

**TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA CONSTRUCCIÓN: ESTRATEGIA PARA
DISMINUIR LA FRAGMENTACIÓN DE PROCESOS EN EMPRESAS
COLOMBIANAS DEL SECTOR.**

JUAN CAMILO JIMENEZ SUAZA

Trabajo de Grado para la obtención de título de Maestría en Ingeniería

Asesor Luis Fernando Botero Botero

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERIA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA, ÉNFASIS EN GESTION DE LA CONSTRUCCIÓN

MEDELLÍN

2025

CONTENIDO

1	Introducción:.....	5
2	Descripción del Problema	6
3	Objetivos.....	10
3.1.	<i>Objetivo General</i>	10
3.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	10
4	Justificación.....	11
5	Estado del Arte.....	12
5.1.	<i>Metodología de búsqueda</i>	12
5.2.	<i>Criterios de Aceptación</i>	12
5.3.	<i>Resultados de la Búsqueda</i>	13
5.3.1	<i>Fragmentación en la construcción</i>	15
5.3.2	<i>Digitalización de la construcción</i>	20
5.3.3	<i>Fragmentación y digitalización de la construcción:</i>	24
6	Marco Teórico.....	26
6.1.	<i>Fragmentación en la construcción</i>	26
6.2.	<i>Digitalización de la construcción</i>	29
6.3.	<i>Fragmentación en procesos y digitalización de la construcción</i>	33
7	Metodología.....	34
7.1.	<i>Tipo de estudio</i>	34
7.2.	<i>Etapas, objetivos y herramientas de la investigación:</i>	34
7.3.	<i>Encuestas y Entrevistas a profesionales de la construcción:</i>	35
8	Resultados.....	37
8.1.	<i>Principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción</i>	37
8.2.	<i>Impactos de la adopción de digitalización en la construcción</i>	41
9	Discusión	53
10	Estrategia de implementación de Transformación Digital en la Construcción.....	58
10.1	<i>Fase 1 Autodiagnóstico</i>	60
10.2	<i>Fase 2 Definición</i>	62
10.3	<i>Fase 3 implementación:</i>	64
10.4	<i>Fase 4 Evaluación y seguimiento:</i>	68

11	Conclusión.....	73
12	Referencias.....	75
13	Anexos.....	79

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Fuente: Inversión del sector de la construcción comparado con el PIB mundial. Adoptado de (McKinsey Global Institute, 2017).	6
Imagen 2 Número Total de Artículos seleccionados	13
Imagen 3. Tipos de Artículos Seleccionados	14
Imagen 4. Año de Publicación Artículos seleccionados	14
Imagen 5. País de Procedencia de Artículos seleccionados.....	15
Imagen 6. Los principios de la industria 4.0 son aplicados en la construcción.....	37
Imagen 7. Fases más relevantes en el desarrollo de un proyecto.....	38
Imagen 8. Involucrar diferentes especialidades en un proyecto.....	39
Imagen 9. Interese propios de cada actor	39
Imagen 10. Resultado Encuestas	40
Imagen 11. Relaciones entre diferentes actores en la cadena de valor.....	40
Imagen 12. Integración o desintegración en el desarrollo de proyectos	41
Imagen 13. Como combatir la fragmentación	41
Imagen 14. Fases más óptimas para el uso de herramientas digitales	42
<i>Imagen 15. Resumen Resultados trabajo de Campo</i>	<i>52</i>
Imagen 16. Impactos esperados con la transformación digital. Fuente: Autoría Propia.	58
Imagen 17. Un recorrido hacia la transformación Digital. Fuente: Autoría Propia.	59
Imagen 18. Esquema Fase Autodiagnóstico. Fuente: Autoría Propia.....	60
Imagen 19. Esquema Fase Definición. Fuente: Autoría Propia.....	63
Imagen 20. Esquema Fase Implementación. Fuente: Autoría Propia.....	65
Imagen 21. Esquema Fase Evaluación y seguimiento. Fuente: Autoría Propia.	68
Imagen 22. Esquema Completo de las fases de pautas y accionables. Fuente: Autoría Propia.....	72

1 Introducción:

La industria de la construcción se reconoce como un pilar en el desarrollo económico a nivel mundial, sin embargo, es una industria que históricamente enfrenta desafíos que obstaculizan o impiden que estos impactos sean mayores. Su naturaleza diversa y multifacética involucra una amplia gama de actores cada uno con sus propias competencias e intereses, los cuales si no son gestionados de manera correcta se traducen en problemas de fragmentación de procesos con impactos negativos en la eficiencia, productividad y otros factores como coordinación, retrasos, sobre costos y calidad.

