

02-003

FUTURE APPROACH TO THE DIGITAL TRANSFORMATION OF PROJECT MANAGEMENT

Pampliega García, Carlos Javier ⁽¹⁾

⁽¹⁾ PMI Madrid, Spain Chapter

This presentation will check the current dimension of digitization as a management tool and the future perspective of project management through digital tools. Through a literature review, we will check the trends and the application of technology to transform architectural, engineering, and construction projects. At a high level, project management is not yet digitized, although technology is used to optimize project management processes. Several real projects show us results that would serve as examples to foster a deep digital transformation of construction. New business models are being implemented in the construction sector thanks to the digitization of project management. The rapid growth of digital technologies and the data collected by devices and apps are increasingly pushing organizations to transform their business through digital project management. Ongoing research seeks to conclude some constraints to overcome to achieve digital transformation of architecture and construction projects. In addition to creating a digital culture, the project organization must break down industry-specific barriers and create new opportunities through an adaptive and innovative mindset.

Keywords: digital transformation; business intelligence; construction industry; decision making; digitalization

FUTURO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

Esta presentación comprobará la dimensión actual de la digitalización como herramienta de gestión, y la perspectiva de futuro de la gestión de proyectos mediante el uso de herramientas digitales. A través de un análisis de la bibliografía comprobaremos las tendencias y la aplicación de la tecnología como palanca de transformación de los proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción. A alto nivel, la gestión de proyectos aún no está digitalizada, aunque se utiliza la tecnología como herramientas para optimizar los procesos de gestión de proyectos. Una serie de proyectos reales nos muestran resultados que servirían de ejemplo para fomentar una profunda transformación digital de la construcción. Se están implantando nuevos modelos de negocio en el sector de la construcción gracias a la digitalización de la gestión de proyectos. El rápido crecimiento de las tecnologías digitales y los datos que recopilan los dispositivos y las aplicaciones empujan cada vez más a las organizaciones a transformar su negocio mediante la gestión de proyectos digitales. La investigación en curso trata de concluir una serie de limitaciones a superar para lograr la transformación digital de los proyectos de arquitectura y construcción, derribando barreras específicas de la industria y crear nuevas oportunidades mediante una mentalidad adaptativa e innovadora.

Palabras clave: transformación digital; digitalización; construcción; arquitectura; inteligencia artificial



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La digitalización de la gestión de proyectos se refiere a la integración de tecnologías digitales en los procesos de gestión de proyectos. Esto incluye herramientas de software, plataformas de colaboración en línea y soluciones de gestión de datos. La digitalización permite a los gerentes de proyectos hacer un seguimiento más preciso de los proyectos, monitorear el progreso en tiempo real y mejorar la toma de decisiones.

Se ha tomado como punto de partida el análisis bibliométrico realizado por C. Marnewick y A. Marnewick (2022) por ser el más actual que refleja el creciente interés sobre los tópicos referidos a las tecnologías y la digitalización de la dirección de proyectos. Este análisis revela que, a nivel general, la gestión de proyectos aún no está completamente digitalizada. Si bien las tecnologías digitales se utilizan como herramientas para optimizar los procesos de gestión de proyectos, la disciplina en sí misma no se ha transformado completamente. Sin embargo, se ha observado un aumento en el número de publicaciones sobre la digitalización de la gestión de proyectos en los últimos años, lo que sugiere un interés creciente en el tema.

El anterior análisis bibliométrico también ha identificado las herramientas digitales más utilizadas en la gestión de proyectos. Las plataformas colaborativas de gestión de proyectos son ampliamente utilizadas por los gerentes de proyectos para monitorear el progreso y asignar tareas a los miembros del equipo. Además, las soluciones de gestión de datos, como el análisis predictivo y el aprendizaje automático, se utilizan cada vez más para tomar decisiones informadas sobre el progreso del proyecto y las estrategias futuras.

Por tanto, podemos afirmar que la digitalización está teniendo un impacto significativo en la gestión de proyectos, aunque no en todos los sectores en la misma medida. Las herramientas digitales se utilizan ampliamente en la gestión de proyectos, pero se requiere un aprendizaje continuo para adaptarse a la transformación introducida. En esta comunicación nos referiremos más específicamente a los proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés).

Si analizamos más detenidamente los tópicos referidos en la literatura sobre la digitalización de la gestión de proyectos, observamos una serie de análisis referidos especialmente al uso de la tecnología como herramienta de ayuda para los procesos de gestión. (Marnewick y Marnewick, 2022)

Se han revisado publicaciones e informes del sector AEC que demuestran una preocupación por la lenta transformación digital de la construcción, a pesar del uso de herramientas digitales de forma puntual en algunas fases del ciclo de vida de estos proyectos. Las fuentes se han seleccionado por su actualidad y su relevancia en el sector, dado que se trata de un tema en continua actualización.

También se han analizado ejemplos reales de aplicación de la tecnología para una profunda transformación digital del sector de la construcción, lo que nos permite comprobar el análisis teórico recogido en las fuentes bibliográficas con los ejemplos reales en el mercado.

Esta literatura también ha destacado la importancia de contar con una estrategia clara y definida, así como con el personal adecuado y las herramientas tecnológicas necesarias. También se ha enfocado en la necesidad de contar con un enfoque ágil y flexible, capaz de adaptarse a los cambios y a las necesidades del proyecto. La relación con las metodologías y enfoques ágiles es directa principalmente por la cultura de los profesionales TI encargados de implantar estas tecnologías en el sector de la construcción.

