

Osorio-Gómez, C.C., Herrera, R.F., & Pellicer, E. (2024). Sinergia de la Transformación Digital y Estructuras organizacionales en Construcción: Perspectivas académicas y de industria. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y Tecnología de la Construcción (IX ELAGEC2024)*.

# **SINERGIAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES EN CONSTRUCCIÓN: PERSPECTIVAS ACADÉMICAS Y DE INDUSTRIA**

**Cristian Camilo Osorio-Gómez**<sup>1</sup> – [cristianc.osoriog@unilibre.edu.co](mailto:cristianc.osoriog@unilibre.edu.co)

**Rodrigo Herrera**<sup>2</sup> - [rodrigo.herrera@pucv.cl](mailto:rodrigo.herrera@pucv.cl)

**Eugenio Pellicer**<sup>3</sup> - [pellicer@upv.es](mailto:pellicer@upv.es)

<sup>1</sup> *Instructor, Dept. de Ingeniería Civil, Universidad Libre Seccional Pereira; Doctorando, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4141-1052> (Autor Correspondiente).*

<sup>2</sup> *Profesor Asistente, Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Avenida Brasil 2147, 23662804 Valparaíso, Chile. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5186-3154>.*

<sup>3</sup> *Catedrático, Grupo de Investigación en Gestión del Proceso Proyecto-Construcción, Universitat Politècnica de València, Valencia, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9100-0644>.*

## **RESUMEN**

En la actualidad existe una tendencia hacia la transformación digital de las industrias. El sector de la construcción se ha enfocado más en las herramientas tecnológicas; no obstante, todavía no se han generado cambios disruptivos en las estructuras organizacionales de las empresas del sector de la construcción. Por estas razones, a partir del método Delphi con un panel de expertos de diferentes países se buscaron sinergias entre los procesos de transformación digital y las estructuras organizacionales. El panel se desarrolló mediante dos rondas, en donde se visualizaron las diferentes perspectivas de académicos y de profesionales de la industria. Aunque existen pequeñas discrepancias en los criterios, no se hallaron diferencias significativas en la valoración de las variables, teniendo como resultado un acuerdo en el impacto de variables como intercambio de información, clima organizacional e innovación organizativa integrada en la mejora de productos y servicios del sector de la construcción.

## **PALABRAS CLAVES**

Transformación digital; Estructura organizacional; Sector construcción; Productividad.

## 1. INTRODUCCION

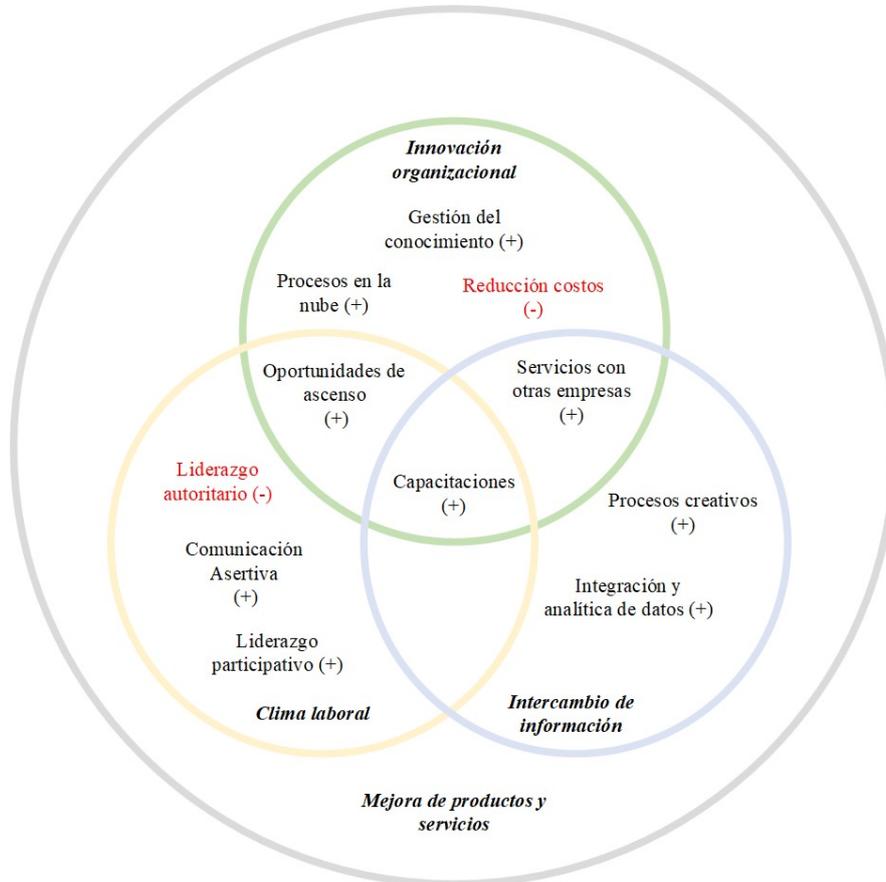
Hoy en día la cadena de valor del sector construcción se enfrenta a la necesidad de adaptar sus operaciones a los avances tecnológicos (McKinsey, 2020), debido a esto, el sector de la construcción ha ido adoptando herramientas y procesos más tecnológicos que permiten el aumento de la productividad (Mäkinen, 2017). A dicho fenómeno se le conoce como la transformación digital que ha sido la base para la cuarta revolución industrial, que comenzó a principios de este siglo (Ernstsen et al. 2021). La cuarta revolución industrial se caracteriza por un internet mucho más omnipresente en todos los procesos, sensores más potentes, así como la ventaja del aprendizaje autónomo (Zhang et al. 2023).

