo de la arquitectura, ingeniería y construcción está constantemente adaptándose a los cambios que ofrece la era digital. Estos cambios se dan principalmente en las etapas de diseño (modelado), construcción, operación e incluso el mantenimiento de un proyecto (Boje, Guerriero, Kubicki, & Rezgui, 2020). Donde la finalidad es lograr la integración de las etapas anteriormente mencionadas, con la ayuda de la digitalización de toda la información que se maneja dentro del grupo encargado del proyecto en marcha (Wang, Pan, & Luo, 2019).

Así también, en busca de optimizar todos los procesos que conlleva un proyecto, comienzan a nacer nuevas metodologías de trabajos que puedan hacer más efectivo el manejo de información entre las distintas etapas, logrando así un proyecto colaborativo (Enshassi & AbuHamra, 2016). Es por ello, que se ha estado buscando nuevas alternativas con respecto al modelamiento de una obra civil, entre estas alternativas, está el modelado estadístico, el cual busca mejorar el rendimiento de una edificación, así también, gracias a la intensa búsqueda de mejoras en la construcción civil, se llega a una nueva tecnología, el modelamiento BIM (Westermann & Evins, 2019).

El modelado BIM es la representación digital de un proyecto de ingeniería, que tiene como objetivo la interoperabilidad de todos los profesionales, en los distintos procesos que conecte una obra como lo son el diseño, construcción, operación y mantenimiento (Bryde, Broquetas, & Volm, 2013). A diferencia de modelos CAD, BIM construye su entorno, bajo parámetros específicos (medidas, fabricante, cantidades, etc) (Eadie, Browne, Odeyinka, McKeown, & McNiff, 2013). Creando “objetos inteligentes” de tal manera que resulte sencillo encontrar esta información y sea factible agregarla como parte de la documentación correspondiente (Kerosuo, Miettinen, Paavola, Mäki, & Korpela, 2015). En pocas palabras el modelado BIM realiza una virtualización de un proyecto de construcción civil, teniendo en cuenta no solo el diseño geométrico, sino cualquier imprevisto que pueda surgir, para así, estar preparado y tomar las mejores decisiones en la solución de problemas (Azhar, 2011). El control de interferencias es una problemática existente que a pesar del paso del tiempo, sigue existiendo y es difícil de eliminar por la falta de capacidad y voluntad por parte de los profesionales (Martins, Schmidt, & Mendonça, 2019).

Se entiende entonces que trabajar con un modelado BIM, es en esencia conectar las distintas especialidades de tal manera que se pueda solucionar las interferencias entre una y otra, ya que, de forma tradicional, cada uno trabajaba de forma independiente y por consecuencia, demandaba tiempo su solución durante la ejecución (Contreras, Garzón, & Gomez, 2018). Logrando así, una automatización del proyecto al conectar las especialidades, lo cual ayudará a obtener mayor productividad por etapa del proyecto (Araya, 2019).

La eficiencia de un proyecto se basa en reducir situaciones imprevistas, tener una mejor gestión de costos de las etapas de un proyecto, siendo más detallistas en el presupuesto buscando minimizar pérdidas (Porras, Sánchez, Galvis, Jaimez, & Castañeda, 2015). Además, es de vital importante tener una buena planificación, ya que es aquí donde se maximiza el uso de la variable tiempo, es decir, se ejecutará cada acción que implica al proyecto en el tiempo establecido (Bohórquez, Porras, Sánchez, & Mariño, 2018).

Así mismo, debido a que en un proyecto de construcción civil se desarrolla con un grupo de trabajo, uno de los puntos vitales para mejorar la eficiencia es la buena comunicación, anteriormente la documentación se realizaba de forma física, lo que hacía que el manejo de información sea más tedioso y lento. Pero ahora con las nuevas tecnologías y metodologías esta documentación es de forma virtual, obteniendo así una comunicación más rápida (Bryde et al., 2013).

Un modelado BIM permite entender el ciclo de vida de un proyecto en cada una de sus etapas, y conocer su impacto que genera en parámetros de eficiencia, resultando desde todo punto de vista de ingeniería, atractivo de adoptar (Tang, Sheldon, Eastman, Pishdad-Bozorgi, & Gao, 2019). Por ello, debemos entender que conocer tantas características de una obra y de una forma tan detallada, produce que tengamos un mejor control de la misma, y ante cualquier imprevisto (materiales, costos, tiempos, proveedor, etc), BIM te permite conocer de manera cuantitativa como afectan, dejando la toma de decisiones a criterio del evaluador.

Por lo tanto, la presente investigación responderá a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la influencia del modelado BIM con respecto a la eficiencia de los proyectos de construcción civil en zonas urbanas?

Es por ello, que el objetivo principal de este trabajo será determinar la influencia del modelado BIM en la eficiencia de los proyectos de estructuras en edificaciones urbanas.

La presente investigación pretende dar a conocer cómo influye el modelamiento BIM en la eficiencia de proyectos, de tal manera que esta metodología sea adaptable y no cause temor y, por el contrario, resulte ser el inicio de una etapa nueva, dejando atrás los procesos tradicionales de CAD 2D. Buscando también, no solo concentrarse en la etapa de operación del proyecto, sino tomar las precauciones de un buen modelamiento desde la etapa previa al diseño, analizando distintas variables (Jobim, Stumpf, Edelweiss, & Kern, 2017).

Además, se busca proporcionar una información debidamente estructurada y corroborada, que sirva como una guía para el uso de nuevas tecnologías que se vienen aplicando no solo en nuestro país, sino a nivel mundial.

Cabe resaltar que, en el Perú, se están realizando diferentes decretos, buscando realizar una adecuada difusión para la aplicación de las nuevas metodologías de trabajo como la que describiremos.

El modelado BIM, al ser una un modelado relativamente nuevo, está pasando por diferentes procesos de adaptación en diferentes países, donde se busca la compatibilidad de las diferentes áreas que se manejan en el diseño y ejecución de un proyecto de construcción civil (Porwal & Hewage, 2013). Pero uno de los grandes avances y beneficios que trae consigo el uso de este nuevo modelado es aumentar los niveles de integración con respecto al diseño del proyecto que se quiere realizar. Tenemos así, diferentes dimensiones de diseño, como: En 3 dimensiones (3D), el cual consiste en modelar figuras geométricas. En 4 dimensiones (4D), donde además de modelar las figuras geométricas se añade la variable tiempo. En 5 dimensiones (5D) se modela en 4D más la variable costos. En 6 dimensiones (6D) abarca el modelado 5D junto con la sostenibilidad del proyecto. Y por último, en 7 dimensiones (7D), el cual termina uniendo el modelado 6D con el mantenimiento que debe tener la obra a ejecutar (Oussouboure & Delgado, 2016) (Contreras et al., 2018).

Gracias a estos tipos de modelados se pueden obtener grandes beneficios dentro del proyecto como es la reducción de tiempos en el diseño y ejecución del proyecto, también aumenta la productividad, que además conlleva a un reducción de costos, el cual es un aspecto bastante importante cuando se quiere realizar un proyecto (Machado, Sotsek, Scheer, & Santos, 2018).

Es así como vemos que el modelamiento BIM trae consigo una gran innovación para el mundo de la construcción, pero para que todo ello funcione, se requiere que todo

profesional involucrado en el mundo de la construcción se capacite constantemente, además del mejoramiento de los equipos para el uso de softwares más complejos que puedan requerir mejores gráficos, y como en todo proyecto, la comunicación dinámica y efectiva del grupo encargado del diseño y ejecución del proyecto (Volk, Stengel, & Schultmann, 2014). Teniendo en cuenta que el proyecto debe ser de calidad, es que se busca controlar las distintas variables que aparecen, modelamiento en más de 3 dimensiones, para así, obtener mayor efectividad, precisión e integración en cada uno de las etapas que sufre un proyecto de construcción civil (Yin, Liu, Chen, & Al-Hussein, 2019).