1.1 Digital, Digitalización y Transformación Digital

En particular, la literatura se ha enfocado en la aplicación de estas tecnologías dentro de los proyectos, buscando su implementación de manera eficiente. Sin embargo, es importante destacar que la digitalización de la gestión de proyectos no es lo mismo que la gestión de proyectos digitalizada.

Es importante destacar la diferencia entre la digitalización de la gestión de proyectos y la gestión de proyectos digitalizada. La digitalización implica la incorporación de tecnología en la gestión de proyectos, mientras que la gestión de proyectos digitalizada implica un enfoque más amplio, que busca la integración de tecnología en todo el proceso de gestión de proyectos. La literatura ha destacado la importancia de entender esta diferencia y de enfocarse en la gestión de proyectos digitalizada para lograr una verdadera transformación digital.

Pero si llevamos esta transformación al nivel de toda la organización, la Transformación Digital (DT, por sus siglas en inglés) se refiere al uso de tecnologías digitales para mejorar y transformar los procesos y la cultura empresarial, implicando a todas las áreas del negocio, no exclusivamente a los encargados de la gestión de sus proyectos. Con la creciente dependencia de la tecnología, la DT se ha convertido en un elemento clave para la supervivencia y el éxito de las empresas en el mundo actual.

Entre los beneficios que la DT puede proporcionar a las empresas, en primer lugar, puede mejorar la eficiencia y reducir los costos, ya que permite automatizar tareas manuales y mejorar la precisión y la velocidad de los procesos. En segundo lugar, la DT puede mejorar la experiencia del cliente, proporcionando soluciones personalizadas y una comunicación más fluida. Además, la DT puede permitir la toma de decisiones más informada y rápida mediante el análisis de grandes cantidades de datos.

La literatura en el campo del *project management* ha destacado la importancia de la aplicación de tecnologías como el BIM, el *big data* y las ciencias de datos, lo que supone una progresiva digitalización de la gestión de proyectos. Sin embargo, es importante entender que la digitalización de la gestión de proyectos no supone el mismo nivel de transformación que la gestión de proyectos digitalizada.

Como objetivo de esta comunicación queremos mostrar las posibilidades de una verdadera transformación digital de los proyectos de construcción, integrando de tecnología en toda la cadena de valor del negocio.

Demostraremos que las tecnologías que ya están a nuestra disposición pueden favorecer un cambio de paradigma en la gestión de los proyectos de construcción, y más allá promocionar una transformación de sus modelos de negocio.

Por último, extraeremos algunos beneficios que supondrá esta transformación digital de AEC, así como las limitaciones que nos encontramos en este sector.

2. Estado actual de la digitalización de los proyectos en construcción

2.1 La lenta digitalización de los procesos de gestión de proyectos de construcción

La industria 4.0 es una revolución tecnológica que ha transformado la forma en que operan las industrias a nivel mundial. Esta revolución se ha basado en el uso de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la robótica y la realidad virtual, para mejorar la eficiencia y la productividad de las empresas. Sin embargo, a pesar de los beneficios evidentes de la digitalización de ciertos sectores como el industrial, aún no podemos observar este nivel de digitalización en el sector de la construcción.

En el año 2016, Oesterreich y Teuteberg llevaron a cabo una revisión sistemática de la literatura y un estudio de caso para investigar la implementación de la industria 4.0 en la industria de la construcción. Los autores argumentan que la industria 4.0 aún no ha recibido mucha atención en la industria de la construcción en comparación con otras industrias.

Fuera de los proyectos individuales, pocas empresas de construcción han digitalizado completamente sus operaciones y la gestión de los proyectos. Esto se debe a varias razones, como la falta de capacitación en tecnología y la resistencia al cambio. Además, la naturaleza única de cada proyecto de construcción presenta desafíos únicos que pueden requerir soluciones personalizadas.

2.2 Características específicas de los proyectos de construcción que influyen en su digitalización

La industria de la construcción presenta una serie de características que hacen que la transformación digital sea particularmente desafiante. Koeleman, J., et al. (2019) concluyen en McKinsey&Company algunas razones que explican el lento camino de la digitalización de los proyectos en el sector AEC (*Architecture, Engineering and Construction*):

En primer lugar, los proyectos de construcción suelen estar fragmentados a lo largo de la cadena de valor, con especialistas y empresas que operan en una o en pocas disciplinas. Además, cada paso en la cadena de valor implica múltiples capas de contratistas y subcontratistas. Por lo tanto, la implementación de soluciones digitales unificadas en un proyecto requiere coordinar cambios entre distintas organizaciones, lo que resulta especialmente difícil dado el carácter a corto plazo y, a menudo, competitivo entre adversarios de los contratos de construcción.

La industria de la construcción aún no ha adoptado una plataforma integrada que abarque la planificación de proyectos, el diseño, la construcción, las operaciones y el mantenimiento. En su lugar, la industria aún depende de herramientas de software personalizadas. Además, los propietarios de proyectos y contratistas a menudo utilizan plataformas diferentes que no están sincronizadas entre sí. Como resultado, no hay una única fuente que proporcione una vista integrada y en tiempo real del diseño del proyecto, el costo y el cronograma.