Las ventajas de la transformación digital se traducen en procesos más eficientes y productivos que generan menos desperdicios (G. Zhang et al. 2023). Al conectarse entre sí, las máquinas permiten el intercambio, la creación, el almacenamiento y el análisis de datos, lo que demuestra el gran valor y potencial de la Industria 4.0 en todos los ámbitos (Hossain & Nadeem, 2019; Turner et al., 2021; Yagiz et al., 2017). Con la Industria 4.0, la tecnología en la construcción ha conectado de forma descentralizada el entorno físico y el tecnológico (Forcael et al., 2020; Karmakar & Delhi, 2021). Actualmente, ha sido posible unir estos dos espacios durante la construcción utilizando BIM como piedra angular de los procesos de transformación digital (Siebelink et al., 2021; Tezel et al., 2020). BIM es una metodología colaborativa que utiliza la información del modelado de las edificaciones, para la gestión eficiente de los activos en el ciclo de vida de los proyectos, teniendo en cuenta un entorno colaborativo (Eastman et al., 2008; Succar, 2009; Succar & Poirier, 2020). BIM permite trabajar en tiempo real con bases de datos actualizadas en tiempo real (ciberespacio) para seguir y controlar cada una de las especificaciones reales en la ejecución de los proyectos de construcción (Bolpagni et al., 2017; Wong et al., 2014).

La transformación digital en el sector de la construcción ha permitido obtener mejoras considerables, entre las que se encuentran: actualización de modelos en tiempo real (Redmond et al., 2012; Wong et al., 2014), análisis de ciclos de vida (Osorio-Gómez et al., 2020; Soust-Verdaguer et al., 2018), control y monitoreo a partir de los modelos digitales en etapas de construcción, operación y mantenimiento (Chung et al., 2019; Elghaish et al., 2021). No obstante, a pesar de existir una tendencia creciente de la adopción de la transformación digital, todavía hay algunas barreras que impiden aprovechar el máximo potencial de la transformación digital. Algunas barreras son falta de colaboración entre los involucrados (Rahman et al., 2014), costos en las implementaciones digitales (Osorio-Gómez et al., 2024a), resistencia al cambio que dificulta la adopción de los avances tecnológicos (Sanchís-Pedregosa et al., 2020; Toledo et al., 2016).

Las estructuras organizacionales son el sistema de normas, roles, responsabilidades que tiene una organización para alcanzar sus objetivos (Trends, 2017). De esta manera, para alcanzar el potencial de la transformación digital es necesaria una adaptación de las estructuras organizacionales (Osorio-Gómez et al., 2023). Existe un modelo inicial de implementación conjunta donde se organizaron los factores en variables de decisión y de resultado (Osorio-Gómez et al., 2024b), en esta investigación se validaron los resultados internos y externos, dentro de las variables más representativas se evidenciaron el clima

organizacional, el intercambio de información y la innovación organizativa integrada (IOI) (Osorio-Gómez et al., 2024b), variables que se consideran esenciales para la mejora de productos y servicios del sector construcción. En este sentido, se presenta un modelo conceptual que facilita la implementación conjunta transformación digital y los cambios en las estructuras organizacionales (Fig. 1).



**Figura 1.** Modelo Conceptual 1.0 Transformación Digital y Estructuras Organizacionales.

Nota: Adaptado de (Osorio-Gómez et al., 2024b)

Esta investigación se centrará en dos objetivos fundamentales: (1) consolidar las variables del modelo inicial (Osorio-Gómez et al., 2024b), que vincula la transformación digital con las estructuras organizacionales, adicionalmente; y (2) revisar las diferencias entre las percepciones de los académicos y expertos de la industria, para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los involucrados del sector construcción.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 ESTRUCTURA DEL MÉTODO DELPHI

En el proceso de elaboración de esta investigación se ha utilizado el método Delphi, que consiste en recopilar la opinión de profesionales sobre un tema concreto (Sforzini et al., 2022). Los expertos se consultan en diferentes rondas de forma anónima para verificar si existe consenso entre sus apreciaciones (Hasson & Keeney, 2011; Reguant-Álvarez & Torrado-Fonseca, 2016). Las respuestas pueden evaluarse y modificarse después de cada

ronda, lo que ayuda al grupo de expertos a llegar a un acuerdo o a comprender mejor los distintos puntos de vista de sus miembros (Hasson & Keeney, 2011).

En este estudio, el modelo conceptual para la transformación digital y las estructuras organizacionales en el sector de la construcción se actualizó y se validaron las variables del modelo original mediante la técnica Delphi. Mediante la combinación de la experiencia de múltiples expertos, el sesgo se puede minimizar y se garantiza una comprensión más completa y equilibrada de la temática (Grime & Wright, 2016; Hallowell & Gambatese, 2010).

Para ello, consideramos dos perfiles de expertos: (1) profesionales de la industria con amplia experiencia en la construcción; y (2) académicos con estudios centrados en la transformación digital en la construcción. Los criterios utilizados para seleccionar a los participantes, tanto de la industria como del mundo académico, se exponen en la Tabla 1 (Hallowell & Gambatese, 2010). Lo más importante es que los participantes en la encuesta debían cumplir al menos cuatro de los cinco criterios para ser considerados expertos (Bhandari & Hallowell, 2021; Hallowell & Gambatese, 2010).

**Tabla 1.** Criterios de selección: expertos de la industria y el mundo académico, sector de la construcción.

Criterio de Selección	Académico	Profesional de la Industria
Nivel de Educación	Doctorado en Ingeniería, Construcción o Administración	Licenciatura en Ingeniería Civil o Arquitectura.
Experiencia en el Campo	Al menos cinco años de experiencia en docencia e investigación	Más de cinco años en proyectos de construcción y gestión de obras
Habilidades y Competencias	Autor de tres o más artículos en revistas académicas reconocidas	Responsable de proyectos en una empresa del sector construcción
Conocimientos en Transformación Digital	Liderazgo en estudios científicos sobre transformación digital en el sector construcción	Implementación de la transformación digital en proyectos de construcción
Puesto y Responsabilidades	Profesor o investigador en un grupo de investigación en una universidad.	Ingeniero jefe o arquitecto principal con matrícula profesional

## 2.2 ESTRUCTURA DEL CUESTIONARIO

Para llevar a cabo la aplicación del método Delphi, se tenía el objetivo de evaluar las catorce relaciones teóricamente fundamentadas entre la transformación digital y las estructuras organizacionales, se llevó a cabo una encuesta en dos rondas entre expertos internacionales. Para elaborar el cuestionario se utilizaron los datos sociodemográficos y la experiencia académica y profesional de los participantes (Galanis, 2018).

