

Recibido: abril de 2022  
Aprobado: junio de 2022

## PILOTOS PARA LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO ENTORNO A LA DIGITALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN EN MEDELLÍN, COLOMBIA\*

Carlos Andrés Rúa Machado\*\*  - Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Sergio Andrés Arboleda López\*\*\*  - Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia

Nicolás Serna Machado\*\*\*\*  - Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v19i1.2833>

### Como citar:

Rúa Machado, C., Arboleda López, S., & Serna Machado, N. (2022). Pilotos para la transferencia de conocimiento entorno a la digitalización en la construcción en Medellín, Colombia. *Revista M*, 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.15332/rev.m.v19i1.2833>

Transferencia de conocimiento entorno a la digitalización en la construcción.



### Resumen

La investigación de la cual deriva el presente artículo busca fomentar el aprendizaje mediante la articulación de escenarios CAE (clúster-academia-empresa) que permitan socializar criterios y establecer lenguajes formales del conocimiento frente a la adopción de BIM (Building Information Modelling) de forma interactiva y predefinida. Para ello se formaron grupos focales con el objeto de nivelar conceptualmente los alcances de BIM desarrollando criterios en común, generándose un banco de preguntas y respuestas relacionadas con el tema; posteriormente, se seleccionan las brechas para consolidar este proceso de medición con las entrevistas en Santiago de Chile, para identificar las principales entidades y empresas promotoras de su digitalización y comprender sus particularidades, así como las posibilidades de transferencia de conocimiento como escenario de digitalización en la construcción. Así, se identifica que BIM se entiende como una metodología, pero su gestión, conocimiento y práctica son bajos; la visualización, coordinación y gestión de presupuestos es incipiente. Por consiguiente, se concluye que la socialización de estos pilotos guiados permite una mejor comprensión entre actores y ayuda a entender las interfases de información.

**Palabras clave:** Difusión de tecnologías, Building Information Modelling (BIM), transferencia de conocimiento, digitalización, cooperación técnica.

\* Tipo de artículo: Artículo de investigación científica y tecnológica. Título de la investigación vinculada al artículo: "Pilotos para la transferencia de conocimiento entorno a la digitalización en la construcción en Medellín, Colombia". Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

\*\* Arquitecto. Especialista en Gestión Empresarial y magíster en Administración. Su especialidad es el área de Gestión de Proyectos. Docente tiempo completo y coordinador de la Especialización en Interventoría de proyectos y obras en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Correo electrónico:  
caruama@unal.edu.co

\*\*\* Arquitecto. Especialista en Interventoría de Proyectos y Obras, especialista en Construcción Sostenible. Magíster en Construcción.

Correo electrónico:  
sergio.arboleda@colmayor.edu.co

\*\*\*\* Ingeniero civil y especialista en Gerencia de Proyectos.

Correo electrónico:  
nicolas.serna@colmayor.edu.co.

# PILOTS FOR KNOWLEDGE-TRANSFER TO ADDRESS DIGITIZATION IN CONSTRUCTION AT MEDELLÍN, COLOMBIA



Transfer of knowledge about digitization in construction.

## Abstract

This research aims to promote learning through the articulation of CAE (Cluster-Academy-Company) scenarios that allow socializing criteria and establishing formal languages of knowledge regarding the adoption of BIM (Building Information Modeling) in an interactive and predefined way. Initially, focus groups were formed in order to conceptually level the scope of BIM and develop common criteria, generating a bank of questions and answers related to the subject; subsequently, gaps are selected to consolidate this measurement process with the interviews in Santiago de Chile, to identify the main entities and companies promoting its digitization and thus understand their particularities, as well as the possibilities of knowledge transfer as a scenario of digitization in construction. In this consolidation it is possible to identify that BIM is understood as a methodology, but its management, knowledge and practice are low. Additionally, the visualization, coordination and management of budgets is quite incipient. Therefore, it is concluded that the socialization of these guided pilots allows a better understanding among actors and helps to understand the information interfaces.

**Keywords:** Technology diffusion, Building Information Modelling - BIM, Knowledge transfer, digitalization, technical cooperation.

# INTRODUCCIÓN

## LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y BIM DENTRO DEL CONTEXTO ACTUAL

La transformación digital es sin duda un imperativo para avanzar a escenarios de mayor transparencia y productividad en muchos sectores (Avendaño, 2016) y se considera que es más un asunto de cultura, personas y estrategia que de tecnología (Ruiz-Falcó, 2019), ofreciendo un enorme potencial para la innovación y el desempeño en las organizaciones, las personas, las industrias y la sociedad (Vial, 2019).

Para el caso de la arquitectura, la ingeniería, la construcción y las operaciones, en adelante sector AECO (Architecture, Engineering, Construction & Operations), es cada vez más importante implementar el uso de tecnologías que permitan digitalizar u optimizar procesos para mejorar la integración interdisciplinar y transdisciplinar de quienes gestionan, diseñan, construyen y operan edificaciones e infraestructura (Gerbert, 2016). Según la WEF (World Economic Forum, 2018), en este marco de transformación, se torna necesaria la adopción de lo que se conoce como BIM (Building Information Modeling) para mejorar la productividad, y como un primer paso importante hacia la digitalización de la industria, lo que requiere de una interacción y colaboración de toda la cadena de valor de esta, un aspecto que sigue siendo un horizonte por alcanzar (Mossman, 2020) (Abdulwahed et al., n.d.) (Andújar - Montoya, 2015). Ahora bien, BIM se establece como un dominio de conocimiento expansivo (Succar y Kassem, 2016), el cual está en pleno desarrollo en muchos países (Bain, 2020). Se trata de un sistema de procesos basado en información que involucra la generación y gestión de representaciones digitales (prototipos virtuales) que crean valor a largo plazo y mejoran la posibilidad de optimización e innovación en los proyectos de construcción (Project Management Institute, 2016).

Aun así, pese a su aceptación en algunos países, todavía existen brechas de conocimiento sobre cómo debe adoptarse y cómo se deben establecer los procesos de transferencia de conocimiento en todas las áreas clave que involucran una gestión integrada en BIM (Qi et al., 2021) (Ekundayo et al., 2020). En este sentido, la difusión de BIM, no solo implica retos asociados a la transferencia de conocimiento, la gestión del conocimiento y la capacidad de cooperación (Kassem y Succar, 2017), sino también la participación interinstitucional como elementos clave para el diseño de procesos de implementación de tecnologías y nuevos modelos de gestión (Ren, 2019) que permitan ampliar los criterios sobre cómo pueden establecerse los mecanismos de adopción.