La falta de replicación de los proyectos es otro factor importante. Los proyectos de construcción son casi siempre iniciativas únicas con requisitos específicos que requieren enfoques de diseño y entrega a medida. Dado que estos enfoques rara vez se repiten, es más difícil introducir cambios en numerosos proyectos, ya que se requiere una transformación a gran escala. Las excepciones son los proyectos importantes de varios años, en los que las empresas pueden establecer procesos y reforzarlos con el tiempo.

En tercer lugar, la transitoriedad de las colaboraciones temporales. Por lo general, un nuevo proyecto de construcción involucra a un nuevo conjunto de organizaciones que trabajan juntas. Los equipos de proyectos también suelen ser inconsistentes, con una duración corta. Las empresas de construcción enfrentan desafíos similares a nivel empresarial, donde la rotación de la fuerza laboral es alta. La transitoriedad en los niveles de proyecto y empresa dificulta que las empresas de ingeniería, arquitectura y construcción y sus subcontratistas establezcan nuevas formas de trabajo y desarrollen capacidades que se transfieran de un proyecto a otro.

Finalmente, las grandes empresas del sector AEC tienden a ser altamente descentralizadas, con unidades de negocio y divisiones que siguen sus propios procesos en lugar de procesos estandarizados, en parte porque muchas han crecido adquiriendo empresas más pequeñas. Los proyectos individuales tienen lugar en sitios que están lejos de una oficina de la empresa, lo cual dificulta la formación a los trabajadores sobre cómo trabajar de nuevas maneras o usar tecnología avanzada.

Con más frecuencia, los equipos y unidades de negocio individuales desarrollan sus propias soluciones digitales sin buscar una integración con otros sistemas. La integración tecnológica permitiría la conexión y el intercambio de información entre diferentes sistemas y aplicaciones, lo que mejora la eficiencia y la productividad en los procesos de construcción

Estas características de la industria de la AEC hacen que sea más difícil para las empresas desarrollar soluciones digitales que puedan aplicar a múltiples proyectos de una forma rentable.

3. Tendencias y posibilidades de digitalización del sector AEC.

Según Oxford Economics, en el 2021 se observó una fuerte recuperación de la pandemia de COVID, con un crecimiento del 6.6% en la producción mundial de la construcción. Los métodos modernos de construcción, incluyendo la fabricación fuera del sitio, se están convirtiendo en la nueva normalidad y transformarán radicalmente la productividad de la construcción. Las fábricas distribuidas que utilizan tecnologías de impresión 3D para fabricar componentes para el ensamblaje de la construcción utilizando robótica avanzada se están desarrollando rápidamente, especialmente en el sector residencial.

El artículo “Imagining construction’s digital future” de Agarwal, R., Chandrasekaran, S., y Sridhar, M., (2016) define cinco tendencias o palancas para la transformación digital del sector. Todas las tendencias están basadas en innovaciones que son aplicables al sector de la construcción y que se están implementando o prototipando.

3.1 Mejora de la geolocalización y la monitorización de las obras

La integración de tecnologías avanzadas como drones, escaneo láser 3D y sistemas de información geográfica pueden mejorar la precisión y velocidad de los levantamientos topográficos. Los proveedores de tecnología ofrecen paquetes rentables que incluyen equipos, software y servicios de procesamiento de datos, lo que permite una colaboración más eficiente en todo el ciclo constructivo. La tecnología de detección y medición de luz es más rápida y proporciona imágenes 3D de alta calidad que se pueden integrar con herramientas de planificación de proyectos. Los sistemas de información geográfica permiten superponer mapas, imágenes y mediciones de distancia, lo que ayuda en la visualización y análisis de los datos de los proyectos. La gestión de modelos 3D en línea optimizados permite visualizar modelos 3D BIM, nubes de puntos y dibujos 2D desde distintos tipos de dispositivos, en cualquier momento y lugar.

Los análisis automatizados del reconocimiento de las imágenes de la obra y *as-built* para el control de calidad y progreso obtienen una comparación confiable de tu modelo BIM y una nube de puntos con la plataforma digital. El propio análisis genera automáticamente informes listos para facilitar la toma de decisiones eficientes, aumentando la productividad en el control de calidad en un 87%. (Check To Build).

3.2 5.D Building Information Modelling - BIM

La tecnología de Modelado de Información de Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) ha evolucionado en su capacidad para representar las características físicas y funcionales de cualquier proyecto en cinco dimensiones (5-D). Además de los parámetros de diseño espacial en tres dimensiones (3-D), BIM 5-D también considera el costo y la programación del proyecto, así como detalles de geometría, especificaciones, propiedades estéticas, térmicas y acústicas (O’Brien et al., 2017).

La plataforma BIM 5-D ha demostrado permitir a los propietarios y contratistas identificar, analizar y registrar el impacto de los cambios en los costos y programación del proyecto. La naturaleza visual e intuitiva de BIM 5-D brinda a los contratistas una mejor oportunidad para

identificar riesgos tempranos y tomar decisiones informadas (Eastman et al., 2011). Por ejemplo, los planificadores de proyectos pueden visualizar y estimar el impacto de un cambio propuesto en el diseño en los costos y la programación del proyecto.