CAPITULO II. METODOLOGÍA

En esta revisión sistemática, se decidió contar con artículos de revisión y científicos, que aborden el tema del modelamiento de la información en la construcción (BIM) proyectados en diferentes criterios que miden la eficiencia y cómo afecta a los proyectos. A su vez, fue importante recolectar información en el idioma inglés (13 artículos), esto con el objetivo de encontrar la información más valiosa en nuevos conocimientos que se van dando en el mundo, siendo esta la información más relevante en este artículo de revisión. También se puede resaltar que se decidió entender el panorama local de la inserción del BIM en el habla castellana (7 artículos), por eso se consideraron estos artículos. (Ver figura 1)

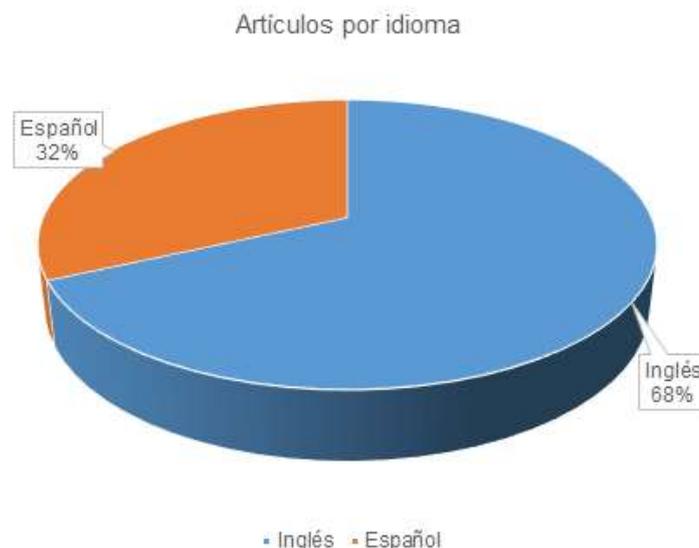


Figura 1: Porcentaje de artículos utilizados por idioma

La búsqueda se realizó a documentos que cumplan criterios como: Tener vigencia en un periodo de 10 años, ya que así se tiene la información más actualizada en el mundo de la investigación. Tener un autor o autores fielmente declarados, este criterio radica en no seleccionar alguna información anónima, donde no se puede demostrar autoría y responsabilidad de un dato informativo relacionado al paper. Pertenecer a una base de datos dedicada a publicar investigación, presume que se maneje una colección mundial y abierta a la difusión de la información para que sea de fácil acceso al lector. Cabe resaltar que era necesario que los artículos sean propiedad de una entidad dedicada a investigar, pues así se puede aceptar el contenido como fidedigno y citable cuando se crea

conveniente. Por último, debe contener al menos una de las variables a analizar y no se extienda mucho el campo investigativo hacia contextos que no se desean tomar en cuenta.

Para nuestra revisión sistemática se consultaron las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Microsoft Academic, Redalyc, Google Académico y Scielo. Estas bases de datos, contienen artículos con información confiable, certificada y accesibles a la descarga para los usuarios que deseen investigar, además de tener una interfaz de fácil manejo y filtros para discretizar las búsquedas en base a los criterios de selección.

La estrategia para encontrar la información fue utilizar palabras claves “Structure BIM”, “BIM”, “Urban Structure BIM”, “BIM projects”, “BIM Construction” “Modeling Buildings” y “Eficiencia BIM”. (Ver figura 2) De tal manera que estos cumplan con el periodo de vigencia antes expuesto y pertenezcan a un artículo sea científico o de revisión.



Figura 2: Proceso general de obtención de artículos de revisión

Utilizando la palabra clave “BIM” encontramos artículos de revisión como: “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs”, “Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry” y “The project benefits of Building Information Modelling (BIM)”, los cuales fueron extraídos de la base de datos “Microsoft Academic”. La base brinda un manejo sencillo para poder seleccionar el intervalo de tiempo (2010-2020), elegir como Top Topics “Engineering” y “Building Information Modeling”, elegir como tipo “Journal Publications” y por último ordenar por “relevance”. (Ver Anexo 1)

También se consultó en la base de datos “Redalyc”, con la palabra clave antes mencionada, donde encontramos los siguientes artículos de revisión: “Selection of constructive systems using BIM and multicriteria decision-making method”, “La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM”, “Integración entre Building Information Modeling y Project Management Institute como propuesta metodológica para la gestión de proyectos” y “Tecnologías Building

Information Modeling en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado”. Para poder escogerlos, la base de datos no tiene un adecuado filtrado en base a tópicos, por eso solo se delimitó el tiempo de antigüedad y se dispuso de leer los resúmenes para encontrar si tienen el tema de nuestro interés. (Ver Anexo 2 y 3)

Otra base de datos que se examinó con la palabra clave “BIM” fue “Scielo” de la cual encontramos artículos como: “Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción”, “Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM 5D” y “Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en una ciudad de Brasil en 2015”. En el uso de esta base de datos, se permite restringir al intervalo de años que necesitábamos, además del tipo de literatura “artículo” y por tratarse de acumular mucha información relevante de países aledaños al nuestro, se consideró seleccionar el idioma “español”. En base a las investigaciones más importantes se filtró la que fuera concerniente a la ingeniería civil. (Ver Anexo 4)

Con respecto a las palabras claves “BIM Construction” se obtuvo dos artículos de revisión llamados “Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects” y “BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis”, los cuales se ubicaron gracias al buscador “Google académico”. Se definió el intervalo específico (2010 – 2020), para que los resultados resulten los necesarios para el periodo de tiempo que queremos analizar y luego se ordenó por relevancia. (Ver Anexo 5)

En referencia de las palabras claves “Eficiencia BIM”, se encontró un artículo denominado “Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina” dentro de la base de datos “Scielo”. Se eligió el tópico “Ingenierías” y se consideró el segundo resultado, debido al campo de aplicación del primero, puesto que difiere del objetivo de la investigación. (Ver Anexo 6)

Para las palabras claves “BIM projects” se pudieron obtener dos papers, titulados “Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects” y “Graphical Representation Analysis Of Complementary Civil Projects Using "Cad 2d", "Bim" And "Ra" And Identification Of Interferences”, desde la base investigativa “Redalyc”. La información obtenida es producto de aplicar el filtro de años,

seleccionando todos los correspondientes al periodo 2010 – 2020 y verificar los que tienen el campo de aplicación que buscamos dentro de la ingeniería. (Ver Anexo 7)

En lo concerniente a las palabras claves “Modeling Building” se logró encontrar textos de revisión como “Surrogate modelling for sustainable building design –A review”, “Building information modelling for off-site construction: Review and future directions” y “A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends”, en la base de datos “ScienceDirect”. La información de la búsqueda se filtró en base al periodo descrito para esta investigación (2010 – 2020), se eligió el tipo “Review Articles” y se eligieron los tópicos “Energy and Buildings” y “Automation in Construction” ya que estos aparecen entre otros tantos como disponibles, pero se tuvo mucho cuidado de no entrar en otro campo de investigación. (Ver Anexo 8)

Para finalizar se realizó una búsqueda con las palabras clave “Urban Structure BIM”, teniendo como resultados papers titulados “Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis” y “Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research”, los cuales se puede extraer de la base de datos “ScienceDirect”. La extracción de estos artículos, es fruto de filtrar los resultados para el periodo ya descrito (2010 – 2020), se eligió el tipo “Review Articles” y se eligieron los tópicos “Energy and Buildings” y “Automation in Construction”, aparecieron algunas investigaciones utilizadas en otras palabras claves, por lo que se tuvo cuidado de no repetir alguna. (Ver Anexo 9 y 10)

De los 20 artículos de revisión analizados, estos no fueron los definitivos en un principio. Debido a que existían múltiples campos de aplicación, se tuvo cuidado y rigurosidad de no estar fuera del objetivo planteado, por ello la selección de las fuentes de revisión, requieren una atención dedicada, ya que es la materia de prima de este trabajo.