Para hacer esto posible, es necesario articular espacios en los que participen los actores del sector AECO de forma dinámica, en especial las instituciones de educación superior, dado que estas deben comprender las capacidades y competencias que requieren tener sus egresados frente a los cambios que exige la transformación digital en torno a BIM (Departamento Nacional de Planeación, 2016) (Botero et al., 2015) (Meana et al., 2019) y, así mismo, deben promover investigaciones con el concurso de las empresas, para contribuir al desarrollo de spin-off o vinculando investigadores universitarios a incubaciones tipo start-ups orientadas a la resolución de problemas específicos que no hacen parte del “core” del negocio de las compañías del sector (Castro et al., 2020). Se trata de identificar en el horizonte qué servicios y productos están fuera del alcance directo de las capacidades corporativas u operativas de una organización, cualquiera sea su nicho, para incentivar la creación de empresas especializadas de base tecnológica que den una respuesta ágil y contundente para impulsar una economía circular que permita transferir conocimiento a la cadena de valor del sector, de forma activa y progresiva (Bolívar-Cruz et al., 2017) (Pinilla y Florez, 2019) (Ayala, 2021).

Sin embargo, en Colombia, la mayoría de los investigadores (95,6 %) solo están vinculados a instituciones de educación superior, lo que limita la transferencia de conocimiento al sector productivo y al sector público (CPC, 2021). En ese orden de ideas, si se piensa transformar e innovar en un sector que ha tenido arraigo por las prácticas y métodos tradicionales (Andújar - Montoya, 2015) (Antolín-López et al., 2013) (Carvalho et al., 2019), uno de los retos es justamente cambiar dicha realidad, buscando que, a través de los gremios, los clústeres, las empresas y academia se fomente una participación activa y con ello la construcción de un conocimiento colectivo que le haga frente a los cambios que propone la tecnología (Qi et al., 2021) (Saka y Chan, 2019).

Así pues, teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo de la iniciativa derivada de la investigación busca fomentar el aprendizaje mediante la articulación de escenarios CAE (clúster-academia-empresa) que permitan socializar criterios y establecer lenguajes formales de conocimiento frente a la adopción de BIM, como una forma interactiva y con métodos predefinidos, de tal manera que el conocimiento de base para abordarla tenga una condición sistémica (Nonaka et al., 2008) (Ocampo, 2015) y este se transfiriera de forma transparente y adaptativa a los entornos productivos en los que se están digitalizando procesos de gestión en la construcción.

### Metodología aplicada para el desarrollo de la investigación

El público objetivo para esta investigación se definió a través de una convocatoria impulsada por el clúster Hábitat Sostenible de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (CCMA), el cual conforma redes empresariales colaborativas, y facilita la participación de diferentes actores del mercado.

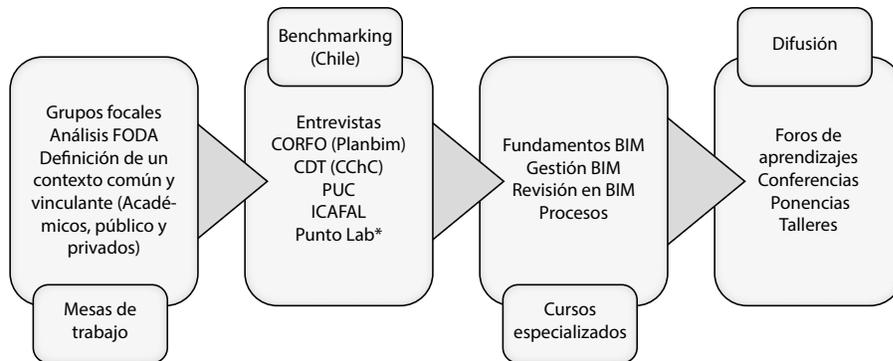


Figura 1. Componentes estratégicos de la investigación

A estas redes se vinculan empresas y profesionales pertenecientes a la cadena de valor de la industria de la construcción en Medellín y su área metropolitana. Entre estos se encuentran empresas constructoras, diseñadores en distintas especialidades, empresas de generación de energía y manejo del agua, así como proveedores y consultores en gestión de proyectos de edificación e infraestructura. También, se convoca a las universidades e instituciones de formación y entidades del sector público que desarrollan proyectos urbanos y de infraestructura, con el fin de tener la participación y representación de actores de todo el ecosistema AECO.

El primer ejercicio consistió en mesas de trabajo, donde se definió un contexto común entorno a lo que se entiende por BIM con el objeto de nivelar conceptualmente los alcances de esta y desarrollar criterios en común (figura 1). Dicho ejercicio reveló que entre los participantes había disparidad de conceptos y no todos conocían con claridad qué era BIM y cómo ello incidía en su sector. Los resultados de esta primera parte fueron el insumo para establecer un mecanismo de medición sobre los criterios que utilizan o no los profesionales,

estudiantes, profesores y demás actores con relación a la problemática planteada, y con ello dimensionar el nivel de conocimientos en la materia y cómo son los usos de BIM en cada uno de los sectores. Para ello no se buscaron datos concluyentes o arreglos estadísticos, el objeto era realizar una construcción entre los participantes para definir qué se percibe como fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades con relación al concepto BIM.

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los elementos centrales en el análisis de las mesas de trabajo estuvo enfocado en el conocimiento como objetivo meta, de tal manera que la socialización de ideas bajo el desarrollo de una matriz DOFA permitiera revisar los drivers más relevantes de la puesta en consenso. Ese análisis resume las cuestiones más importantes sobre el entorno empresarial y la capacidad de respuesta que pueden afectar con más probabilidad el desarrollo de una estrategia (Johnson et al., 2006).

Así pues, para cada sector se identificaron una serie de palabras clave permitiéndonos estudiar y representar estas en una red de relaciones del tipo uno a uno (Co-Word), con un analizador para buscar las coocurrencias de primer orden. Estas son palabras que se encuentran cerca de otra para generar los vectores de contexto de primer orden (Tello, López, Sosa, 2010). Generalmente, uno de los objetivos habituales de estas redes de palabras es conocer cuáles son los conceptos comunes dentro de un conjunto dado de actores; es por ello por lo que en algunos casos estas representaciones se denominan también redes cognitivas o redes semánticas (Doerfel, 1998). El analizador (T-LAB+) conforma parejas de predecesores y sucesores, calculando las transiciones y proporcionando, para este caso en particular, las relaciones con las palabras obtenidas en las sesiones con los participantes y con ello explorar las relaciones que existen entre nodos (palabras clave).

Dado que el enfoque de la investigación estaba orientado a la transferencia de conocimiento, se tomó esta última como foco para sensibilizar la identificación de factores clave en la estrategia de los pilotos. A partir de esto, la cercanía entre palabras clave se representa gráficamente como se observa en la figura 2, destacando en color azul y con líneas punteadas aquellas que definen las precedencias con mayor relación a la palabra definida como nodo (conocimiento), y en color naranja, con líneas punteadas, las palabras sucesoras con mayor aparición en las mesas de trabajo.