Un estudio realizado por McGraw Hill Construction (2014) encontró que el 75% de los que adoptaron BIM reportaron un retorno positivo de su inversión. Además, los usuarios de BIM informaron de ciclos de vida de proyecto más cortos y ahorros en costos de papel y materiales. Como resultado, varios gobiernos, incluyendo los de Gran Bretaña, Finlandia y Singapur, han adoptado políticas que exigen el uso de BIM para proyectos de infraestructura pública (BIM Task Group, 2011).

La tecnología de realidad aumentada (RA) a través de dispositivos portátiles mejorará aún más el uso de BIM 5-D. Por ejemplo, un dispositivo portátil autónomo con una pantalla holográfica transparente y sensores avanzados puede mapear el entorno físico (Eastman et al., 2011). Las empresas están desarrollando soluciones de diseño y construcción similares a BIM para estas plataformas (Azhar et al., 2011). En este entorno de "realidad mixta", los usuarios pueden fijar hologramas a objetos físicos e interactuar con datos mediante gestos, mirada y comandos de voz.

La combinación de BIM 5-D y dispositivos de realidad aumentada transformará la construcción, el mantenimiento y las operaciones (Azhar et al., 2011). Para obtener el máximo beneficio de la tecnología BIM, los propietarios del proyecto y los contratistas deben incorporar su uso desde la etapa de diseño, y todos los interesados deben adoptar formatos de diseño y de informes de datos estandarizados compatibles con BIM. Además, los propietarios y contratistas deben dedicar recursos para la implementación de BIM e invertir en la creación de capacidades.

3.3 Colaboración y movilidad de los equipos de proyecto

La digitalización está cambiando la forma en que vemos los equipos y las organizaciones. Las plataformas de trabajo remoto implican un cambio en el proceso de producción, lo que modifica el tipo de relaciones con los profesionales, los clientes y el territorio (Martinelli, 2020).

Digitalizar los procesos significa pasar del papel al intercambio de información en línea y en tiempo real para garantizar la transparencia y la colaboración, el progreso oportuno y la evaluación de riesgos, el control de calidad y, en última instancia, resultados mejores y más confiables (Kundi, 2020). La industria de la construcción ha sido tradicionalmente una de las menos digitales y una de las razones de su baja productividad es que todavía depende en gran medida del papel para administrar sus procesos y resultados, como planos, planos de construcción, pedidos y órdenes de la cadena de suministro, registros de equipos, informes de progreso diarios y listas de tareas pendientes. Sin embargo, la gestión en papel solo toma más tiempo, lo que puede llevar a retrasos y errores en la construcción (Ogunlana, Li, & Chang, 2016).

En respuesta a esta situación, los propietarios y proveedores están comenzando a implementar soluciones de movilidad y colaboración digital en la oficina y sobre el terreno. Una importante empresa de construcción global anunció recientemente un acuerdo de desarrollo conjunto con un proveedor de software para desarrollar una plataforma de supervisión de campo móvil basada en la nube que integra la planificación de proyectos, la ingeniería, la inspección física, la elaboración de presupuestos y la gestión de documentos para grandes proyectos (Patil, 2021). Varios desarrolladores de grandes proyectos ya han digitalizado con éxito sus flujos de trabajo de gestión de proyectos. Por ejemplo, en un proyecto de túnel de EE. UU. en el que participaron casi 600 proveedores, el contratista desarrolló una solución de plataforma única para la gestión de licitaciones, licitaciones y

contratos (Wang & Li, 2021). Las soluciones de movilidad de la tripulación tendrán un efecto catalizador similar en la productividad (Oyedele et al., 2020).

Durante mucho tiempo ha sido difícil para los equipos de planificación central y los equipos de construcción en el sitio conectarse y compartir información de progreso en tiempo real. La disponibilidad de conectividad celular de bajo costo, incluso a través de tabletas y dispositivos portátiles, ha dado paso a una nueva generación de aplicaciones de movilidad de tripulación "móviles" y basadas en la nube que se pueden implementar, incluso en sitios de construcción. actualización de tiempo (Oyedele et al., 2020). A medida que los usuarios de primera línea, como gerentes de proyectos, vendedores y operadores, adoptan aplicaciones de movilidad de la fuerza laboral en tiempo real, pueden cambiar la forma en que la industria hace todo, desde órdenes de trabajo y gestión de cambios, seguimiento de tiempo y materiales, despacho.

3.4 Internet de las cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (IA)

El Internet de las cosas (IoT) permite que la maquinaria de construcción, los equipos, los materiales y las estructuras se conecten con una plataforma central de datos para capturar parámetros críticos de rendimiento. La tecnología NFC y otros sensores RFID (*Radio Frequency Identification*) pueden ayudar a monitorear la productividad durante la construcción. Se espera que los tags incluyan cada vez más información en el futuro para el seguimiento de materiales y equipos en la construcción, como especificaciones, defectos, registros de mantenimiento, etc.

Algunas aplicaciones del IoT en la construcción son monitoreo y reparación de equipos, gestión de inventarios, evaluación de calidad, eficiencia energética y seguridad. Por ejemplo, el análisis de datos en tiempo real para detectar anomalías y riesgos potenciales. O la construcción de gemelos digitales y modelos de análisis predictivo para evitar fallas en los equipos, ahorrando millones en costos de mantenimiento y combustible.