En la primera fase, se les solicitó a los expertos que evaluaran la relevancia de cada una de las variables del modelo inicial mediante una escala Likert de seis puntos, donde 1= “Muy en desacuerdo”; 2= “En desacuerdo”; 3= “Parcialmente en desacuerdo”; 4= “Parcialmente de acuerdo”; 5= “De acuerdo”; 6= “Totalmente de acuerdo” (Chomeya, 2010). Además, los profesionales tuvieron la oportunidad de elegir entre diversas variables adicionales encontradas en la revisión bibliográfica y evaluar su pertinencia para incluirlas en el modelo conceptual inicial.

De esta manera, si el panel de expertos elegía nuevas variables; en el caso de que más de la mitad de los votantes las eligieran, se incluirían en la segunda ronda Delphi para ser evaluadas junto con las variables originales del modelo. Este proceso permitió consolidar el modelo conceptual según el consenso de los expertos, asegurando que todas las variables consideradas eran relevantes y apropiadas para el estudio de la transformación digital en las estructuras organizacionales en el contexto de la construcción.

### **2.3 ANÁLISIS DE DATOS**

Para analizar las respuestas de los expertos se aplicaron técnicas estadísticas de acuerdo con las recomendaciones de May & Looney (2022) en primer lugar se realizó un análisis estadístico descriptivo de todas las variables para verificar los resultados globales, posteriormente, se propuso evaluar la normalidad de las 40 variables tomadas en consideración en el estudio, para lo cual se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Adicionalmente, se calcularon los coeficientes de Kendall para diferentes grupos de profesionales de la industria y académicos. Estos coeficientes brindan una medida confiable de la correlación ordinal entre las variables evaluadas por cada grupo de expertos, lo que permite una evaluación del acuerdo entre los diferentes expertos (Raadt et al., 2021).

Por otra parte, se buscaron las diferencias significativas entre los grupos de los académicos y los expertos de la industria, para cumplir dicho objetivo se utilizó la de U Mann Whitney, la cual es una prueba no paramétrica utilizada para comparar estadísticamente de la media de una variable dependiente en dos grupos independientes (McKnight & Najab, 2010). Finalmente, se generaron unas recomendaciones generales para la implementación conjunta de la transformación digital y los cambios en las estructuras organizacionales.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

Al aplicar la metodología Delphi, se obtuvo las respuestas de cuarenta expertos (40) que participaron con éxito en el estudio, distribuidos en dos rondas. Los encuestados afirmaron haber implementado procesos de transformación digital en sus organizaciones utilizando herramientas como BIM, drones, inteligencia artificial (AI), y automatización, entre otras.

Del total de participantes, 20 eran académicos especializados en temas relacionados como BIM, transformación digital, construcción 4.0. Los otros 20 especialistas procedían de diversos sectores relacionados con la construcción, se destacó la importancia de identificar el país de trabajo de los encuestados.

Asimismo, se determinó que 20 de los especialistas contaban con más de 21 años de experiencia en el campo de la AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), mientras que 5 tenían más de 15 años. Además, el alto nivel de formación académica y profesional de los encuestados fue significativo, ya que 27 de los participantes contaban con un doctorado y 12 con un título de maestría, lo cual es discriminado en la Tabla 2. De acuerdo con la Tabla 2 los resultados describen la experiencia y nacionalidad de los expertos participantes, divididos entre la industria y el ámbito académico. Colombia tiene la mayor representación tanto de académicos (5) como de expertos de la industria (8), España y Chile tienen una destacada presencia en el grupo de académicos, con cinco miembros cada uno. Mientras que en países como Alemania, Estados Unidos y Venezuela, los expertos académicos y de industria están distribuidos equitativamente. La tabla registra la participación de 20 especialistas académicos y 20 de la industria en total, lo que refleja una representación diversa del estudio.

**Tabla 2.** Experiencia y nacionalidad de expertos

País	Sector	Número de Expertos
Alemania	Industria	2
Chile	Académico	5
Chile	Industria	2
Colombia	Académico	5
Colombia	Industria	8
Dinamarca	Académico	1
Ecuador	Académico	1
España	Académico	4
España	Industria	2
Estados Unidos	Académico	1
Estados Unidos	Industria	1
México	Académico	1
Perú	Industria	2
Reino Unido	Académico	1
Suiza	Industria	1
Venezuela	Académico	1
Venezuela	Industria	2

Ahora bien, de acuerdo con el estudio, las relaciones iniciales que afectan a las macro variables del modelo se analizaron utilizando medidas de tendencia central como la media (M), la mediana (ME) y la desviación estándar (DE). Las tablas 3 y 4 del estudio presentan los resultados de la evaluación de 14 relaciones clave en la primera ronda del Delphi. De

acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 3, revelan que existe una percepción convergente positiva sobre diversas variables importantes relacionadas con la transformación digital y las estructuras organizacionales. Las variables "Las oportunidades de ascenso influyen positivamente el clima laboral" (M=5,65, DE=0,49) y " El estilo de liderazgo autoritario impacta negativamente el clima laboral" (M=5,65, DE=1,18) fueron consideradas por los expertos como muy relevantes en la segunda ronda del Delphi. Esto demuestra que las variables relacionadas con aspectos de la organización se consideran esenciales para mejorar el clima laboral de la organización.