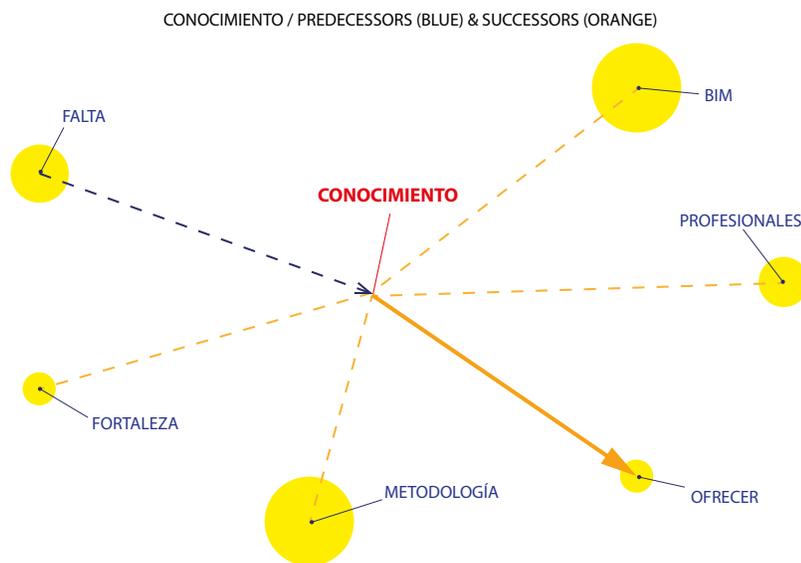


Figura 2. Red de relaciones a partir de la identificación de palabras clave

De esta forma, la red de relaciones generada identifica que la variable origen es la palabra “falta”, la cual precede el nodo de análisis y a partir de este se desprenden las variables

sucesoras entre las cuales se identifica la de mayor asociación directa representada por una línea más gruesa y continua. En la figura 2 se muestra esta relación, señalando la palabra ofrecer como una clave en relación con el nodo conocimiento.

Entonces, si bien, es un esquema simple, intuitivo y aparentemente obvio, lo que se buscó con este método de análisis fue corregir sesgos que pudiesen desviar la atención sobre lo que debería definirse como eje articulador de los pilotos en una estrategia de digitalización, y de esta manera concentrar los esfuerzos en ello. En la figura 3 se expone el esquema de trabajo que se utilizó en la definición de los criterios para la estructuración de los pilotos.

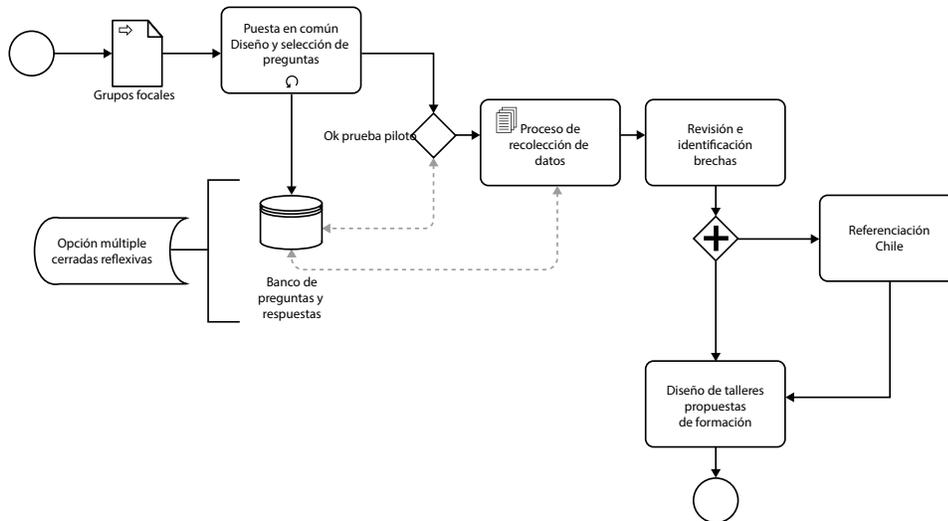


Figura 3. Proceso de diagnóstico en la definición de la estrategia de transferencia de conocimiento Hábitat Sostenible CCMA.

En correspondencia con este proceso, se diseñó una serie de preguntas que entre sí permitieran medir, de forma general, qué tanto conocimiento se tenía sobre entornos de digitalización y el uso de herramientas y procesos asociadas a BIM (Building Information Modelling), siendo esta otra de las palabras que más se mencionaron en los grupos focales.

## Resultados de la investigación

Si bien el proceso de medición se realizó entre octubre y noviembre de 2018, los resultados aportaron elementos valiosos para la identificación de las brechas y contribuyeron como fuente de información significativa para definir en qué aspectos se enfocarían los cursos y talleres para la transferencia de conocimiento y cuál sería su orientación temática, además, si se contextualiza que el país está iniciando su proyecto estratégico de transformación digital del sector (Departamento Nacional de Planeación, 2020), ello podría servir como referente en el desarrollo de procesos de formación en dicho campo.

Dentro de este marco se destacan los siguientes resultados: El 74,2% de los participantes pertenece al sector privado (constructoras/consultores/diseñadores), lo que marca claramente el interés de los profesionales y su necesidad de estar a la vanguardia de la digitalización; el 16,6% de los actores pertenecen a áreas académicas y, el 9,2% al sector público, para este último sector la concentración principal está en la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU), quienes han realizado grandes avances en el desarrollo de procesos e implementaciones digitales (Jiménez, 2020).

Ahora bien, de toda la población participante en la encuesta el 60,9% indicó tener un nivel de formación de posgrado (especialización/maestría/doctorado) y un 34.4% formación de pregrado. Como se observa en la figura 4, dentro de la población participante (153

respuestas) se percibe un conocimiento relativamente bajo sobre BIM y a pesar de que la variable *Entiendo*, desde la perspectiva metodológica, tiene una valoración más alta que las demás, se concluye que la mayoría de los participantes entienden BIM como una metodología, pero los datos señalan que su aplicación o implementación es muy baja, lo cual cuestiona efectivamente si la comprensión es amplia y suficiente para implementar o adoptar BIM como una estrategia de digitalización.

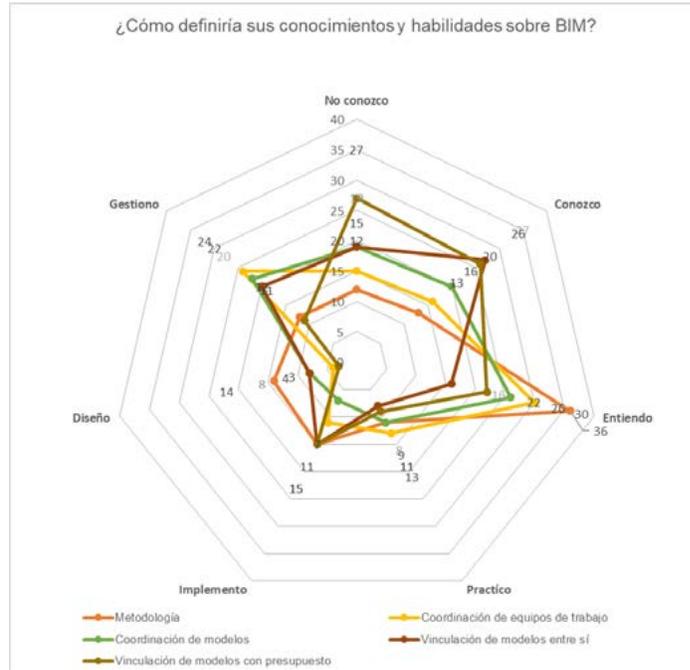


Figura 4. Distribución de variables generales asociadas al BIM

Así mismo, las variables *Gestiono*, *Implemento* y *Práctico*, comparativamente, tienen una escala de valoración menor con respecto a algunos contextos de aplicación de BIM, lo cual ratifica el análisis realizado en las mesas de trabajo, es decir, se entiende BIM como una metodología (línea naranja), pero su conocimiento, práctica y gestión son bajos.