El proceso de selección de datos consistió en distribuir la información del paper, en campos como base de datos, título, universidad, si pertenece o no a la estructura IMRD (Introducción, metodología, resultados y discusión), autor, año de publicación, tipo de investigación, país, los dos conceptos principales, las palabras claves para encontrar la información, un breve resumen de algunos puntos fundamentales (objetivo, método, resultados, instrumentos de medición y conclusión) y por último concluir si merece incluirse o descartarse, de acuerdo a la información que alberga en función a lo que se desea proyectar.

CAPITULO III. RESULTADO

3.1. Tabla de artículos seleccionados por año de publicación

La siguiente tabla (tabla 1) comprende la cantidad de artículos que fueron encontrados en los 10 últimos años. Por ello, esta figura ayuda a entender cómo se distribuyeron los artículos durante el periodo de búsqueda, obteniendo como resultados un artículo en el año 2011, uno para el 2012, dos para el 2013, uno para el 2014, tres para el 2015, dos para el 2016, tres para el 2018, seis para el 2019 y uno para el 2020. Es así como se puede corroborar que los artículos analizados han sido los más actualizados para la elaboración de la presente revisión sistemática, ya que los años en que se recaudaron el mayor porcentaje de los artículos son 2015, 2018 y 2019. Logrando así, recolectar los últimos reportes que se tienen con respecto al modelado BIM en su implementación y las ventajas que ofrece con respecto al modelado tradicional.

Tabla 1:

Artículos seleccionados para la revisión



3.2. Aporte porcentual según base de datos

El presente trabajo de investigación tuvo aportes de diferentes bases de datos (Figura 3), por ello se decidió presentar en qué porcentaje fueron determinantes para poder encontrar la distinta literatura científica presentada y analizada. Este esquema estadístico dividió las 5 fuentes de información, quedando como resultado mayor, el 30% de Redalyc, en segundo lugar, el 25% de ScienceDirect, relegando al tercer lugar a Scielo con el 20%, en cuarto lugar, a Microsoft Academic con 15% y finalizando con el 10% de Google Académico. Cabe recalcar que Redalyc, la cual fue la base de datos de donde se extrajeron la mayoría

de los artículos, es una fuente de información reconocida por la gran cantidad de revistas científicas, artículos de revisión y diferentes libros electrónicos de calidad.

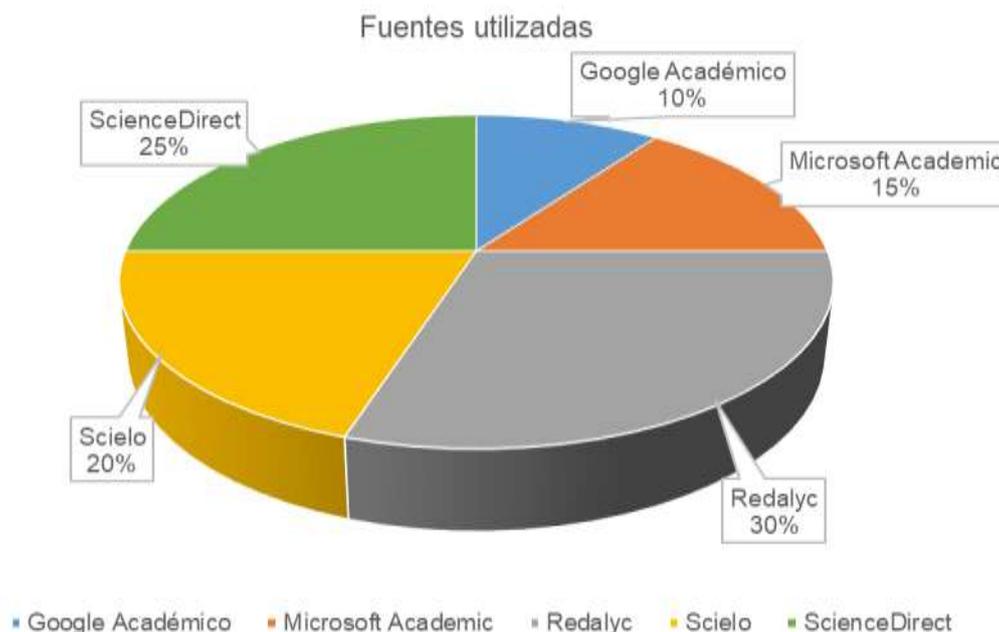


Figura 3: Porcentaje de fuentes utilizadas

3.3. Tabla de artículos encontrados por palabras claves

La siguiente figura (Figura 4), busca analizar el tipo de búsqueda que realizó para la obtención de los artículos de revisión para la presente revisión sistemática, se puede observar que las palabras empleadas fueron: “BIM”, “BIM Construction”, “BIM Projects”, “Eficiencia BIM”, “Modeling Building” y “Urban Structure BIM”. Donde la palabra más influyente, es decir, con la cual se obtuvo más artículos fue “BIM”, consiguiendo 10 artículos, que conforman el 50% del total de trabajos encontrados. Esto se debe a que, es el concepto principal de la búsqueda, por lo tanto, es normal que se encuentre en la mayoría de artículos que tengan que ver con el modelado BIM. Además, las otras palabras claves, también manejan conceptos que se quieren analizar para la revisión sistemática, como es la eficiencia, es así que para la búsqueda de cada artículo se ha tenido cuidado en utilizar palabras claves que tengan relación con los conceptos que se quieren manejar, para así poder encontrar los artículos que tengan mayor relación posible al tema en estudio.



Figura 4: Palabras claves

3.4. Tabla porcentual de papers por continente

La siguiente tabla (Tabla 2), se elaboró con la intención de mostrar cómo se vienen dando los avances de investigación y el aporte por continente de origen de los papers. Es así, que se decidió plasmar este resultado en una división del continente específico, la cantidad que repercute en esta investigación y el porcentaje que representa. Encontrando a Europa con un 25%, Asia con un 10%, Centroamérica con un 5%, aportes algo bajo para el 30% de información que se viene encontrando en América del sur y América del norte. A través de esta tabla, se puede afirmar que toda la información encontrada ha sido del extranjero, donde la metodología BIM ya ha sido avanzada y el resultado de las investigaciones tienen gran importancia en todo el mundo, muy por el contrario de lo que sucede en nuestro país, donde recién se están dando los primeros lineamientos de esta nueva tecnología en el mundo de la construcción. Además, también se tomó información de países aledaños al nuestro, pero donde la ingeniería civil consta de grandes avances, como, por ejemplo, Brasil.

Tabla 2:

Artículos divididos por continentes

CONTINENTES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Europa	5	25%
Asia	2	10%
Centroamérica	1	5%
América del norte	6	30%
América del sur	6	30%

3.5. Categorización del avance BIM

3.4.1. Operatividad del modelado BIM

El modelamiento BIM es una nueva tecnología que se está implantando en el mundo de la construcción, principalmente se basa en digitalizar todo un proyecto de construcción civil, busca la integración de la diferentes etapas y disciplinas que conlleva dicho proyecto. Es por ello que todo el paquete de modelamiento trae consigo usos de nuevos softwares aparte de los ya convencionales como el AUTOCAD 2D, que puedan ayudar a lograr los beneficios que se esperan con este nuevo modelamiento (grafical). Uno de estos beneficios es obtener una mejor coordinación y manejo de información entre especialidades al momento de diseñar el proyecto, para así poder evitar que dichas especialidades se interrumpan entre ellas, sino todo lo contrario, que se puedan complementar para tener un diseño de calidad que pueda satisfacer al cliente. Es así como BIM es un modelado colaborativo, es decir, que requiere la participación de todos los profesionales que trabajan en la obra. Además, con respecto a las etapas, el modelamiento BIM, busca que todo lo modelado de forma digital, se ejecute sin ningún cambio, habiendo previsto cualquier tipo de inconveniente o problema que se pueda suscitar en la ejecución de la obra. Es por ello, que el modelado BIM ha demostrado que puede solucionar conflictos y ayudar en la toma de decisiones que trae consigo una obra civil al lograr una mejor visualización de los procesos constructivos.