De la misma manera, los académicos tienen una percepción positiva acerca de las macrovariables como "El clima laboral impacta positivamente la mejora de productos y servicios " (M=5,30, DE=0,75), asimismo como "La innovación organizacional impacta positivamente la mejora de productos y servicios " (M=5,55, DE=0,57), variable que tuvo una alta convergencia en este grupo; teniendo en cuenta estos resultados se puede afirmar que existe una aceptación mayoritaria por parte de los académicos del modelo propuesto. Por último, también las variables nuevas incluidas en el modelo como "La comunicación asertiva impacta positivamente el clima laboral" (M=5,60, DE=0,65), y "La gestión del conocimiento impacta positivamente la innovación organizacional" (M=5,50, DE=0,69) tuvieron un acuerdo entre los participantes.

**Tabla 3.** Respuestas de académicos sobre la relación entre transformación digital y estructuras organizacionales.

Variables	Media (M)		Mediana (ME)		Desviación Estándar (DE)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Las oportunidades de ascenso impactan positivamente el clima laboral	5.40	5.65	5.50	6.00	0.68	0.49
Las capacitaciones impactan positivamente el clima laboral	5.00	4.85	5.00	5.00	0.56	0.66
El estilo de liderazgo autoritario impacta negativamente el clima laboral	4.80	5.65	5.00	6.00	1.32	1.18
La comunicación asertiva impacta positivamente el clima laboral	*	5.60	*	6.00	*	0.60
El liderazgo participativo impacta positivamente el clima laboral	*	5.55	*	6.00	*	0.52
Las capacitaciones impactan positivamente el intercambio de información	4.85	5.05	5.00	5.00	0.59	0.77

Los servicios con otras empresas impactan positivamente el intercambio de información	4.50	4.25	5.00	4.00	0.83	1.10
Los procesos creativos impactan positivamente el intercambio de información	4.85	4.75	5.00	5.00	0.93	0.76
La integración y analítica de datos impacta positivamente el intercambio de información	*	5.45	*	5.50	*	0.72
Las oportunidades de ascenso impactan positivamente la innovación organizacional	5.05	5.00	5.00	5.00	0.76	1.05
Las capacitaciones de los empleados impactan positivamente la innovación organizacional	5.40	5.15	5.00	5.00	0.60	0.76
Los procesos en la nube impactan positivamente la innovación organizacional	4.35	4.35	4.50	4.00	1.04	0.95
Los servicios con otras empresas impactan positivamente la innovación organizacional	4.55	4.50	5.00	4.50	0.83	1.23
El enfoque empresarial excesivo en la reducción de costos impacta negativamente la innovación organizacional	5.00	5.05	5.00	6.00	1.26	1.17
La gestión del conocimiento impacta positivamente la innovación organizacional	*	5.50	*	6.00	*	0.69
El clima laboral impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.35	5.30	5.00	5.00	0.67	0.75
El intercambio de información impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.35	5.35	5.00	5.00	0.49	0.76
La innovación organizacional impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.60	5.55	6.00	6.00	0.68	0.57

\*=Las variables no fueron consultadas en la primera ronda.

Análogamente, se tuvo un análisis de las respuestas de los expertos de la industria, en la segunda ronda del Delphi se observó un refuerzo de estas percepciones, con un aumento de las medias de varias variables clave; por ejemplo "Las capacitaciones impactan positivamente el intercambio de información " aumentó su valor medio a M=5,25 con una

desviación estándar ( $DE=0,77$ ), lo que indica un mayor consenso entre los expertos consultados después de la primera ronda. Del mismo modo, las variables como " El liderazgo participativo impacta positivamente el clima laboral" y " La comunicación asertiva impacta positivamente el clima laboral " también presentaron resultados significativos de ( $M=5,80$  y  $M=5,60$ ) respectivamente.

Por otra parte, existen algunas variables que tienen una mayor discrepancia de su importancia en el modelo como "Los servicios con otras empresas impactan positivamente el intercambio de información" ( $M=4,60$ ;  $DE=1,10$ ), esto se debe a que los equipos de trabajo del sector construcción suelen trabajar de forma fragmentada y desarticulada lo que acarrea problemas de comunicación y confianza. Adicionalmente, también puede existir cierta resistencia a trabajar con otras empresas por el "know-how" de cada organización.

Existe un acuerdo entre los expertos de la industria en las macro-variables que afectan la mejora de productos y servicios; debido a que todas las relaciones tuvieron medias superiores ( $M$ ) a 5,45 y la mayor desviación estándar ( $DE$ ) fue de 0.76. Por último, se plantea un modelo consolidado con las variables acordadas entre el panel de expertos (Figura 2).