Por su parte, las aplicaciones particulares que se establecen en la medición buscaban también identificar dónde se focalizan los usos de los instrumentos que brinda el contexto BIM. En este sentido se identifica que aspectos como visualización, coordinación y gestión de presupuestos a través de BIM es bastante incipiente. Un ejemplo de ello es el ítem coordinación de modelos, el cual muestra un indicador muy bajo del concepto de colaboración entre diseñadores.

En el caso del modelado 3D de la información, bien sean diseños arquitectónicos, o diseño de sistemas técnicos de forma independiente; es decir, sin coordinación y vinculación paramétrica interoperable, no representa por completo el intercambio de información (datos y meta datos de los modelos). Según Succar (2008), esto supone todo un reto para desarrollar metodológicamente la gestión de proyectos de construcción a través del uso intensivo de medios informáticos. Esto teniendo en cuenta que la digitalización no se limita al desarrollo de modelos de forma independiente, ya que debe existir una articulación basada en flujos de información sincrónicos y entornos de datos compartidos CDE (Common data environment) interoperables y accesibles para las partes interesadas bajo distintos niveles de interacción, de tal manera que se pueda establecer realmente como un marco metodológico integral para todos y cada uno de los actores y sectores participantes.

Frente a esto, si se observa de forma independiente cada uno de los sectores en torno a cómo se percibe el conocimiento en cada uno de estos, se valida que el grado de conocimiento es mucho más bajo en la academia como se ve en la figura 5, lo que alerta sobre la necesidad de establecer iniciativas que permitan la interacción y puesta en común de conocimiento a través de propuestas colectivas e integrales. Así pues, trabajar en este aspecto resulta relevante si se tiene en cuenta que la educación debe estar contextualizada desde la realidad en la cual se gestan sus dinámicas, así como desde las exigencias de aquellos actores que la viven de forma permanente (Sebasti y Granados, 2020). De igual forma tiene un papel fundamental dentro de la promoción de la investigación y la profundización de estrategias que busquen fortalecer la base de conocimiento y con ello el desarrollo de propuestas para implementar modelos de enseñanza-aprendizaje en escenarios digitales que deberán asegurar los futuros profesionales del sector.

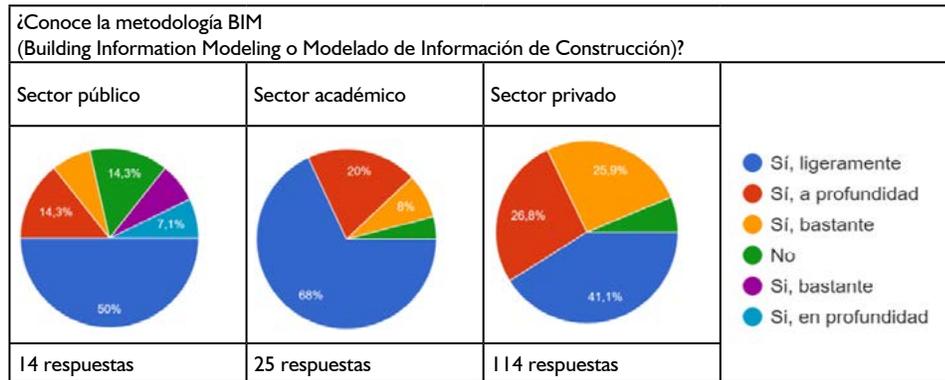


Figura 5. Correlación de la percepción de conocimiento en cada sector

Finalmente, el proceso de medición desarrollado en Medellín se consolida y enriquece comparativamente con las entrevistas realizadas en la ciudad de Santiago de Chile, a partir de las cuales se buscó identificar las principales entidades y empresas promotoras de la digitalización en Chile y con esto comprender las particularidades de cada una de ellas, así como las posibilidades de aplicación o transferencia de conocimiento asociadas al abordar BIM como escenario de digitalización en la construcción. El proceso mencionado se desarrolló teniendo en cuenta el esquema de referenciación que se observa en la figura 6.

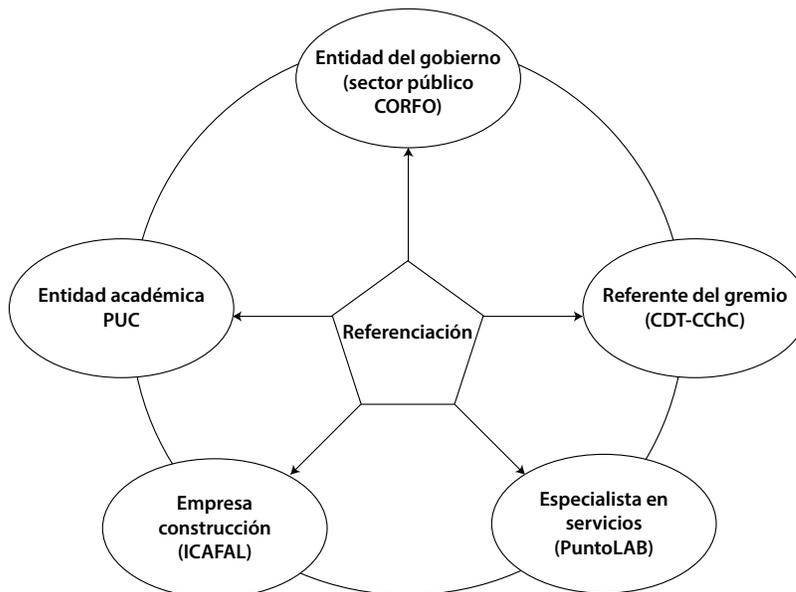


Figura 6. Ejes de referenciación de la visita

## Referenciación: La transformación digital en Chile

En los últimos dos años en Latinoamérica, ocho de cada 10 empresas (81,9%), afirmaron tener cifras muy positivas con relación a su retorno de inversión (ROI), por lo que perciben un valor superior a los recursos invertidos al implementar BIM (Lacaze, 2021), lo que refleja grandes beneficios y a su vez una tendencia clara hacia la digitalización. La dinámica entorno a este tema es una realidad que se ve representada, no solo por los propósitos que los gobiernos están comenzando a definir, sino también porque las empresas identifican ello como un aspecto de alta importancia para sus índices de competitividad.