3.4.2. Dimensionamiento en BIM

El modelado BIM trae una gran innovación con respecto al dimensionamiento de un proyecto de construcción civil. Convencionalmente las edificaciones han sido modeladas en 2 y hasta 3 dimensiones, pero hoy en día BIM va mucho más allá. El dimensionamiento BIM está abarcando hasta 7 dimensiones, las cuales son desarrolladas debido que al momento de modelar un proyecto no solo se analiza la forma geométrica de la obra, sino que entran a tallar muchas más variables que ayuda a una mejor ejecución del proyecto, logrando así, los beneficios que ofrece BIM.

3.4.2.1. Dimensionamiento 3D

Se proyecta un entorno superior al CAD 2D permitiendo la visualización en tiempo real de la vista 3D mientras se va ejecutando el modelado en planta (2D). Es así que se busca dibujar de forma real las figuras geométricas que se emplean en una edificación, por ejemplo, vigas, columnas, losas, entre otros. (Oussouboure & Delgado, 2016)

3.4.2.2. Dimensionamiento 4D

El tiempo es medible gracias a la metodología BIM en su entorno 4D y estos valores son determinantes para la ejecución de la programación de obra. Además, se busca controlar todo tipo de imprevisto que pueda suceder en la ejecución de la obra, teniendo así la posibilidad de reducir riesgos y aumentar la eficiencia en el proyecto. (Oussouboure & Delgado, 2016)

3.4.2.3. Dimensionamiento 5D

El control de los costos de un proyecto es determinante para la viabilidad del mismo, por ende, el modelado BIM 5D, permite controlar este parámetro de tal manera que tenga una relación automática con algún cambio en la obra. (Volk et al., 2014)

3.4.2.4. Dimensionamiento 6D

La sostenibilidad forma parte de la importancia actual de un proyecto, debido a que se busca que el proyecto pueda ser integral, es decir, buscar la mayor eficiencia energética que se pueda alcanzar (Contreras et al., 2018). Por ello, BIM extiende el dimensionamiento para abordar esos puntos que no se tomaban en cuenta con la metodología tradicional.

3.4.2.5. Dimensionamiento 7D

BIM, además de los dimensionamientos mencionados, al buscar tener control absoluto de la obra, también se ocupa de procesos logísticos y todo lo que tenga que ver con el seguimiento de la ejecución del proyecto. (Enshassi & AbuHamra, 2016)

3.4.3. BIM en la gestión de proyectos

La gestión de proyectos basada en un modelamiento BIM, permite conocer a detalle las etapas de una obra desde su diseño, construcción, operación y mantenimiento. El poseer una plataforma digital que contenga tanta información

y un alcance tan sencillo, beneficia que la toma de decisiones se dé con una disminución de riesgos muy considerable, ya que su integración dentro de un entorno web abrevia los tiempos de coordinación a largo plazo. El hecho de implementar una metodología BIM en un área de proyectos, se debe considerar como una apuesta segura hacia la modernidad de la gestión de proyectos de construcción civil. El BIM permite mediante sus múltiples dimensiones un adecuado control en los costos y tiempos de un proyecto, en donde el proceso de optimizar estos recursos resulta ser iterativo e instantáneo. A su vez, el procedimiento de resolver disputas legales o de carácter específicamente técnico entre cliente y ejecutor, resulta ser más claro y preciso, ya que los distintos entornos que se ofrece en cualquier software que adopte BIM, brinda fluidez y nitidez ante cualquier eventualidad (Porwal & Hewage, 2013). Lo imprevisto en una obra, resulta ser un porcentaje muy reducido en comparación con épocas en que la construcción se manejaba de la manera tradicional, sin la posibilidad de vincular de manera tan veloz toda la obra. Logrando así, reducir la corrupción que muchas veces ha estado impregnada en las obras de construcción civil, justamente por la falta de control que se tenía con el modelado tradicional.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

La revisión sistemática se basó en la indagación de diferentes artículos relacionados al modelamiento BIM y todo lo que puede ofrecer con respecto a su eficacia, de allí, se desprende que la mayor cantidad de avances científicos se vienen ejecutando en los últimos años (2018 hasta 2020), esto deja notar que aún queda mucha información por descubrir, pero la elevada cantidad demuestra que está despertando un gran interés (Tabla 1). A su vez, la investigación debe estar constituida por una base sólida de información, esto se manifiesta a través de ubicar las referencias de fuentes reconocidas para la ingeniería (Figura 3). Con esto queremos dejar en claro que, se ha utilizado la mejor información para nuestra área de investigación, ya que se tuvo un riguroso filtrado, el cual ya fue descrito, que permitió discernir artículos importantes, pero con otro objetivo al de este trabajo y también estar actualizados para encontrar lo mejor de la actualidad y poder realizarle su análisis respectivo. La investigación hoy está al alcance de todos gracias a internet, es por ello que es factible encontrar textos de cualquier parte del mundo y este trabajo quiere descentralizar los contenidos, de tal manera que se conozca los avances no de una determinada zona, sino de todas las partes del planeta que la realicen. Ante esto, se evidenció un importante aporte de muchas zonas lejanas al país, pero no se quiso dejar de conocer lo que sucede en países cercanos al Perú, por eso se quiso trabajar con algunos de Sudamérica (Tabla 2). Por eso, la selección de artículos de diversos orígenes permite al momento de analizarlos, tener la capacidad de encontrar similitudes en los avances y deficiencias que faltan trabajar con BIM. La inclusión de una variedad de palabras claves permitió a este trabajo de investigación abordar papers que posiblemente no aparecían en una primera búsqueda (Figura 4). Por eso, se cree conveniente que se deben aplicar distintas maneras de llegar a la mejor información posible, ya que las bases de datos deben aportar como una herramienta y no como un obstáculo en una investigación.

Operatividad del modelado BIM

El modelado BIM y su facilidad en el uso se puede considerar amigable con el usuario que desea trabajar con esta filosofía de trabajo por su automatización, correlación de los procesos, aunque se requiera de algún incremento de tiempo a corto plazo y esfuerzo con respecto al proceso tradicional de los proyectos de construcción. Es así como uno de los puntos en los cuales se debe mejorar con respecto al modelado BIM, es reducir los tiempos iniciales con respecto a la trabajabilidad de la metodología.

Por ejemplo, en el artículo “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs”, apoya el criterio analizado, pero principalmente aplicándolo al uso del modelado BIM en edificios existentes. Es así que nosotros analizamos y planteamos que no solo se puede aplicar con este tipo de proyectos, sino a las obras que están por licitarse, desde la elaboración de su expediente técnico. Así también, BIM debe comenzar a implantarse en las diferentes empresas que corresponden al rubro de construcción civil, ya que realiza un mejor manejo de información con respecto a lo tradicional. (Azhar, 2011).

Al inicio, la adaptación al cambio puede traer consigo cierta dificultad, pero resulta necesaria para que haya un progreso en el Perú con respecto a esta área, debido a que como es conocido, hoy en día, muchas obras se muestran deficientes por la falta de integración que hay en los proyectos, ocasionado así, descontento por parte de la población que muchas veces son los que sufren las consecuencias. Por ello, resulta muy importante que cada ingeniero pueda capacitarse en esta nueva tecnología, para así estar aptos y realizar obras que busquen la mayor eficiencia en el Perú.