Las dinámicas mundiales suelen cambiar de manera rápida y las industrias deben estar preparadas para adaptarse a los cambios que se presenten para continuar con su desarrollo. Por ejemplo, la industria de la construcción está experimentando un proceso de transformación digital debido a los avances tecnológicos que de manera lenta han sido adaptados en sus procesos, y los antecedentes muestran que poco a poco la industria ha ido experimentando los beneficios que la digitalización aporta, encontrando que a nivel mundial hay brechas entre países en cuanto a la transformación digital. Específicamente en la industria local, se presentan índices bajos de adopción tecnológica, pero con una tendencia a aumentar por lo que se requiere de normativas fuertes y estrategias claras que permitan un avance ordenado con mejoras significativas para la industria.

Con este trabajo se busca relacionar estos dos conceptos específicamente en la industria de la construcción Colombiana, en donde la digitalización se propone como estrategia para superar desafíos que enfrenta la industria especialmente los relacionados con la fragmentación de procesos. Por un lado, se enfocan esfuerzos en estudiar y comprender detalladamente las causas de la fragmentación para encontrar oportunidades de mejora, y por otro lado se busca conocer los beneficios de la digitalización en la industria y como esta puede ser implementada, para finalmente recomendar una estrategia de implementación de la transformación digital en la construcción para disminuir la fragmentación de procesos en empresas colombianas. Se buscará conocer de primera mano las experiencias que han tenido diferentes profesionales de la industria al trabajar de manera directa con estos temas y finalmente la información será contrastada contra los hallazgos teóricos con el fin de encontrar bases sólidas para la construcción de la estrategia.

Al final, se identifican las causas de la fragmentación en los procesos de construcción, los beneficios más importantes de la transformación digital y como estos convergen para que las empresas Colombianas del sector encuentren una estrategia estructurada de cómo abordar el proceso de transformación digital de manera exitosa y sostenible

Palabras clave: Fragmentación de procesos, transformación digital, digitalización de la construcción, gestión de proyectos.

2 Descripción del Problema

Históricamente y a nivel mundial el sector de la construcción se ubica como una de las industrias más antiguas e importantes en el desarrollo económico de los países, lo cual es respaldado por diferentes estudios, por ejemplo [1] demostró que el crecimiento de la industria de la construcción lidera el crecimiento económico de economías en desarrollo. Por su parte, [2] resaltan que la industria de la construcción es una de las industrias más rentables y por esto ayuda a conducir el desarrollo económico, representando alrededor de un 13%-14% del PIB mundial. Otro factor importante que tiene la industria de la construcción en el desarrollo económico de los países se basa en la provisión de infraestructura vital, vías, edificaciones y proyectos para el desarrollo humano y el bienestar social, por lo que además de contribuir en el PIB, genera empleo a gran escala ofreciendo oportunidades en diversos sectores [3]. Esto es respaldado localmente por asociaciones gremiales [4] quien afirma que la construcción involucra gran cantidad de sectores y subsectores por lo que es posible atribuirle la creación de empleos directos e indirectos, el consumo de insumos de otras industrias y la generación de ofertas en el mercado.

Aporte del Sector de la Construcción a la Economía mundial

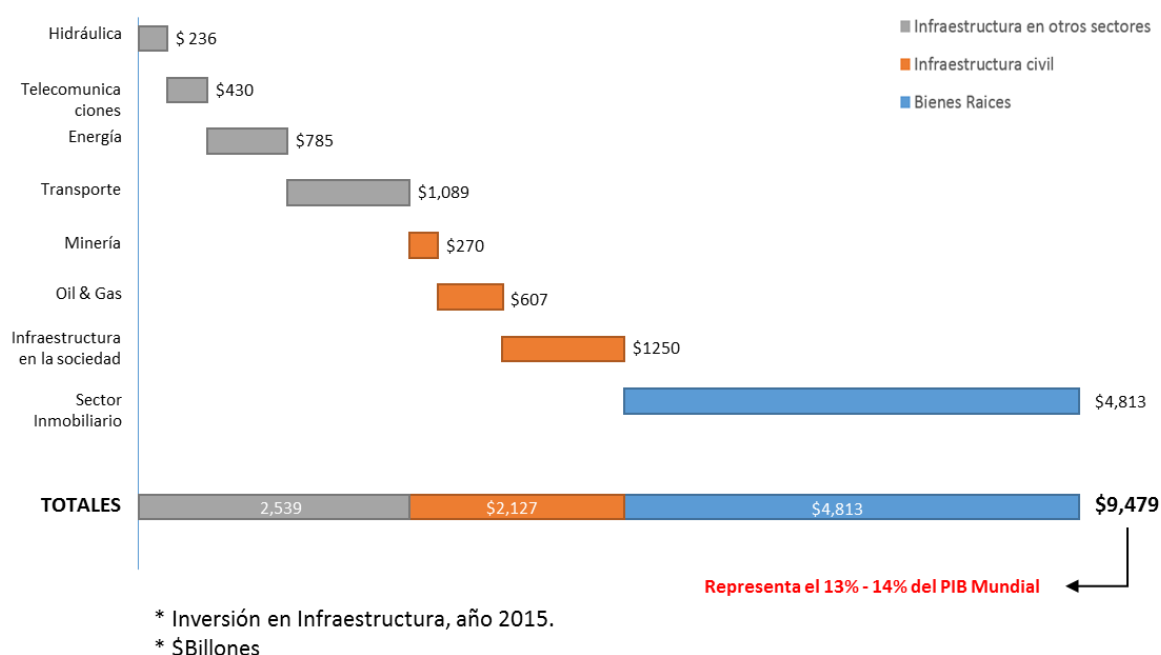


Imagen 1. Fuente: Inversión del sector de la construcción comparado con el PIB mundial. Adoptado de [5].