Tabla 1. Iniciativas articuladas en el marco de transformación digital en Chile

Iniciativas y proyectos	Objetivo
PlanBIM	Incrementar la productividad y sustentabilidad –social, económica y ambiental– de la industria de la construcción, mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones.
Centros tecnológicos I+D+I	CIPYCS Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable. Desarrollar servicios y capacidades interdisciplinarias habilitantes que generen conocimiento transferible a través de difusión tecnológica, al servicio del país y la industria. CTeC Centro Tecnológico para la Innovación en Productividad y Sustentabilidad en la Construcción. Promover la transformación tecnológica del sector construcción.
DOM en línea	Proveer los servicios necesarios para que todos los ciudadanos puedan realizar los trámites que se efectúan en las direcciones de obras municipales a través de internet.
Modernización de marcos contractuales	Promover un nuevo estándar de contratos, que disminuya los conflictos en proyectos de construcción, para mejorar la productividad en la industria y transformarla en un referente internacional.
Consejo de construcción industrializada CCI	Promover la industrialización como una estrategia que permita apoyar el desarrollo de la industria de la construcción nacional.
Actualización de normativa y certificación sustentable	Definir los principios generales de sustentabilidad relacionados con las edificaciones y otras obras de construcción, así como la definición de las pautas para los indicadores de sustentabilidad relacionados con las edificaciones y proyectos de ingeniería civil.
Gestión de residuos en la construcción RCD	Fomentar y promover la gestión sustentable de los residuos, bajo el foco de Economía Circular.
Centro de Extensionismo Tecnológico de la Construcción	Dar apoyo a las empresas de la construcción disminuyendo las brechas que impactan en los niveles de productividad, en especial en las pequeñas y medianas empresas, por medio de herramientas que permitan el desarrollo y crecimiento a través de diagnósticos, asesoría dedicada, herramientas de planificación y mejoras en las prácticas de gestión.
Becas de Capital Humano	Financiar el desarrollo de capacidades, conocimiento y habilidades para BIM. Esta iniciativa es impulsada por la Gerencia de Desarrollo Competitivo de CORFO y gestionada por PlanBim, pertenecientes al Comité de Transformación Digital.

Al contextualizar las perspectivas de los encuestados en Chile, fue posible dimensionar cómo este país ha logrado desarrollar una estrategia integral, en la que la promoción y difusión de BIM se convirtió en el eje de su transformación digital, convirtiéndose así en un referente y modelo para seguir en la región (Centro y Sur América). Así pues, el compromiso del gobierno de la entonces presidenta Bachelet fue enfocar la transformación digital desde las entidades públicas, incorporando BIM como sistema de cambio en los proyectos públicos (BIM forum, 2016), generando de esta forma avances importantes para este país, los cuales hoy se ven reflejados en el Programa Estratégico de Productividad y Construcción Sustentable, Construye 2025 y un estándar unificado para el intercambio de

información entre solicitante y proveedores bajo el concepto BIM (Soto et al., 2019). En la tabla 1 se detallan las estrategias que derivaron de dicho plan y los instrumentos de gestión que apalancan toda su estrategia.

Ahora bien, los factores comunes entre estos actores se pueden observar en la tabla 2 donde se identifican las coincidencias en relación con las estrategias, modos de trabajo, estructuras, prácticas y métodos para lograr el establecimiento de las iniciativas y proyectos que se relacionaron previamente (tabla 1).

Resulta importante mencionar que las entrevistas realizadas giraron en torno a la pregunta *¿En qué se basa la estrategia de transformación digital cuando se habla de BIM y qué elementos son priorizados por ustedes?* Dicha pregunta, de estructura abierta, buscaba respuestas que no se encasillaran en parámetros preconcebidos, de manera tal que los encuestados explicaran abiertamente sus experiencias y aprendizajes (tabla 2).

Tabla 2. Perspectivas de los actores en el ecosistema de transformación digital de la construcción en Chile.

Entrevista	¿En qué se basa la estrategia de transformación digital cuando se habla de BIM y qué elementos son priorizados por ustedes?
CORFO Corporación de Fomento de la Producción. Agencia del Gobierno de Chile, encargado del fomento de la producción nacional y promotora del crecimiento económico regional	Nicolás Espinosa Sandoval: “La estrategia de CORFO a través de PlanBIM tiene como objetivo incrementar la productividad y sustentabilidad social, económica y ambiental de la industria de la construcción, mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones que promuevan su modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de las obras”. “La base fundamental de este cambio está en el replanteamiento de procesos”.
ICAFAL Empresa de ingeniería, construcción, gestión inmobiliaria, concesiones, ferrocarriles, servicios, maquinaria y otras	Ignacio Falcone Gallo/ Paula Gutiérrez Moya: “En el convencimiento que, como empresa, el uso de tecnologías nos dará una ventaja competitiva y con ello invertir en un plan de implementaciones de forma gradual”. “Medir ineficiencias, estudiar y priorizar las adaptaciones necesarias sobre los procesos y métodos de trabajo en los que se puedan incorporar herramientas digitales como A360”.
PUC Pontificia Universidad Católica de Chile	Ph.D. Claudio Mourgues Álvarez “Para la PUC, la estrategia está en el alineamiento de competencias y conocimientos con las necesidades de la industria”. “Otro factor es participar activamente en instancias de difusión y desarrollo como BIM Fórum Chile, CDT y la Cámara Chilena de la Construcción”. “La prioridad es la cooperación y lograr vínculos entre el gobierno y las universidades, fruto de ello ha sido la creación del Centro Interdisciplinario para la Productividad y la Construcción Sustentable (CIPYCS) con CORFO y el laboratorio de Experiencias Virtuales Inmersivas (EVI Lab), donde estamos implementando estrategias y desarrollo de procesos para el trabajo interdisciplinar”.
CDT Corporación de Desarrollo Tecnológico (Cámara Chilena de la Construcción)	Javier Vallejos González / Paola Yañez Quiroga “En la agrupación de acciones vinculantes con distintos organismos público-privados para la promoción de BIM como marco de digitalización, entre estas, por ejemplo, el modelamiento de objetos BIM para establecer la Librería Nacional BIM, en esta iniciativa participa CORFO”. “La innovación, el desarrollo tecnológico y la productividad también hacen parte de ese objetivo, donde la sustentabilidad es un elemento clave para el cambio cultural, igualmente promoviendo cursos y seminarios que permitan ampliar los conocimientos del sector de forma común”.
Punto Lab Empresa asesora de CORFO en tecnología y la capacitación para el área de la construcción. Participa en comité de estándar BIM.	Esteban Campos / Benica Fuenmayor “Nuestros programas obedecen a una lógica que escalona la enseñanza en una ruta de aprendizaje en distintos niveles, aportando a la estrategia de Plan-BIM-CORFO una serie de cursos que permiten generar una dimensión clara sobre qué es BIM, cómo ello se consolida como una metodología”. “Esto permite en los estudiantes el desarrollo de capacidades comunes”. “Priorizamos sobre el diseño metodológico de procesos y con estos el desarrollo de habilidades en el uso de herramientas que permitan digitalizar los mismos”.