Dimensionamiento en BIM

La innovación de BIM trae consigo el dimensionamiento extendido en un proyecto civil dando importancia no solo a la parte física de la obra, sino toma en cuenta más variables para lograr un proyecto integral. Es así que en los artículos de revisión “La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM”, “Integración entre Building Information Modeling y Project Management Institute como propuesta metodológica para la gestión de proyectos” y “Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina”, se corrobora que el dimensionamiento en BIM abarca aspectos más de los que normalmente se conoce, como por ejemplo: tiempo, costos, sostenibilidad y mantenimiento. Es por ello que su uso añade valores agregados al proyecto, debido a que esta nueva tecnología trata de buscar la mayor precisión y eficiencia con respecto al modelado, buscando eliminar la mayoría de los errores que hoy en día se cometen con el modelado tradicional.

BIM en la gestión de proyectos

BIM con respecto a la gestión de proyectos, busca integrar cada una de las etapas que corresponden a una obra de construcción civil, ya que muchas veces, al realizar un proyecto existe mucha descoordinación entre las distintas especialidades, ocasionando

así imprevistos cuando la obra se está ejecutando. Así también, el artículo “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs” confirma la información planteada por el presente trabajo, donde se puede observar que, gracias al análisis de distintos trabajos de investigación, BIM ayuda a la reducción de riesgos principalmente en la ejecución de la obra, con lo cual está relacionado a la mejor toma de decisiones que se debe tener.

Por lo tanto, implementar BIM en la gestión de proyectos es de vital importancia para reducir pérdidas tanto de tiempo, como de recursos monetarios e inclusive evitar accidentes que vayan en contra de la vida de los trabajadores implicados. También, se va a tener un mayor control del proyecto desde la etapa de diseño hasta la operación y mantenimiento que debe tener dicha obra, evitando así, el ingreso de la corrupción que tanto ha dañado al Perú, dentro del planeamiento y presupuesto de la obra.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó 20 artículos de revisión que han sido seleccionados cuidadosamente, para así buscar la mayor calidad de información con respecto al modelado BIM. Donde el 50% de los artículos fue encontrado con la palabra clave “BIM”, además la base de datos que aportó la mayoría artículos de revisión fue “Redalyc” con un 30% del total. Así también todos los artículos fueron del extranjero, buscando información en países donde la ingeniería civil es bien desarrollado como Brasil, la cual se encuentra en nuestro continente. Otro de los criterios de la información seleccionada, fue obtener la mayoría de los artículos de revisión en inglés, debido a que hoy en día es el idioma universal, por lo tanto, se encuentra la mejor información en este idioma.

Se logró determinar la influencia del modelado BIM en la eficiencia de los proyectos de construcción, es decir, se mostró cómo esta nueva tecnología está causando un impacto en el mundo de la construcción, con lo cual se cumple con el objetivo determinado al inicio de la revisión sistemática realizada. Así también, se establece, de acuerdo con los resultados obtenidos, que el modelamiento BIM debe ser implementado en los diferentes proyectos de construcción civil, debido a las ventajas que ofrece y las distintas formas de dimensionamiento que han sido mostradas anteriormente, las cuales ayudan a una mejor toma de decisiones para obtener una obra de calidad. Además, BIM aborda la gestión de proyectos como parte del modelamiento de una obra, minimizando

inconvenientes que se puede presentar en la ejecución de dicho proyecto, optimizando tiempos y reduciendo costos.

Por supuesto que BIM puede ser mejorado en distintos aspectos como en el manejo de información, su automatización y aplicación en edificios ya existentes que requieran de mantenimiento, utilizando recursos de la web, lo cual ya se está analizando y estudiando algunas propuestas, pero aún son materia de investigación. Así también, se busca integrar este tipo de modelado con otras metodologías que se manejan dentro del área, para obtener mayor precisión en los diferentes datos que requiere un proyecto.

El modelamiento BIM, ya está ocasionando una evolución en el sector construcción, y por ello los profesionales que se mueven en dicho sector deben estar listos para los cambios, bajo constantes capacitaciones con respecto al tema. Además, se deberá seguir investigando nuevas formas de modelar, con las cuales se pueda obtener un proyecto de mayor calidad, lo cual conlleva a ser cada vez más eficaces y productivos en las distintas áreas y etapas que se manejan en un proyecto. Todo esto debido a que la tecnología avanza de manera considerable, demandando mayor exigencia en las diferentes obras que se ejecuten.

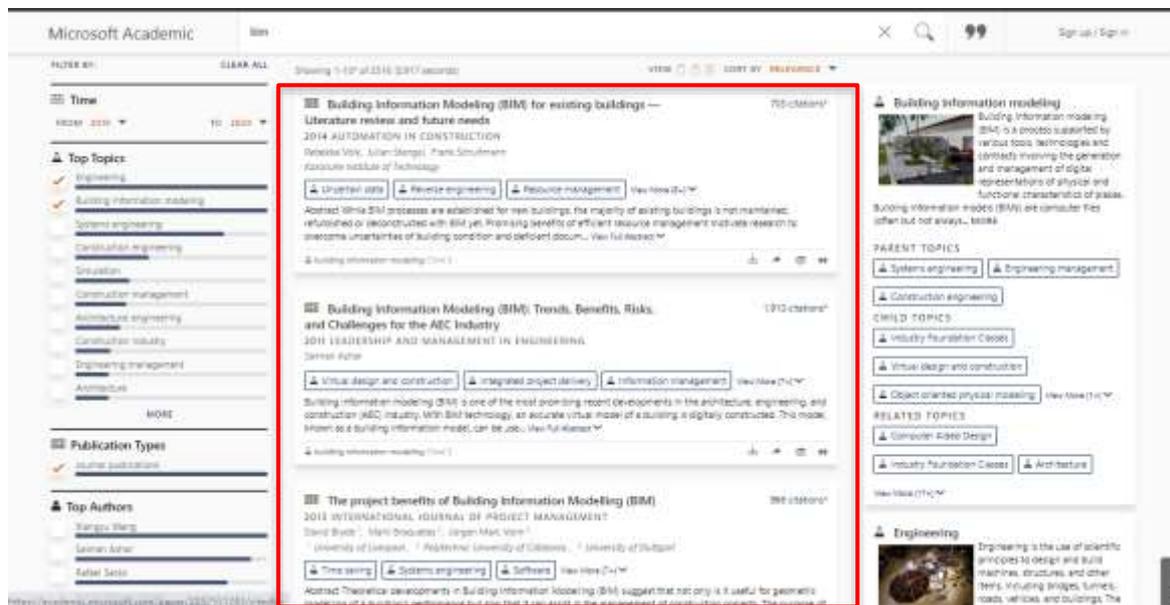
REFERENCIAS

- Araya, F. (2019). Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción. *Ingeniería de Construcción*, 34(3), 299-306.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
- Bohórquez, J., Porras, H., Sánchez, O., & Mariño, M. (2018). Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM 5D. *Entramado*, 14(1), 252-267.
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.
- Contreras, J., Garzón, Y., & Gomez, A. (2018). Integración entre Building Information Modeling y Project Management Institute como propuesta metodológica para la gestión de proyectos. *Ingeniería*, 22(3), 17.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151.
- Enshassi, A., & AbuHamra, L. (2016). Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina. *Ingeniería de Construcción*, 31(2), 127-138.
- Jobim, C., Stumpf, M. G., Edelweiss, R., & Kern, A. (2017). Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en una ciudad de Brasil en 2015. *Ingeniería de Construcción*, 32(3), 185-194.
- Kerosuo, H., Miettinen, R., Paavola, S., Mäki, T., & Korpela, J. (2015). Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects. *Production*, 25(2), 289-297.