Inteligencia Artificial (IA)

Como vemos, la construcción es un sector que ha experimentado importantes avances tecnológicos en los últimos años, permitiendo, la recopilación de una gran cantidad de datos que pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia y la calidad de las construcciones. No obstante, la mayoría de estos datos se pierden o se utilizan de forma limitada. La principal razón de esta pérdida es la falta de integración de las soluciones tecnológicas, y la estructura y calidad o confiabilidad de los datos.

La Inteligencia Artificial (IA) es una herramienta que ha demostrado su eficacia en la gestión y análisis de grandes cantidades de datos. En este sentido, el sector de la construcción es uno de los campos en los que se generan importantes cantidades de información, tanto los derivados de la propia construcción, como los generados en las fases previas de diseño y planificación del proyecto.

Según Nieto-Rodríguez, A. y Vargas, R. (2023) la Inteligencia artificial, el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático desempeñarán un papel importante en cada una de estas áreas, con la capacidad de analizar y presentar datos de manera más precisa y rápida que los métodos manuales tradicionales.

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático se utilizarán para mejorar la toma de decisiones precisas en la gestión de cartera de proyectos, seleccionando y priorizando los proyectos en base a la identificación de patrones en los datos. Los resultados incluirán la identificación más rápida de proyectos con altas posibilidades de éxito, la eliminación de prejuicios humanos y el equilibrio de la cartera de proyectos.

El análisis de grandes cantidades de datos es una tarea que puede ser realizada con gran eficacia por la IA. La IA puede procesar grandes volúmenes de información en un corto periodo de tiempo, lo que permite identificar patrones y tendencias que pueden ser utilizados por los directores de proyectos para mejorar la planificación, la gestión de riesgos y la optimización de recursos.

Otras áreas de aplicación de la IA detectadas por Nieto-Rodríguez, A. y Vargas, R. (2023) tienen que ver con la automatización de procesos de gestión, como soporte a la *Project Management Office* (PMO) y a los directores de proyectos.

Las nuevas herramientas de análisis de datos y automatización ayudarán en las tareas más repetitivas y tediosas de la gestión, suponiendo hasta un 80% de las tareas de los gestores de proyectos. Gardner, H. (2019). Las herramientas incluirán monitoreo de progreso de proyectos, preparación y distribución de informes, gestión de riesgos, selección de metodologías de gestión de proyectos y funciones de soporte automatizadas a través de asistentes virtuales.

La definición, planificación y presentación de informes de proyectos serán mejorados y automatizados con el uso de *big data*, procesamiento del lenguaje natural y texto.

Los asistentes virtuales impulsados por inteligencia artificial y aprendizaje automático ayudarán a los gestores de proyectos a realizar tareas diarias, a recibir actualizaciones de estado en tiempo real y a recopilar información crítica del proyecto. Los asistentes virtuales también aprenderán del contexto y de los datos pasados para personalizar las interacciones y proporcionar información más precisa.

Referidos a los proyectos de software, se espera que los nuevos sistemas y software de prueba avanzados reduzcan el tiempo y el esfuerzo necesarios para realizar pruebas manuales. Los resultados incluirán una mayor eficiencia, reducción de errores y soluciones sin errores para los proyectos.

Todas estas aplicaciones en la aplicación de IA en la gestión de proyectos supondrán un nuevo papel para el gestor de proyectos, pasando de un rol táctico a una posición más relacionada con la estrategia y la toma de decisiones, centrándose en tareas más importantes y de mayor valor.

Diseño Generativo

Otra de las áreas en las que se ha hecho evidente el impacto de la inteligencia artificial en el sector de la arquitectura y la ingeniería es el diseño generativo. Ahora contamos con modelos de inteligencia artificial capaces de generar imágenes realistas de un proyecto de arquitectura simplemente a través de la transcripción texto-imagen.

El diseño generativo está transformando la forma en que concebimos el diseño. Implica pensar en el diseño no como un objeto singular, sino como un proceso para generar objetos. En lugar de diseñar un objeto en particular, se diseña un modelo computacional que es capaz de generar objetos o resultados infinitos.

3.5 Diseñar con materiales y procesos del futuro

Los nuevos materiales de construcción, como el hormigón autorreparable, los aerogeles y los nanomateriales, así como los enfoques de construcción innovadores, como la impresión 3D y los módulos preensamblados, pueden reducir los costos y acelerar la construcción al tiempo que mejoran la calidad y la seguridad. Los materiales tradicionales como el hormigón, el cemento y el asfalto constituyen la mayor parte de la demanda actual, generando la mayor huella de carbono del sector.

Algunos de estos «materiales del futuro» podrían redefinir cómo se conceptualizan, diseñan y ejecutan los proyectos. Sin embargo, la adopción ha sido lenta debido a la falta de conocimiento y familiaridad dentro de la comunidad de diseño e ingeniería, una cadena de suministro limitada y falta de disponibilidad a escala, y aversión al riesgo entre los propietarios y contratistas del proyecto.

Alrededor del 80 por ciento de todo el trabajo de construcción aún se realiza en el sitio, pero muchos promotores y contratistas de proyectos están implementando nuevos enfoques fuera de la obra que los ayudan a mejorar la previsibilidad, la consistencia y la posibilidad de ser replicable. Esto es especialmente crítico dada la realidad de la reducción del espacio de trabajo, la escasez de mano de obra y los estándares ambientales y de seguridad más exigentes.