Los elementos identificados permiten esbozar el escenario de desarrollo que, en Chile, se ha venido estructurando desde hace más de seis años, y cómo a través de sus pilares: estrategia, personas, procesos y tecnología (Soto et al., 2019) se consolida su liderazgo en digitalización de la construcción. En la figura 7 se puede observar un modelo conceptual que es una aproximación del ecosistema identificado durante la referenciación, el cual permitiría un acercamiento a las variables de este en relación con la estructuración de dinámicas que puedan replicarse en otros países que están en proceso de modernización del sector de la construcción e infraestructura.



Figura 7. Modelo conceptual de las variables más relevantes dentro de la estrategia chilena

Este modelo muestra la existencia de una independencia dentro del ecosistema de transformación, sobre la ejecución de la implementación de la estrategia nacional. Como se observa, PlanBim articula espacios en los que todos los interesados de la cadena de valor del sector pueden participar y ello se ve positivamente impactado por la respuesta que da el gremio, la academia y otros actores mediante la creación del BIM Fórum, siendo este un interlocutor de alto valor para la estrategia, pero en definitiva es el gobierno a través de CORFO y PlanBim, quien establece las políticas en una puesta en común con una regulación plenamente unificada.

Según Gerbert (2016) esto va completamente en línea con lo establecido por el Foro Económico Mundial donde se señala, como una de las mejores prácticas, a la implementación estricta de estándares desde los gobiernos, estableciendo un carácter transparente y de anticorrupción que favorezca a la innovación. Esto incluye evaluar el desempeño de forma periódica y desarrollar una cartera de procesos de mejores prácticas para adaptarse a la gran variedad y tipologías de proyectos que se materializan a través de la cadena de valor del sector. Así pues, la armonización de las especificaciones técnicas de los productos y servicios puede hacer que las industrias sean más eficientes y se puedan derribar las barreras. Pero solo sucederá si todos los actores de la cadena de valor actúan en la creación de escenarios de transformación, difusión y colaboración, donde los gobiernos jueguen un papel importante en la promoción de BIM (World Economic Forum, 2018).

Es así como la adopción de esta forma colectiva que ha venido aplicando Chile, pone una agenda de referencia para el resto de la región y ello parece estar dándose en Colombia a partir de lo anunciado por el Departamento de Planeación Nacional (Departamento Nacional de Planeación, 2020) con la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, en la que se espera que hacia 2026 Colombia tenga un mandato BIM consolidado.

## Implementación de los pilotos

Así pues, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, tanto en las mesas de trabajo en Medellín como en las entrevistas realizadas en Chile, para la implementación de los pilotos se diseñan una serie de talleres, seminarios internacionales y dos cursos de formación denominados “Dirección de proyectos en BIM” y “Revisión en BIM”, con los cuales se configura la estrategia de transferencia de conocimiento (tabla 3). Estos talleres y cursos son impartidos por la firma Punto Lab para unificar el contexto BIM e identificar sus alcances, luego, a través de esta nivelación se ejecutan talleres de procesos para fortalecer la base de conocimiento necesaria para abordar las interfases de gestión de la información en un caso o proyecto real.

Tabla 3. Estructura de los cursos

Dirección de proyectos en BIM	Revisión en BIM
Introducción BIM	Antecedentes
Usos BIM	Revisión BIM
Procesos y planificación BIM	Colaboración BIM
Estándares BIM	Interoperabilidad
Roles BIM	Unificación e Interferencias
Tecnología BIM	Informes/ Cubicación/ Simulación 4D
Implementación (talleres)	Simulación Energética BIM
32 horas	32 horas

En estos espacios se introduce el concepto de cadena de valor y el relacionamiento de equipo como variables fundamentales para transferir e intercambiar conocimientos, esto conjugado a través de una herramienta conocida como SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs and Customer), con el propósito de mapear los detalles de gestión de requisitos e información en un proceso de diseño (figura 8). El mapeo SIPOC permite definir un sistema de participación entre las personas (SPP), donde se integran un conjunto de actividades interdependientes de forma sistemática, se canalizan criterios y se representa cómo se debe entregar un producto, servicio o proyecto para cumplir con los requisitos del cliente (Hernández y Vizán, 2013) (O'Connor y Swain, 2013).



Figura 8. Estructura de los talleres

Ahora, para llevar a cabo estos talleres de simulación, se establecieron equipos de trabajo conformados por 4 o 5 personas, con un total de 54 profesionales participantes de distintas empresas (constructoras, consultores, diseñadores, servicios e infraestructura), con el fin de recrear un escenario de gestión de información (interdisciplinar) en fase de estructuración

(diseños-licitación) y facilitar con el SIPOC su relacionamiento e involucramiento (figura 8). Esto es un componente de gestión que se introduce para articular la estrategia y acciones necesarias de promoción y participación de los interesados en la toma de decisiones (PMI, 2021) y se reconoce como una de las premisas identificadas en el proceso de referenciación.

De esta forma, se logra una puesta en común de las variables de comunicación y requisitos de información (reglas) que deben ser acordadas en un proyecto antes de diseñar un Plan de ejecución BIM (PEB) e iniciar la gestión de requisitos con el cliente, de tal manera que los flujos de información en el desarrollo e integración de diseños a través de modelos 3D fluyan como una coreografía con mayor claridad y con el menor número de reprocesos. Esta perspectiva sugiere que el modelado de la información, que define el alcance del producto (diseños e información técnica), debe ser el resultado del modelado del alcance de proyecto (procesos de gestión). Para ello, las organizaciones involucradas pueden poner en marcha la cooperación implementando sistemas de *software* que se comporten de acuerdo con procesos definidos y su integración conduce a la llamada colaboración que, sin embargo, debe mostrar un comportamiento relacionado con la especificación global (Corradini et al., 2018), no obstante, ello es un aspecto que requiere ser investigado en detalle para identificar mecanismos de su aplicabilidad.

Por otro lado, en la figura 9 se describe el modelo de gestión planteado en los talleres. La característica principal del modelo se basa en el ciclo de vida del proyecto, que, para el caso del piloto, se acota entre las interfases de diseño-licitación, donde los participantes desarrollan una conversación mediada por el SIPOC para sincronizar los entregables y sus interacciones en las etapas de desarrollo contenidas entre dichas interfases. Allí los especialistas tienen la oportunidad de dimensionar las variables que habilitan las coreografías de procesos entre sistemas técnicos, sistemas estructurales, arquitectura y estos a su vez con los procesos de estimación relacionados con las dimensiones de tiempo (4D) y costo (5D).