- Machado, E. L., Sotsek, N. C., Scheer, S., & Santos, A. de P. L. (2018). Selection of constructive systems using BIM and multicriteria decision-making method. *Revista ALCONPAT*, 8(2), 209-223.
- Martins, L. F., Schmidt, M. A. R., & Mendonça, A. L. de A. (2019). Graphical representation analysis of complementary civil projects using «CAD 2D», «BIM» y «RA» and identification of interferences. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 25(2), e2019011.
- Oussouboure, G., & Delgado, R. (2016). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11, 1-11.
- Porras, H., Sánchez, O., Galvis, J., Jaimez, N., & Castañeda, K. (2015). Tecnologías “Building Information Modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado. *ENTRAMADO*, 11(1), 230-249.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204-214.
- Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., & Gao, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, 101, 127-139.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
- Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, 103, 41-52.
- Westermann, P., & Evins, R. (2019). Surrogate modelling for sustainable building design – A review. *Energy and Buildings*, 198, 170-186.
- Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Building information modelling for off-site construction: Review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 72-91.

ANEXOS

- Anexo 01: Base de datos Microsoft Academic



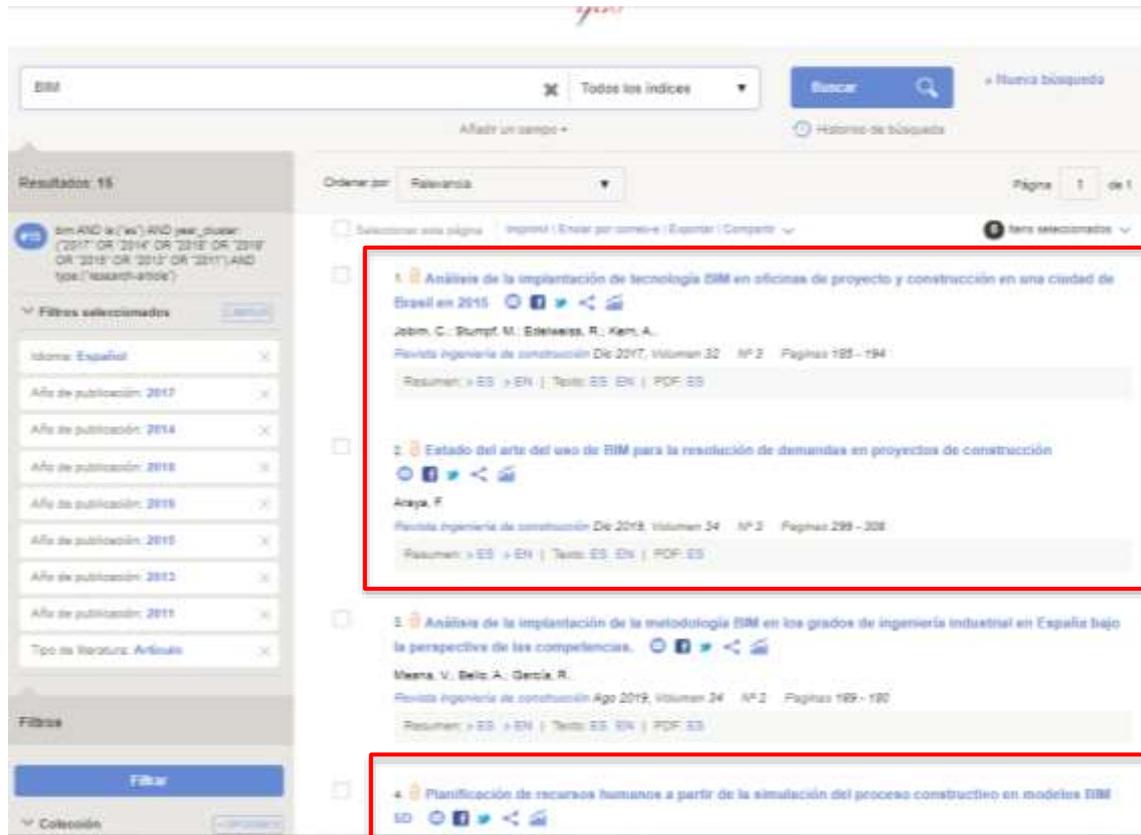
- Anexo 02: Base de datos Redalyc.



- Anexo 03: Base de datos Redalyc.