Los submódulos completos de un edificio más grande se ensamblan en una fábrica o en un patio cercano antes del ensamblaje final en el sitio de construcción. Técnicas como la construcción volumétrica prefabricada, modular y industrializada integran capacidades fuera del sitio para transformar el sitio de construcción en un sistema de fabricación.

El proyecto 3D Print Canal House, diseñado por DUS Architects en Ámsterdam fue construido utilizando técnicas de impresión en 3D para crear elementos arquitectónicos personalizados y reducir el desperdicio de materiales de construcción.

El proceso de construcción comenzó con la impresión de módulos de construcción de tamaño completo en una impresora 3D especializada. Se diseñaron distintos módulos en función de las necesidades específicas de cada usuario, ensamblándolos en la construcción final.

El proyecto 3D Print Canal House fue construido utilizando técnicas innovadoras de impresión en 3D para crear elementos arquitectónicos personalizados, lo cual quiere decir que cada usuario puede seleccionar los distintos módulos con los que quiere integrar su vivienda.

Esta sencilla elección sólo es posible debido a que se trata de una construcción realizada por un robot 3D en vez de con ladrillos y mortero, modificando la relación del usuario con su vivienda.

4. Nuevos modelos de negocio basados en la transformación digital

Los objetivos de la investigación plantean el uso de las tecnologías más allá de la digitalización de la gestión de proyectos en construcción e ingeniería, y promover una verdadera transformación digital del sector.

4.1 Agilidad organizacional

Esta transformación digital está íntimamente relacionada con la agilidad organizacional, como hemos visto, y la adopción de un *mindset* ágil y colaborativo gracias al uso de la tecnología.

La agilidad organizacional es una capacidad clave que permite a las empresas responder rápidamente a los cambios en el mercado y aportar valor continuamente al cliente. Este concepto está estrechamente relacionado con el uso de la tecnología, que facilita la adopción de un enfoque ágil y colaborativo en el desarrollo de proyectos. En este sentido, la transformación digital en la construcción e ingeniería implica no solo la implementación de nuevas tecnologías, sino también la adopción de una mentalidad ágil y la creación de una cultura organizacional que promueva la innovación y el cambio.

La innovación disruptiva es otro aspecto clave de la transformación digital en el sector de la construcción. Las empresas que lideran la innovación no siempre son las más grandes y visibles en el mercado, y a menudo son las empresas emergentes las que impulsan los cambios más significativos. El ejemplo de Airbnb y su proyecto Backyard demuestra cómo una empresa que no está directamente relacionada con la construcción puede tener un impacto disruptivo en el mercado. Backyard es un proyecto que busca diseñar y crear prototipos de nuevas formas de construir viviendas compartidas, utilizando tecnologías de construcción avanzadas y una plataforma digital que aprovecha el conocimiento compartido por su comunidad de usuarios.

La iniciativa de Airbnb se enfoca en repensar la casa en su conjunto, en lugar de limitarse a la construcción de pequeños módulos prefabricados. La visión de Backyard es desarrollar un sistema adaptable a contextos particulares, según las necesidades de cada usuario, y que responda a las cambiantes necesidades y costumbres de un mercado inmobiliario cada vez más dinámico y complejo. Este enfoque innovador y disruptivo es un ejemplo de cómo la transformación digital puede tener un impacto significativo en la industria de la construcción e ingeniería.

El nombre Backyard puede parecer una referencia a la elaboración de módulos de vivienda prefabricados que se han instalado en el patio de tu casa. Proyectos de pequeñas construcciones secundarias para huéspedes o alquiler temporal. Sin embargo, no solo trata de prefabricar pequeños módulos. El proyecto es más complejo de lo que cabría esperar de un modelo de vivienda industrializada. Joe Gebbia, cofundador y responsable de desarrollo de nuevos productos y servicios de la compañía, comenta sobre Backyard: "no es una casa, es una iniciativa para repensar la casa. Los hogares son complejos y adoptamos un enfoque amplio, diseñando no solo una cosa, sino un sistema que puede hacer muchas cosas".

Otras empresas cuyo negocio no es directamente la construcción están desarrollando proyectos que tienen un impacto similar en este mercado. IKEA desarrolló el proyecto Building Blocks con dos estudiantes de arquitectura para crear una casa de código abierto para la prefabricación, el embalaje y la instalación. Este diseño de ámbito público se desarrolló para que la casa se pueda construir de manera flexible en diferentes partes del mundo de una manera económica y versátil.

Nacida en plena crisis inmobiliaria de 2008, la compañía eXp Realty transformó la relación de los agentes inmobiliarios con sus clientes eliminando el uso de oficinas físicas. Con más de 16.000 agentes inmobiliarios en todo EEUU, eXp trabaja a través de la plataforma virtual VirBELA, actualmente de su propiedad. (Diamandis, 2022)

Las plataformas inmobiliarias están invirtiendo en IA para analizar el valor de los inmuebles en función de todos los datos disponibles en la red, nuestras valoraciones en las redes sociales de los negocios cercanos, los servicios urbanos, etc. Si integramos una plataforma colaborativa; la realidad virtual a través de la cual podemos ver de forma inmersiva cada inmueble; y el análisis de la información a través de la IA, podemos transformar el estresante proceso de compra de un inmueble en un servicio adaptado al usuario disponible 24-7. El futuro de las agencias inmobiliarias transformará un servicio basado en IA en el que el profesional tendrá un papel secundario, que aprende de nuestras sugerencias en cada iteración y modifica los inputs para mostrarnos nuevos inmuebles candidatos.