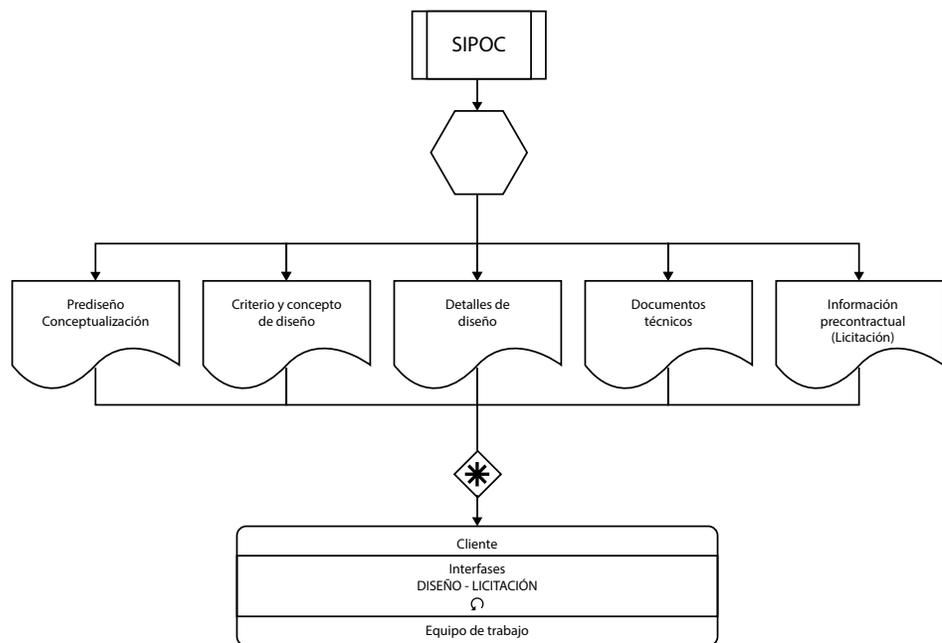


Figura 9. Modelo de gestión de los talleres - diagrama de colaboración

Finalmente, las estrategias de proyecto pueden ser adaptadas con una perspectiva holística, por lo que este piloto explora una forma de hacer la articulación de equipos, incluida la contextualización de cada proyecto a sus externalidades y las complejidades caracterizadas por la transitoriedad de los equipos. Esto estimula la exploración de metodologías que

puedan potenciar la gestión de BIM, al respecto el PMI indica: “La personalización tiene como objetivo maximizar el valor, gestionar las limitaciones y mejorar el rendimiento mediante el uso de procesos, métodos, plantillas y artefactos ‘suficientes’ para lograr el resultado deseado del proyecto” (2021), lo que refleja una ganancia para todas las partes interesadas.

El ejercicio termina con un espacio de reflexión, donde se concluye que los procesos de transferencia y puesta en común entre distintas empresas es un escenario que cambia las perspectivas y rompe el efecto de lo que comúnmente prevalece en el desarrollo de proyectos dentro del sector de la edificación e infraestructura.

## CONCLUSIONES

La socialización de estos pilotos guiados permite una mejor comprensión entre actores y ayuda a entender las interfaces de información, que, por las características de formación y multiplicidad de formas de trabajo, generan un escenario muy complejo. Por esto, el mapeo, en un medio de articulación como el SIPOC, es un ejercicio que impacta positivamente el relacionamiento profesional y favorece la gobernabilidad de los entornos comunes de trabajo, por lo que es un aspecto que debe profundizarse con mayor detenimiento. Lo anterior teniendo en cuenta, que gran parte de los problemas asociados a BIM obedecen a la forma en que se organizan y configuran los equipos de trabajo; dado que, al comprender y unificar los criterios de trabajo en interacción de actores es posible habilitar escenarios interoperables con mayor claridad (Parsanezhad y Tarandi, 2013) (Olawumi et al., 2018). Siendo así, que la repetición de estos escenarios puede ayudar a las compañías a ver los flujos de procesos a través de las funciones comerciales y detectar cualquier brecha frente a sus capacidades en la implementación de tecnologías (Akella et al., 2015).

Ahora bien, otro de los aspectos identificados con el uso de medios de coordinación como el SIPOC es que, al formalizar y normalizar los criterios para la secuencia, interacción y requisitos de información se establece un primer nivel de colaboración, que es esencial para abordar las secuencias de intercambio de información mediante el uso de sistemas y plataformas para la digitalización. Por tanto, más allá de la estrategia de consolidación de la información (federada o integrada), al definir un SIPOC, los agentes desarrollan capacidad para gestionar los criterios para configurar contenedores de información y transferencia de datos de forma estructurada, aspecto que es ampliamente señalado por ISO 19650 y que beneficia el proceso de gestión del proyecto, dado que los conocimientos y experiencia subyacentes como el desglose de información, a través de WBS o EDT permite a los equipos la mitigación de riesgos relacionados con la gestión de la información.

De esta manera, los resultados dejan claro que BIM es un aspecto de interés profesional en el sector económico de la construcción y que su adopción, con el tiempo, será un indicador clave frente a los retos de mejoramiento de la productividad, la calidad y mejores prácticas de gestión que tenemos para potenciar el desarrollo de los diseños en proyectos de construcción e infraestructura del país, además de su integralidad técnica y humana.

Por su parte, la referenciación en Chile ofreció una base de criterios muy importantes frente al devenir de los procesos de adopción tecnológica que deben seguir las empresas y las instituciones para estar a tono con esta evolución disruptiva y cómo las dinámicas regionales podrían apalancar estas prácticas a través de iniciativas orientadas al liderazgo, la participación y la transferencia de conocimiento como ejes de transformación y desarrollo de sinergias en el contexto nacional. En este aspecto, se comprende que la adopción de tecnología (*hardware* y *software*) no son relevantes sin la presencia de procesos de gestión del cambio, reconocimiento de renovación y actualización de procesos, diseño e implementación de nuevos procesos, uso de estándares y gestión del capital humano.

En el caso del desarrollo de los talleres y procesos de formación, estos dejaron una perspectiva mucho más clara sobre lo que es BIM y cómo se deben estructurar los contenidos temáticos y definir acciones de capacitación por parte de las empresas para sus colaboradores. De la misma manera, el Foro Internacional dejó grandes aprendizajes gracias a la participación y liderazgo del clúster Hábitat sostenible de la Cámara de Comercio de Medellín.

Así pues, la realización de este tipo de ejercicios permite obtener criterios para entender cómo se debe abordar todo el proceso de cambio en el sector, en este sentido es altamente relevante la vinculación del sector académico con el productivo, de tal forma que el desarrollo sea consecuente con las exigencias y oportunidades que ofrece tanto la tecnología como los estándares y mejores prácticas a nivel global.

## REFERENCIAS

Abdulwahed, M., Bouras, A., y Veillard, L. (s.f). *Industry Integrated Engineering and Computing*.