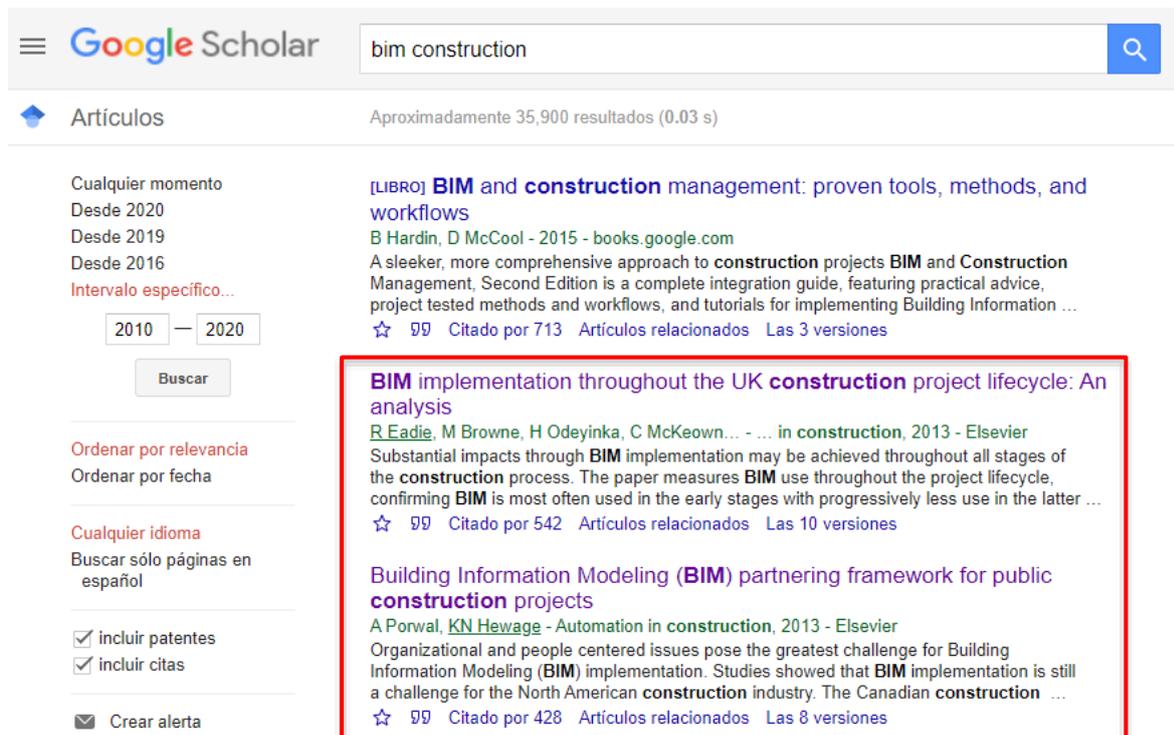


- **Anexo 04: Resultados de búsqueda en Scielo.**



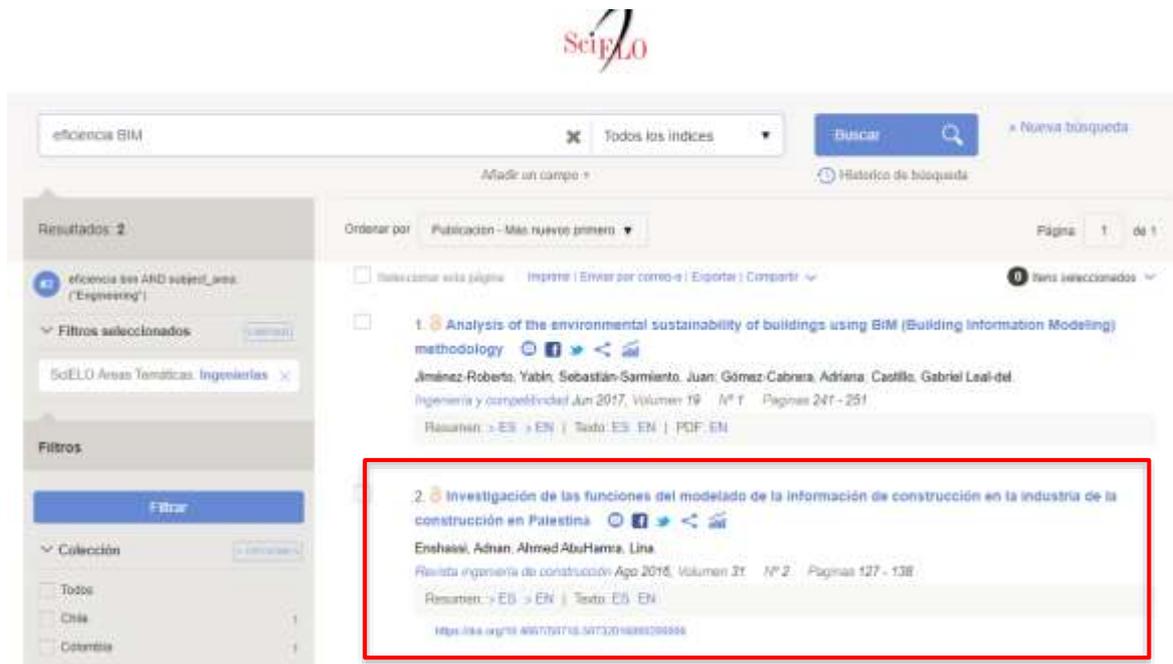
The screenshot shows the Scielo search interface. The search term 'BIM' is entered in the search bar. The results page shows 15 results. The first result is highlighted with a red box: 'Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en una ciudad de Brasil en 2015'. The second result is also highlighted: 'Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción'. The fourth result is highlighted: 'Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM'. The interface includes filters for language (Español), publication year (2017, 2014, 2018, 2016, 2015, 2012, 2011), and document type (Artículo).

- **Anexo 05: Resultados de la búsqueda en Google académico.**



The screenshot shows the Google Scholar search interface. The search term 'bim construction' is entered in the search bar. The results page shows approximately 35,900 results. The first result is highlighted with a red box: 'BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis'. The second result is also highlighted: 'Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects'. The interface includes filters for date (Desde 2020, Desde 2019, Desde 2016), intervalo específico (2010 - 2020), ordenar por relevancia, ordenar por fecha, cualquier idioma, buscar sólo páginas en español, incluir patentes, incluir citas, and crear alerta.

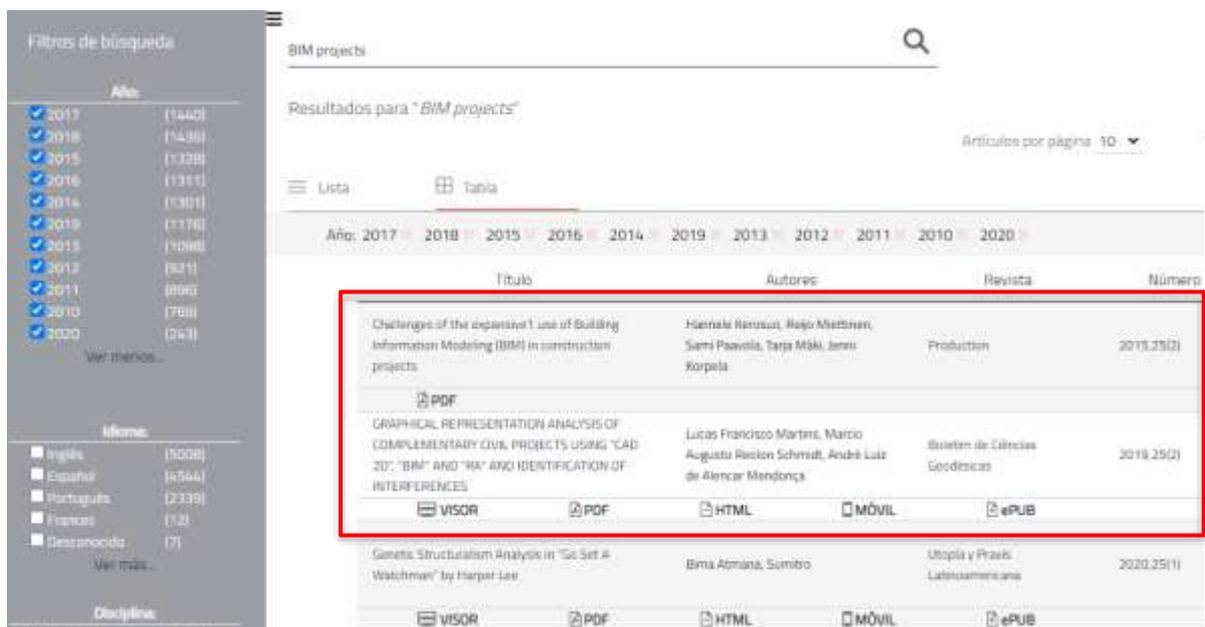
- **Anexo 06: Resultados de la base de datos Scielo.**



The screenshot shows the Scielo search interface with the query 'eficiencia BIM'. Two results are displayed:

- 1. Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology**
 Jiménez-Roberto, Yabín, Sebastián-Sarmiento, Juan, Gómez-Cabrera, Adriana, Castillo, Gabriel Laal-del.
Ingeniería y complejidad, Jun 2017, Volumen 19, N° 1, Páginas 241 - 251.
 Resúmenes: > ES > EN | Texto: ES, EN | PDF: EN
- 2. Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina**
 Enshawi, Adnan, Ahmed AbuHanna, Lina.
Revista ingeniería de construcción, Ago 2016, Volumen 31, N° 2, Páginas 127 - 138.
 Resúmenes: > ES > EN | Texto: ES, EN
<https://doi.org/10.48670/1810.5073.2016.02.00006>

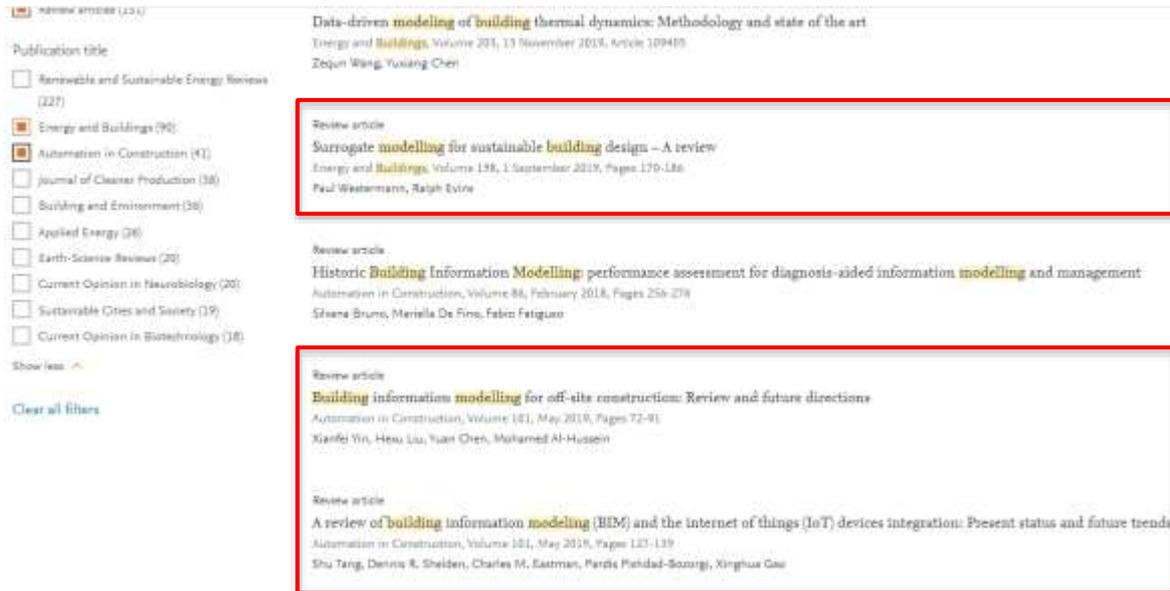
- **Anexo 07: Resultados de la base de datos Redalyc.**