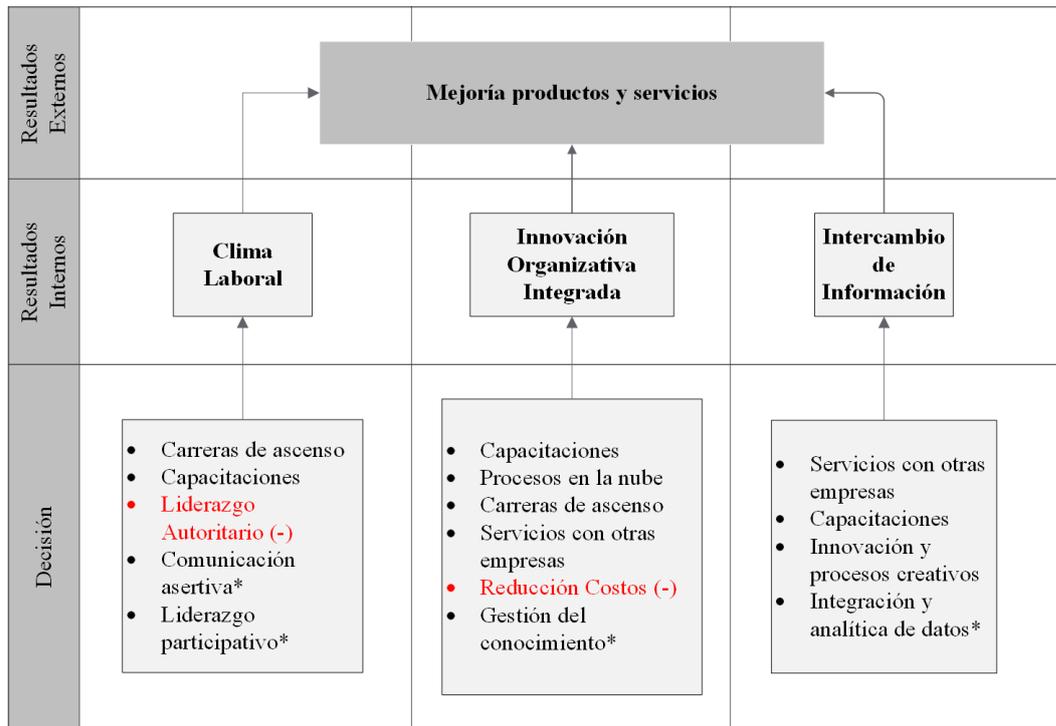
**Tabla 4.** Respuestas de expertos de la industria sobre la relación entre transformación digital y estructuras organizacionales.

Variables	Media		Mediana		Desviación Estándar	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Las oportunidades de ascenso impactan positivamente el clima laboral	5.50	5.65	6.00	6.00	0.69	0.49
Las capacitaciones impactan positivamente el clima laboral	5.40	5.30	5.00	5.00	0.50	0.66
El estilo de liderazgo autoritario impacta negativamente el clima laboral	5.30	5.15	5.00	6.00	0.66	1.18
La comunicación asertiva impacta positivamente el clima laboral	*	5.60	*	6.00	*	0.60
El liderazgo participativo impacta positivamente el clima laboral	*	5.80	*	6.00	*	0.52
Las capacitaciones impactan positivamente el intercambio de información	4.95	5.20	5.00	5.00	0.83	0.77

Los servicios con otras empresas impactan positivamente el intercambio de información	4.30	4.60	4.00	5.00	1.08	1.10
Los procesos creativos impactan positivamente el intercambio de información	5.30	5.05	5.00	5.00	0.57	0.76
La integración y analítica de datos impacta positivamente el intercambio de información	*	5.25	*	5.00	*	0.72
Las oportunidades de ascenso impactan positivamente la innovación organizacional	4.90	5.05	5.00	5.00	1.07	1.05
Las capacitaciones de los empleados impactan positivamente la innovación organizacional	5.35	5.55	5.00	6.00	0.59	0.76
Los procesos en la nube impactan positivamente la innovación organizacional	4.70	4.80	5.00	5.00	1.03	0.95
Los servicios con otras empresas impactan positivamente la innovación organizacional	4.55	4.55	5.00	5.00	0.83	1.23
El enfoque empresarial excesivo en la reducción de costos impacta negativamente la innovación organizacional	4.50	5.00	4.00	5.00	1.00	1.17
La gestión del conocimiento impacta positivamente la innovación organizacional	*	5.45	*	6.00	*	0.69
El clima laboral impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.40	5.60	6.00	6.00	0.75	0.75
El intercambio de información impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.35	5.45	5.00	6.00	0.67	0.76
La innovación organizacional impacta positivamente la mejora de productos y servicios	5.55	5.70	6.00	6.00	0.51	0.57

\*=Las variables no fueron consultadas en la primera ronda.

Se plantea un modelo consolidado con las variables acordadas entre el panel de expertos, en las cuales se puede destacar la inclusión de variables como comunicación asertiva, liderazgo participativo, integración y analítica de datos, y gestión del conocimiento. La relación entre las variables se puede evidenciar en la Figura 2.



\*= Nuevas variables del modelo.

**Figura 2.** Modelo conceptual entre la transformación digital y las estructuras organizacionales 2.0 con los expertos.

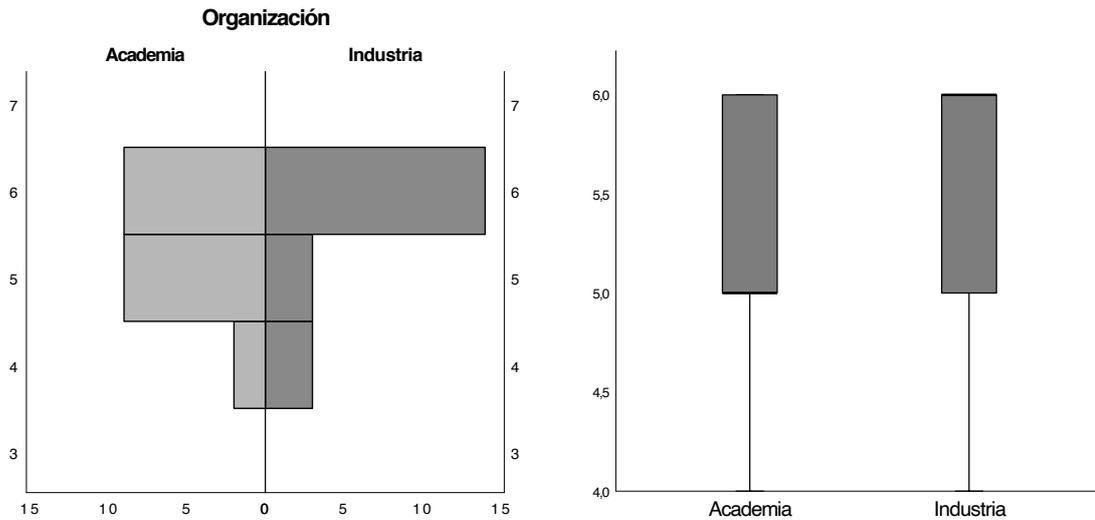
### 3.2 TEST DE NORMALIDAD Y COEFICIENTE DE KENDALL

En cuanto al test de normalidad una prueba de normalidad para determinar si los datos se ajustaban a una distribución normal. La evaluación de la normalidad se realizó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk (May & Looney, 2022). El valor  $p$  obtenido para las 40 variables fue inferior a 0,05, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal; por lo tanto, se emplearon métodos no paramétricos en los análisis subsecuentes.