Habrà que acostumbrarse a la presencia de nuevos agentes más tecnológicos y acostumbrados a la agilidad del mercado. La tecnología, la revolución digital y la construcción 4.0 están transformando el mercado inmobiliario, tanto en su modelo económico y en sus procesos productivos, como en su adaptación a las nuevas demandas de unos clientes cada vez más exigentes, mejor informados y capaces de participar en la toma de decisiones a través de la tecnología.

4.2 Beneficios de la Transformación Digital para los proyectos de construcción

Podemos considerar esta disrupción tecnológica positiva para el sector de la construcción por los siguientes beneficios para el sector:

Facilita el crecimiento de las compañías

La transformación digital del sector AEC posibilita a las compañías adquirir recursos profesionales de calidad sin ningún límite geográfico. Al mismo tiempo les facilita una gestión de recursos humanos más flexible y adaptable a la carga de trabajo, lo cual las convierte en compañías más resilientes capaces de gestionar más eficazmente los ciclos económicos. (Pampliega, 2022)

La especialización de los recursos y la mano de obra en el sector de la construcción, especialmente aquellos más directamente relacionados con la tecnología se han vuelto tan especializados que las compañías optan por subcontratar gran parte de estos servicios: consultoras tecnológicas, programadores informáticos, modeladores 3D, sistemas, startups, etc. La característica fragmentada del sector de la construcción, en la que una empresa debe colaborar con múltiples compañías y agentes para desarrollar un solo proyecto, es al mismo tiempo un reto para la digitalización, y un acicate, dado que esta fragmentación obliga a la implantación de plataformas digitales para la compartir la información de dichos proyectos.

Nuevos modelos de negocio

La principal ventaja de la transformación digital del sector resulta de la innovación que supone la creación de nuevos modelos de negocio. Como hemos visto en el caso de AirB&B o Ikea, la innovación de estas compañías se desarrolla con nuevos modelos de negocio que aprovechan su conocimiento y base tecnológica.

Innovación en el modelo de precios y relación con el cliente

Esta innovación en nuevos modelos de negocio también favorece la creación de nuevas estructuras de precios.

Tomando como ejemplo el desarrollo de arquitectura modular o industrializada abre un mundo de posibilidades ante retos actuales. El mercado actual ha visto incrementados sus costes debido a diversos factores, como el aumento en los precios de los materiales de construcción, el aumento en los costes de mano de obra y la escasez de recursos en algunos mercados. Al mismo tiempo, una oferta insuficiente provoca el aumento en los plazos de ejecución. Para mitigar estos aumentos de costes, es necesario implementar estrategias eficaces de gestión de costes y explorar nuevas tecnologías y procesos de construcción que puedan reducir los costes y mejorar la eficiencia en el sector de la construcción.

La relación del cliente con los proyectos necesariamente va a transformarse. Demandan otros modelos que les facilite la adquisición, contratación o construcción de su vivienda.

Incluso la comercialización de los inmuebles puede sufrir grandes cambios en el futuro derivados de la sustitución de modelos tradicionales por la tecnología, como el ejemplo de eXp Realty.

5. Conclusiones

La gestión de proyectos en el sector de la construcción ha evolucionado considerablemente gracias a la digitalización y el uso de herramientas tecnológicas. Según los estudios referidos, la implantación de nuevas tecnologías ha permitido una mejor organización y planificación de los proyectos, reduciendo los costos y aumentando la eficiencia. En este

sentido, la aplicación de tecnologías como BIM o el uso de drones para la inspección de obras, son algunos ejemplos de cómo la digitalización está transformando el sector.

Si nos fijamos en el creciente interés y número de publicaciones sobre la IA, especialmente a raíz de la democratización del uso de los modelos lingüísticos como ChatGPT, las líneas de investigación futura en este campo parece que seguirán la tendencia hacia la optimización de procesos de gestión y la digitalización de los procesos de *project management*. Esa tecnología cubrirá un gap que ya anunciaba Gardner, (2019).

Los objetivos de esta investigación plantean el uso de las tecnologías más allá de la digitalización de los procesos de gestión de proyectos, y promover una verdadera transformación digital del sector AEC. Como hemos comprobado a través de distintos ejemplos, se están implantando nuevos modelos de negocio en el sector de la construcción gracias a la digitalización de la gestión de proyectos. El rápido crecimiento de las tecnologías digitales y los datos que recopilan los dispositivos y las aplicaciones empujan cada vez más a las organizaciones a transformar su negocio mediante nuevos proyectos de productos y servicios que aprovecha una profunda transformación digital del sector.

La tecnología y las herramientas tienen una serie de limitaciones. Precisan crear una cultura digital, la organización del proyecto debe derribar las barreras específicas de la industria y crear nuevas oportunidades. Esta transformación digital requiere un enfoque centrado en el cliente, la adaptación y la innovación.

Según M.A. Álvarez, et al. (2017), este cambio de paradigma puede ser un desafío en una industria que ha estado tradicionalmente enfocada en la eficiencia y la productividad en lugar de la experiencia del cliente. No es baladí que los ejemplos que hemos revisado en esta comunicación se deban a empresas que no provienen del sector AEC, sino del mundo tecnológico IT donde una cultura de emprendimiento favorece la transformación digital en nuevos modelos de negocio.