Akella, J., Gargi, N., y Mehrotra, T. (2015). *Putting digital process innovation at the center of organizational change*. McKinsey Digital. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/putting-digital-process-innovation-at-the-center-of-organizational-change>

Andújar-Montoya, M.D. (2015). *Modelo de gestión integral de la ejecución de la obra para la personalización masiva en edificación residencial. Un enfoque basado en BPM*. Universidad de Alicante

Antolín-López, R., Martínez-del-Río, J., y Céspedes-Lorente, J. (2013). Cooperación y competencia como antecedentes de la innovación de producto. ¿Aplican las empresas nuevas y establecidas una lógica diferenciada? *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, 19(1), 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2012.09.001>

Avendaño, E. (2016). El imperativo digital: la gestión empresarial en la era digital/The digital imperative: business management in the digital era. *Boletín de Estudios Económicos*, LXXI, 2016.

Ayala M. (2021, May 11). Constructoras: pandemia acelera la digitalización, pero sin cambio cultural. *Diario Financiero*, 5-6.

Bain, D. (2020). 10th Annual BIM Report 2020. In *NBS Enterprises Ltd*.

BIM forum (2016). Presidenta anuncia uso de BIM para mejorar productividad (Issue Conferencia Enade 2015).

Bolívar-Cruz, A., Fernández-Monroy, M., y Galván-Sánchez, I. (2017). La cooperación tecnológica universidad-empresa: el rol de la comunicación. *Journal of Technology Management & Innovation*, 12(3), 67-77. <https://doi.org/10.4067/s0718-27242017000300007>

Botero, T. S., Puche, E. D., y Botero, L. F. B. (2015). Building Information Modeling como nueva tecnología en la enseñanza de la ingeniería civil, la arquitectura y la construcción. *Arquetipo*, 0(10), 84-110.

Carvalho, J. P., Bragança, L., y Mateus, R. (2019). Optimising building sustainability assessment using BIM. *Automation in Construction*, 102 (February), 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021>

Castro, Á. M., Martínez, H. E., y Camacho-Pico, J. A. (2020). Factores determinantes en la creación de Spin-off Universitarias. *Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(2), 62-75.

Corradini, F., Morichetta, A., Polini, A., Re, B., y Tiezzi, F. (2018). Collaboration vs. choreography conformance in BPMN 2.0: From theory to practice. Proceedings - 2018 IEEE 22nd International Enterprise Distributed Object Computing Conference, *EDOC 2018*, 95-104. <https://doi.org/10.1109/EDOC.2018.00022>

CPC. (2021). *Informe nacional de competitividad 2020-2021*, 100-127.

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2016). *Estrategia de Estandarización de Proyectos 2016-2018*. (Documento CONPES 3856).

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. In CAMACOL, BIM Forum Colombia.

Doerfel, M. L. (1998). What constitutes semantic network analysis? A comparison of research and methodologies. *Connections*, 21(2), 27-36.

Ekundayo, D., Shelbourn, M., y Babatunde, S. O. (2020). Collaborative multidisciplinary learning: Quantity surveying students' perspectives. *Industry and Higher Education*. <https://doi.org/10.1177/0950422220944127>

Escobal, E. (26 de abril del 2021). *¿Cómo acelerar la digitalización del sector constructor en el Perú?* <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-acelerar-la-digitalizacion-del-sector-construccion-en-el-peru>

Hernández J. C., y Vizán A. (2013). Lean manufacturing. In *Escuela de la organización Industrial-EOI*. Fundación Eol.

Jiménez, J. D. (2020, february 16). Obras públicas de Medellín ahora se diseñan en tercera dimensión. *El Colombiano*.

Johnson, G., Scholes, K., y Whittington, R. (2006). *Dirección estratégica*. (7th ed.). Pearson.

Kassem, M., y Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81 (April), 286-299. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>

Lacaze, L. (2021). *Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020*. In *Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020*. <https://doi.org/10.18235/0003023>

Meana, V., Bello, A., y García, R. (2019). Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 169-180. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000200169>

Mossman, A. (2020). Construction is Broken. *Lean Construction Blog*. <https://leanconstructionblog.com/construction-is-broken.html>

Nonaka, I., Toyama, R., Hirata, T., Bigelow, S. J., Hirose, A., y Kohlbacher, F. (2008). Leading the Knowledge-Creating Firm. *Managing Flow*, August, 53-69. [https://doi.org/10.1057/9780230583702\\_4](https://doi.org/10.1057/9780230583702_4)

Ocampo, J. G. (2015). La gerencia Bim como sistema de gestión para proyectos de construcción. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 14(38), 17-29.

O'Connor, R., y Swain, B. (2013). Implementing Lean in construction: Lean tools and techniques – an introduction. *CIRIA C730*.

Olawumi, T. O., Chan, D. W. M., Wong, J. K. W., y Chan, A. P. C. (2018). Barriers to the integration of BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts. *Journal of Building Engineering*, 20, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.06.017>

Parsanezhad, P., y Tarandi, V. (2013). A holistic approach to acquisition of Building Information for a more efficient collaboration. In 7th Nordic Conference on Construction Economics and Organization, Akademika Forlag, June 12-14, 2013, 461-468.

Philipp Gerbert, S. C. C. R. y A. R. (2016, May.). Shaping the Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Technology. *World Economic Forum (WEF)*.

Pinilla, C., y Flórez, L. (2019). Generar impacto social a través de las spin-off. *Emprendimiento y Territorio*, 19(34), 75-78.

PMI. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. (Seventh ed). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2016). *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. In PMI (Ed.). Project Management Institute (2nd ed.). PMI.

Qi, B., Razkenari, M., Costin, A., Kibert, C., y Fu, M. (2021). A Systematic Review of Emerging Technologies in Industrialized Construction. *Journal of Building Engineering*, 39, 102-265. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102265>

Ren, M. (2019). Why technology adoption succeeds or fails: an exploration from the perspective of intra-organizational legitimacy. *Journal of Chinese Sociology*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40711-019-0109-x>

Ruiz-Falcó, F. (2019). Análisis empírico de la transformación digital en las organizaciones. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 6(1), 35-52.

Saka, A. B., y Chan, D. W. M. (2019). A scientometric review and metasynthesis of building information modelling (BIM) research in Africa. *Buildings*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/buildings9040085>

Perilla, J. S. A. y otros. (2020). *Diseño curricular y transformación de contextos educativos desde experiencias concretas*. <https://doi.org/10.22518/book/9789585511293>

Soto, C., Manríquez, S., y Godoy, P. (2019). Estandar Bim para proyectos públicos intercambio de información entre solicitantes y proveedores. *Estandar BIM*, 152.

Succar, B., y Kassem, M. (2016). Building Information Modelling: Point of Adoption. CIB World Congress, May, 1-11.

Tello, E., López, I., Sosa, V. (2010). Prototipo para desambiguación del sentido de las palabras mediante etiquetado de palabras y relaciones semánticas. *Avances En Sistemas e Informática. Revista UNAL*, 7, 27-32. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/38695>

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

World Economic Forum. (2018, February). An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption. *World Economic Forum*, 2, 1-19.