Por otro lado, el coeficiente de Kendall fue de 0.266 para los académicos que indica una tendencia moderada en la concordancia entre los expertos sobre qué variables son prioritarias y en los expertos de la industria que fue de 0.240, el cual es un valor similar al obtenido de los académicos. Los valores del Kendall pueden ser susceptibles a ser menores a medida que aumenta el tamaño de la muestra (Raadt et al., 2021).

### 3.3 DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS U-MANN WHITNEY

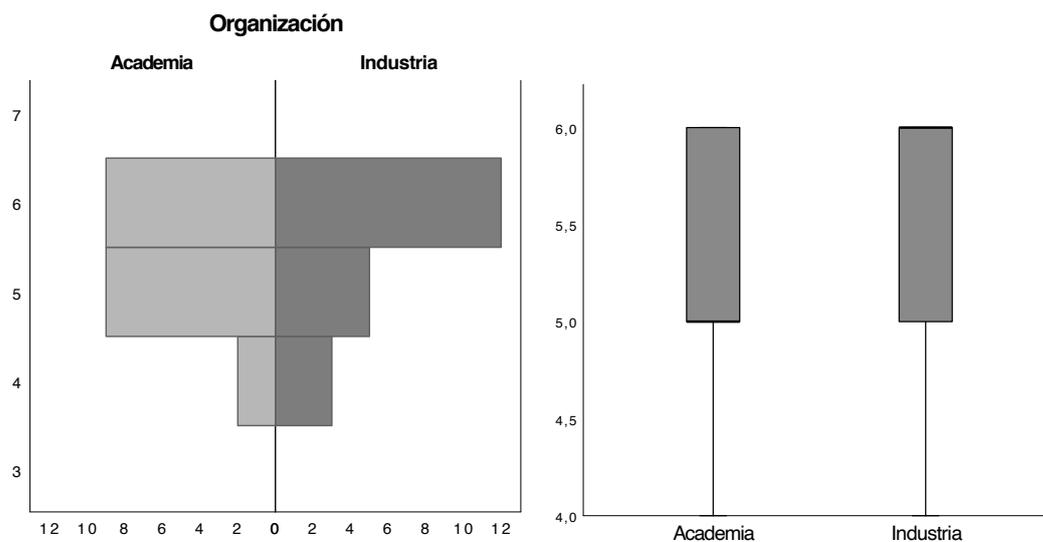
Para el modelo propuesto era crucial entender si existían diferencias significativas de criterio entre los académicos y los expertos de la industria, por esta razón se empleó las pruebas de U-Mann Whitney. La figura 2 muestra la comparación de los grupos sobre la variable “El clima laboral impacta positivamente la mejora de productos y servicios”.



**Figura 3.** Impacto del clima laboral a la mejora de productos y servicios.

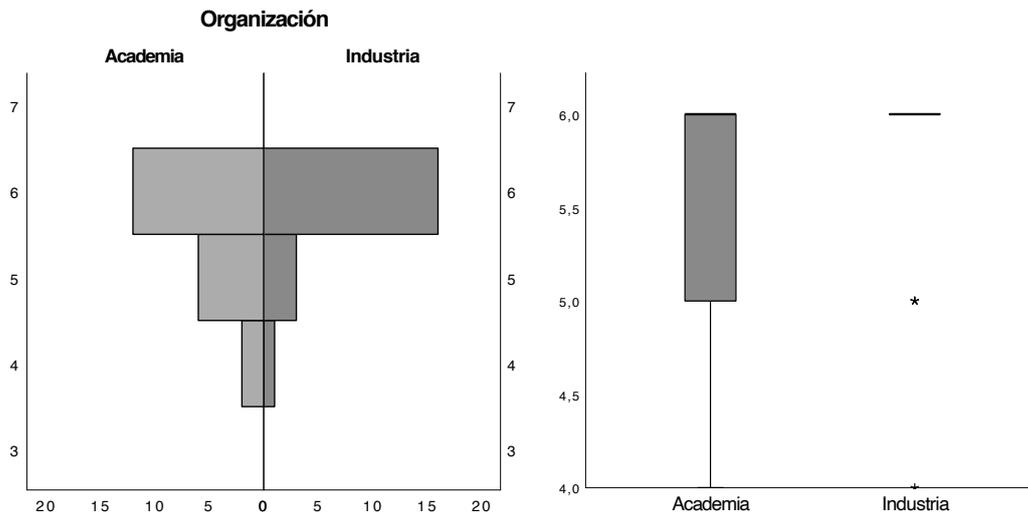
Adicionalmente, la prueba de U-Mann Whitney tuvo un  $p$ -valor de 0.289, este resultado indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los grupos; este indicador es esencial para verificar la convergencia de criterios entre los académicos y expertos de la industria.

Por otro lado, la figura 3 muestra la comparación de los grupos sobre la variable “El intercambio de información impacta positivamente la mejora de productos y servicios”. Adicionalmente, la prueba de U-Mann Whitney tuvo un  $p$ -valor de 0.565, este dato significa que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no existen diferencias significativas entre los grupos; este resultado valida que en la importancia del intercambio de información para la mejora de productos y servicios existe un acuerdo.