The screenshot shows the Redalyc search interface with the query 'BIM projects'. The results are filtered by year (2017-2020) and language (English). Two results are highlighted:

Título	Autores	Revista	Número
Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects	Hiemala Hietosa, Hejo Mattinen, Sami Paavola, Taru Mäki, Jenni Korpela	Production	2019, 25(2)
GRAPHICAL REPRESENTATION ANALYSIS OF COMPLEMENTARY CIVIL PROJECTS USING "CAD 2D", "BIM" AND "RA" AND IDENTIFICATION OF INTERFERENCES	Lucas Francisco Martins, Marcio Augusto Resolin Schmidt, André Luiz de Alencar Mendonça	Boletim de Ciências Geodésicas	2019, 25(2)

- Anexo 08: Resultados de la base de datos ScienceDirect



Renewable articles (133)

Publication title

- Renewable and Sustainable Energy Reviews (227)
- Energy and Buildings (90)
- Automation in Construction (41)
- Journal of Cleaner Production (38)
- Building and Environment (36)
- Applied Energy (36)
- Earth-Science Reviews (20)
- Current Opinion in Neurobiology (20)
- Sustainable Cities and Society (19)
- Current Opinion in Biotechnology (16)

Show less

Clear all filters

Data-driven **modeling** of **building** thermal dynamics: Methodology and state of the art
Energy and Buildings, Volume 201, 13 November 2018, Article 109485
Zejun Wang, Yuxiang Chen

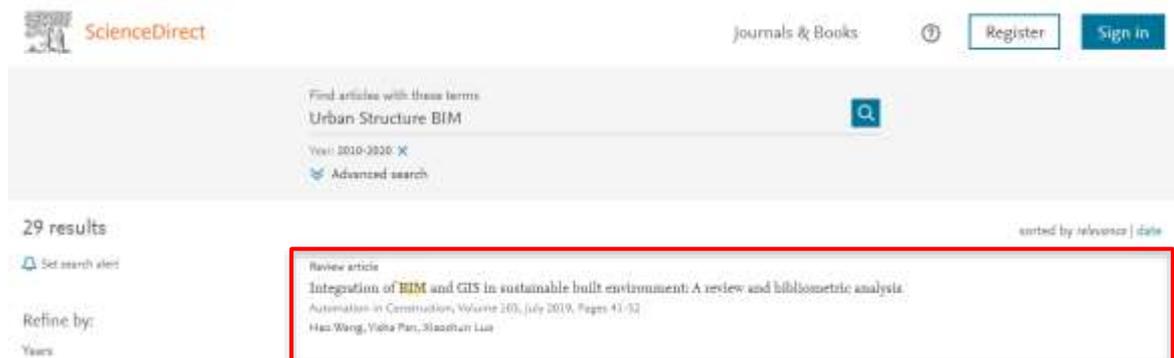
Review article
Surrogate **modelling** for sustainable **building** design – A review
Energy and Buildings, Volume 198, 1 September 2019, Pages 170–186
Paul Westermann, Ralph Estra

Review article
Historic **Building** Information **Modelling**: performance assessment for diagnosis-aided information **modeling** and management
Automation in Construction, Volume 86, February 2018, Pages 256–278
Sílvia Bruno, Mirella De Fina, Fábio Fatuzzo

Review article
Building information **modelling** for off-site construction: Review and future directions
Automation in Construction, Volume 101, May 2019, Pages 72–91
Xianfei Yin, Houxu Liu, Yuan Chen, Mohamed Al-Husseini

Review article
A review of **building** information **modeling** (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends
Automation in Construction, Volume 101, May 2019, Pages 125–139
Shu Tang, Dennis R. Shelden, Charles M. Eastman, Pardis Pehdad-Sozorgi, Xinghua Gao

- Anexo 09: Resultados de la base de datos ScienceDirect.



ScienceDirect Journals & Books Register Sign in

Find articles with these terms
Urban Structure BIM

Years: 2010-2020 X

Advanced search

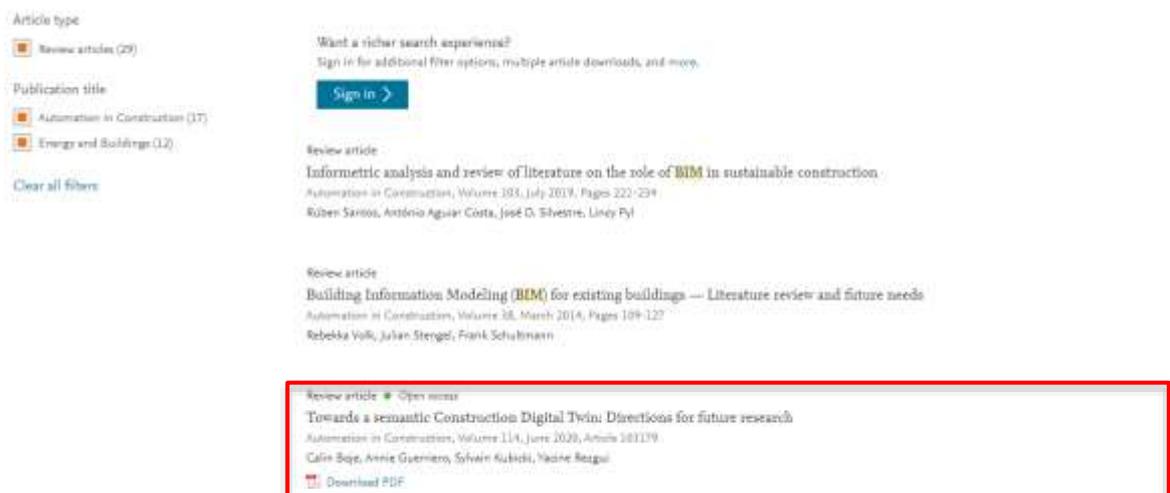
29 results sorted by relevance | date

Set search alert

Refine by:
Years

Review article
Integration of **BIM** and **GIS** in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis
Automation in Construction, Volume 103, July 2019, Pages 41–52
Hao Wang, Yidra Pan, Xiaodun Luo

- Anexo 10: Resultados de la base de datos ScienceDirect.



Article type

- Review articles (29)

Publication title

- Automation in Construction (37)
- Energy and Buildings (12)

Clear all filters

Want a richer search experience?
Sign in for additional filter options, multiple article downloads, and more.
Sign in >

Review article
Informetric analysis and review of literature on the role of **BIM** in sustainable construction
Automation in Construction, Volume 103, July 2019, Pages 222–234
Ruber Santos, António Aguiar Costa, José D. Silvestre, Lindy Pyl

Review article
Building Information Modeling (**BIM**) for existing buildings — Literature review and future needs
Automation in Construction, Volume 88, March 2018, Pages 109–127
Rebekka Volk, Julian Stengel, Frank Schultmann

Review article • Open access
Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research
Automation in Construction, Volume 114, June 2020, Article 103139
Cafre Bojo, Annie Guerrero, Sylvain Kubacki, Yvonne Rezagui

Download PDF