Por otro lado, la implementación de una cultura digital dentro del sector es fundamental para el éxito de esta transformación. Según indica Aragón et al. (2021), la transformación digital no solo implica la adopción de nuevas tecnologías, sino también un cambio cultural en las organizaciones.

En resumen, la transformación digital de los proyectos en construcción puede incluir un enfoque centrado en el cliente, la adopción de nuevos procesos y la superación de la resistencia al cambio. La capacitación y el apoyo adecuados pueden ayudar a garantizar una transición sin problemas hacia la transformación digital.

REFERENCIAS

- Airbnb. (2019). Introducing Backyard: An initiative to prototype new ways homes can be designed, built, and shared. Obtenido el 18 de abril de 2023, de <https://www.airbnb.com/d/backyard>.
- Álvarez, M.A., Bucero, A., & Pampliega, C. (2017) integrated Project Delivery, an alternative to the usual form of construction work in Spain. *Building & Management*, Vol. 1, Núm. 3.
- Aragón, J. L., López, F. J., & Vázquez, A. (2021). Transformación Digital: Claves para la adaptación de la gestión de proyectos. *Revista Internacional de Gestión de Proyectos*, 12(1), 25-36.

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., y Sridhar, M., (2016) Imagining construction's digital future. McKinsey&Company. Obtenido el 19 de abril de 2023 de <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Azhar, S. (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11 Issue 3
- BIM Task Group (2011) Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector
- Check to Build. (n.d.) Obtenido el 19 de abril de 2023 de <https://checktobuild.com/>
- Diamandis, P., & Kotler, S., (2020). The Future is faster than you think. Simon & Shuster. New York.
- DUS Architects. 3D Print Canal House. Obtenido el 18 de abril de 2023, de <https://houseofdus.com/project/3d-print-canal-house/>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011) BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Constructors. -second Edition. Wiley. New Jersey.
- Eltayed, T. & Admad, S., (2021) Examining the Influence of Leadership Style on Project Performance in Saudi Context. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*. www.ijicc.net Volume 15, Issue 10, 2021
- Gardner, H. (2019). Artificial Intelligence and Project Management. *Harvard Business Review*, 97(5), 72-78.
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J. E., Ghaffarianhoseini, A., & Mosavianpour, S. M. (2018). Cost escalation of construction projects: A review. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1847979018800216.
- González, M. D. (2020). Análisis de datos aplicado a la industria de la construcción. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 45-52.
- Guo, S., Zhang, P., & Yang, J. (2018). System dynamics model based on evolutionary game theory for quality supervision among construction stakeholders. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(4), 318-330. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.3068>
- Gutiérrez, C., Rodríguez, C., & García, A. (2020). Impacto de la tecnología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Ingeniería Industrial*, 41(2), 167-175.
- Hans, K., & Zhenhua, W. (2020). Understanding the construction cost escalation: A systematic review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(9), 04020105.
- Koeleman, J., Ribeirinho, M.J., Rockhill, D., Erik Sjödin, E., & Strube, G. (2019) Decoding digital transformation in construction. McKinsey&Company. Obtenido el 19 de abril de 2023 de <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/decoding-digital-transformation-in-construction#/>
- López, R., & García, M. (2019). Inteligencia Artificial en la construcción: estado del arte y perspectivas. *Revista de Ingeniería Civil*, 17(2), 56-63.
- Marnewick, C., & Marnewick, A. (2022). Digitalization of project management: Opportunities in research and practice. *Project Leadership and Society*, 3.
- Martinelli, R., Dragan Z. Milosevic, D. Z., (2020). Project Management ToolBox. Tools and Techniques for the Practicing Project Manager. Wiley
- McGraw Hill Construction (2014) The Business Value of BIM for Owners. Smart Market Report.
- Nieto-Rodríguez, A. & Viana, R., (2023) How AI Will Transform Project Management. *Harvard Business Review*. Obtenido el 19 de abril de 2023 de <https://hbr.org/2023/02/how-ai-will-transform-project-management>

- Oesterreich, T., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83.
- Oyedele, A., Owolabi, H., Oyedele, L., & Olawe, O., (2020) Big data innovation and diffusion in projects teams: Towards a conflict prevention culture. *Developments in the Built Environment*, 3 <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100016>
- Pampliega, C. (2022) Digitalización de la Construcción. *Stakeholders.news* Obtenido el 19 de abril de 2023 de <https://stakeholders.news/digitalizacion-de-la-construccion/>
- Patil, A. R., (2021) Analyzing material management techniques on construction project. *International Journal of Engineering and Inovative Technology (IJEIT)*, 3, Issue 4
- Webb, A. (2016). *The signals are talking*. Public Affairs. New York.
- Webb, A. (2022). *The Genesis Machine*. Public Affairs. New York.
- Zhang, Q., Hao, S. and Chung, K.S.K. (2023), The impact of project manager's emotional intelligence on project performance: a meta-analysis. *Chinese Management Studies*, Vol. 17 No. 3, pp. 461-487. <https://doi.org/10.1108/CMS-05-2021-0195>
- Zhao, X., Feng, Y., Pienaar, J. & O'Brien D., (2017) Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects. *Architectural Science Review*, 60 – Issue 6

COMUNICACIÓN ALINEADA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