**Figura 3.** Impacto del intercambio de información a la mejora de productos y servicios.

Por último, la Figura 5 muestra la comparación de los grupos sobre la variable “La innovación organizacional impacta positivamente la mejora de productos y servicios”. Se puede evidenciar una mayor frecuencia de valores más altos en los expertos de la industria que en los académicos. Asimismo, la prueba de U-Mann Whitney tuvo un  $p$ -valor de 0.289, este resultado indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los grupos, lo cual valida la convergencia en la importancia de la innovación en la mejora de productos y servicios.



**Figura 4.** Impacto de la innovación organizativa integrada a la mejora de productos y servicios.

## CONCLUSIONES

La implementación de tecnologías en el sector de la construcción para mejorar la eficiencia ha sido un proceso gradual con un enfoque hacia las herramientas; no obstante, todavía existen brechas en este proceso en los cambios necesarios en las estructuras organizacionales del sector construcción. Dentro de los resultados principales se encuentra una convergencia de los criterios entre los académicos y expertos de la industria, en los cual no existen diferencias estadísticamente significativas.

Adicionalmente, existe una concordancia entre las macro-variables del modelo, que son el clima laboral, el intercambio de información y la innovación organizativa integrada; dichas variables tienen un impacto positivo en la mejora de productos y servicios del sector de la construcción. Asimismo, existe una concordancia entre los académicos y expertos de la industria en las nuevas variables aportadas como son: comunicación asertiva, liderazgo participativo, integración y analítica de datos, y gestión del conocimiento, dichas variables se proponen como complemento al modelo inicial (Osorio-Gómez et al., 2024b). Cabe anotar que dicho modelo se da un marco de creciente interés por transformación digital, lo cual hace que el modelo propuesto tenga una práctica directa en las empresas del sector de la construcción.

El presente estudio tiene algunas limitaciones, por ejemplo, la mayoría de los expertos proceden de América Latina; esto podría generar una visión del sector construcción acorde al contexto; no obstante, esta situación puede solucionarse en el futuro

expandingo la investigación a otras zonas culturalmente diferentes. Además, la propuesta es un modelo conceptual en evolución que podría ser susceptible a cambios de acuerdo con nuevos desarrollos teórico-prácticos. Por último, el modelo está en el nivel de “variables” del proceso de transformación digital y estructuras organizacionales; sin embargo, también hay unos factores organizacionales que pueden incidir en cada una de las variables del modelo. Como investigación futura se propone un análisis de los factores que afectan a cada una de las variables del modelo, asimismo, un nuevo entendimiento de los roles y responsabilidades dentro de las organizaciones del sector construcción para afrontar los procesos de transformación digital. Este análisis puede ser de acuerdo con los niveles organizacionales, en especial, el nivel operativo que tiene grandes retos en términos educativos y de implementación para aprovechar la tecnología en los procedimientos constructivos del siglo XXI.

## AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen a todos los expertos que decidieron vincularse a esta investigación, por sus aportes valiosos y desinteresados para la mejora del sector construcción.

## REFERENCIAS

- Bhandari, S., & Hallowell, M. R. (2021). Identifying and Controlling Biases in Expert-Opinion Research: Guidelines for Variations of Delphi, Nominal Group Technique, and Focus Groups. *Journal of Management in Engineering*, 37(3), 1–13. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000909](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000909)
- Bolpagni, M., Burdi, L., Ciribini, A. L. C. ;, Walsh, K., & Sacks, R. (2017). *Integration of Lean Construction and Building Information Modeling in a Large Client Organization in Massachusetts*. 79–86. <https://doi.org/10.24928/2017/0311>
- Chomeya, R. (2010). Quality of Psychology Test Between Likert Scale 5 and 6 Points. *Journal of Social Sciences*, 6(3), 399–403. <https://doi.org/10.3844/jssp.2010.399.403>
- Chung, S. W., Kwon, S. W., Moon, D. Y., Lee, K. H., & Shin, J. H. (2019). Information exchange process for AR based smart facility maintenance system using BIM model. *Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019, May*, 595–602. <https://doi.org/10.22260/isarc2019/0079>
- Eastman, C., Liston, K., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook*.
- Elghaish, F., Abrishami, S., Abu Samra, S., Gaterell, M., Hosseini, M. R., & Wise, R. (2021). Cash flow system development framework within integrated project delivery (IPD) using BIM tools. *International Journal of Construction Management*, 21(6), 555–570. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1573477>
- Ernstsen, S. N., Whyte, J., Thuesen, C., & Maier, A. (2021). How Innovation Champions Frame the Future: Three Visions for Digital Transformation of Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001928](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001928)
- Forcael, E., Ferrari, I., Opazo-Vega, A., & Pulido-Arcas, J. A. (2020). Construction 4.0: A literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su12229755>
- Galanis, P. (2018). The Delphi method. *Archives of Hellenic Medicine*, 35(4). <https://doi.org/10.4324/9781315728513-10>

- Grime, M. M., & Wright, G. (2016). Delphi Method. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, August, 1–6. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat07879>
- Hallowell, M. R., & Gambatese, J. A. (2010). Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 99–107. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000137](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000137)
- Hasson, F., & Keeney, S. (2011). Enhancing rigour in the Delphi technique research. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1695–1704. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.04.005>
- Hossain, M. A., & Nadeem, A. (2019). Towards digitizing the construction industry: State of the art of construction 4.0. *ISEC 2019 - 10th International Structural Engineering and Construction Conference*, July, 0–6. <https://doi.org/10.14455/isec.res.2019.184>
- Karmakar, A., & Delhi, V. S. K. (2021). Construction 4.0: What we know and where we are headed? *Journal of Information Technology in Construction*, 26(May), 526–545. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.028>
- Mäkinen, T. (2017). *Strategizing for Digital Transformation: A Case Study of Digital Transformation Process in the Construction Industry*. 1–104. [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29030/master\\_M%EA4kinen\\_Timo\\_2017.pdf;jsessionid=43DE9B08703F5338FA8D98D46B8F18CC?sequence=2](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29030/master_M%EA4kinen_Timo_2017.pdf;jsessionid=43DE9B08703F5338FA8D98D46B8F18CC?sequence=2)
- May, J. O., & Looney, S. W. (2022). On Sample Size Determination When Comparing Two Independent Spearman or Kendall Coefficients. *Open Journal of Statistics*, 12(02). <https://doi.org/10.4236/ojs.2022.122020>
- McKinsey, I. (2020). The next normal in construction. *McKinsey & Company*, June.
- McKnight, P., & Najab, J. (2010). The Mann–Whitney U Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1–1.
- Osorio-Gómez, C. C., Amariles-López, C. C., Herrera, R. F., & Pellicer, E. (2024a). BIM Implementation in Small and Medium-Sized Companies in the Colombian Construction Sector. *Construction Research Congress 2024, CRC 2024*, 4, 569–579. <https://doi.org/https://doi.org/10.1061/9780784485286.057>
- Osorio-Gómez, C. C., Herrera, R. F., & Pellicer, E. (2023). Exploring the interplay between Digital Transformation and Organizational Structures in Construction Companies. *2023 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CONIITI61170.2023.10324032>
- Osorio-Gómez, C. C., Herrera, R. F., Prieto-Osorio, J. M., & Pellicer, E. (2024b). Conceptual model for implementation of digital transformation and organizational structure in the construction sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(7). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102749>
- Osorio-Gómez, C. C., León-Daza, W. M., Moggio-Bessolo, A. F., Ospina-Alvarado, A. M., & Ponz-Tienda, J. L. (2020). Lean Construction Impact on the Environmental Footprint of a Construction Project in Colombia: A Case Study. *Construction Research Congress 2020*, 379–387. <https://doi.org/10.1061/9780784482889.040>
- Raadt, A., Warrens, M., Bosker, R., & Kiers, H. (2021). A Comparison of Reliability Coefficients for Ordinal Rating Scales. *Journal of Classification*, 38, 519–543. <https://doi.org/10.1007/s00357-021-09386-5>
- Rahman, S. H. A., Endut, I. R., Faisal, N., & Paydar, S. (2014). The Importance of Collaboration in Construction Industry from Contractors' Perspectives. *Procedia* -

- Social and Behavioral Sciences*, 129, 414–421.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.695>
- Redmond, A., Hore, A., Alshawi, M., & West, R. (2012). Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. *Automation in Construction*, 24, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.003>
- Reguant-Álvarez, M., & Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE. Revista d'Innovacion i Recerca En Educacion*, 9(9 (1)), 0–2. <https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>
- Sanchís-Pedregosa, C., Vizcarra-Aparicio, J. M., & Leal-Rodríguez, A. L. (2020). Bim: A technology acceptance model in Peru. *Journal of Information Technology in Construction*, 25(February), 99–108. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.006>
- Sforzini, L., Worrell, C., Kose, M., Anderson, I. M., Aouizerate, B., Arolt, V., Bauer, M., Baune, B. T., Blier, P., Cleare, A. J., Cowen, P. J., Dinan, T. G., Fagiolini, A., Ferrier, I. N., Hegerl, U., Krystal, A. D., Leboyer, M., McAllister-Williams, R. H., McIntyre, R. S., ... Pariante, C. M. (2022). A Delphi-method-based consensus guideline for definition of treatment-resistant depression for clinical trials. *Molecular Psychiatry*, 27(3), 1286–1299. <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01381-x>
- Siebelink, S., Voordijk, H., Endedijk, M., & Adriaanse, A. (2021). Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity. *Frontiers of Engineering Management*, 8(2), 236–257. <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0088-2>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., García-Martínez, A., & Gómez de Cózar, J. C. (2018). BIM-Based LCA Method to Analyze Envelope Alternatives of Single-Family Houses: Case Study in Uruguay. *Journal of Architectural Engineering*, 24(3), 1–15. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)jae.1943-5568.0000303](https://doi.org/10.1061/(asce)jae.1943-5568.0000303)
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Succar, B., & Poirier, E. (2020). Lifecycle information transformation and exchange for delivering and managing digital and physical assets. *Automation in Construction*, 112(September 2018), 103090. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103090>
- Tezel, A., Taggart, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Hanahoe, J., & Kelly, M. (2020). Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: a systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), 186–201.
- Toledo, M., Olivares, K., & González, V. (2016). EXPLORATION OF A LEAN-BIM PLANNING FRAMEWORK: A LAST PLANNER SYSTEM AND BIM-BASED CASE STUDY. In *Proceedings IGLC-24*. [www.iglc.net](http://www.iglc.net)
- Trends, N. (2017). *Organizational structures: New Trends*. 6(6), 77–83.
- Turner, C. J., Oyekan, J., Stergioulas, L., & Griffin, D. (2021). Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 746–756. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3002197>
- Wong, J., Wang, X., Li, H., Chan, G., & Li, H. (2014). A review of cloud-based bim technology in the construction sector. *Journal of Information Technology in Construction*, 19(August), 281–291.

- Yagiz, K., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2017). Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy Implementation of Industry 4.0 strategies require wide applications in companies. In *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_4)
- Zhang, G., Wang, T., Wang, Y., Zhang, S., Lin, W., Dou, Z., & Du, H. (2023). Study on the Influencing Factors of Digital Transformation of Construction Enterprises from the Perspective of Dual Effects—A Hybrid Approach Based on PLS-SEM and fsQCA. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076317>
- Zhang, J., Chen, M., Ballesteros-Pérez, P., Ke, Y., Gong, Z., & Ni, Q. (2023). A new framework to evaluate and optimize digital transformation policies in the construction industry: A China case study. *Journal of Building Engineering*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106388>