A nivel nacional se puede observar a través de los informes técnicos presentados periódicamente por el DANE, un análisis y seguimiento a los sectores más representativos, entre estos la construcción que en los últimos años ha presentado indicadores variables que coinciden con la realidad económica del país, pues en los últimos años se evidencia diferentes obstáculos en el desarrollo y comercialización de proyectos, economía con índices desfavorables de inflación, tasas de intereses altas y otros aspectos que impactan directamente el sector de la construcción y

la economía [4]. Sin embargo, pese a este panorama la tendencia del sector construcción continúa generando impactos en la economía del país con aportes entre el 5% - 7% del PIB, [6] incluyendo los últimos años que han estado rodeados incertidumbre a causa de la pandemia por COVID 19.

A pesar del impacto que tiene la industria de la construcción en la economía tanto nacional como mundial, esta industria presenta bajos índices de productividad y con poco crecimiento [7], incluso algunos autores como [8] sostienen que la productividad de la industria de la construcción ha ido disminuyendo durante las últimas dos décadas en comparación con otras industrias que han visto la necesidad de re inventarse para adaptarse al mundo cambiante que enfrentan. Como complemento [9] respaldan lo anterior con los resultados de su estudio donde un 70% (de una encuesta realizada a 270 profesionales) califica de muy negativa la productividad en la industria. [7], atribuyen la baja productividad a la alta intensidad laboral, bajas economías de escala, impedimentos regulatorios, prácticas de gestión e innovación deficientes, mala calidad de las inversiones y el bajo nivel de habilidades.

Localmente CAMACOL como asociación gremial de la construcción colombiana, calcula que el crecimiento global de la productividad en la construcción en los últimos años alcanza en promedio el 1.0% anual mientras que la economía mundial presenta crecimientos del 2.7% e industrias como la manufacturera presentan crecimientos del 3.6% [10]. Por esto, Colombia no es un país ajeno a la problemática y está en los últimos puestos a nivel mundial con menor productividad en la industria según el estudio mencionado [10] en donde además resaltan factores causantes de esto como: la informalidad empresarial y laboral y la desarticulación entre programas de educación y necesidades del sector. Esto se complementa con otros factores mencionados por la misma consultora en otro estudio [11] que señala como responsables de la problemática a las regulaciones económicas y políticas, corrupción, complejidad de proyectos, vulnerabilidad ante cambios económicos, procesos altamente fragmentados y baja adopción de nuevas tecnologías.

Con lo anterior, se evidencia que los bajos indicadores de productividad generan que los impactos de la industria de la construcción en la economía sean realmente menores de lo que podría llegar a ser. Esto ha llamado la atención en la industria, por lo que se encontraron estudios dedicados al análisis de los problemas que enfrenta la construcción en el desarrollo de los proyectos, y que buscan estrategias y prácticas más eficientes a lo largo de sus procesos que permitan cerrar las brechas de productividad. Por ejemplo, el ya mencionado estudio [11], entre muchos factores, indica que la industria cuenta con procesos fragmentados debido a la ineficiencia y pérdidas por problemas de comunicación entre interesados de un mismo proyecto.

Para generar un contexto sobre el fenómeno de fragmentación por un lado [12] define el ciclo de vida de un proyecto como la serie de fases que se atraviesan desde su inicio hasta su conclusión y en donde se puede definir el marco de referencia para gestionarlo. Por otro lado, se entiende que la gestión de proyectos es responsable de articular estas fases de manera que los eslabones de la cadena de valor se conecten y funcionen como un todo. No obstante, en la construcción generalmente se involucra múltiples actores que intervienen a lo largo del ciclo de

vida, esto se da debido a la complejidad de los proyectos que no se limitan a una sola disciplina como lo indican [13], quienes a su vez expresan que estos actores pueden operar en una o varias actividades y/o fases del proyecto y sus esfuerzos individuales deben ser gestionados y coordinados continuamente, buscando armonizar el desarrollo de las actividades y alcanzar metas efectivamente. Lo anterior puede ser complementado por [14] quienes sostienen que cada eslabón de la cadena de valor en la industria involucra múltiples capas de contratistas y subcontratistas por lo que la falta de coordinación termina por impactar negativamente el desarrollo de los proyectos.

El fenómeno de fragmentación es identificado en los procesos que atraviesan los proyectos de construcción, en la medida que haya ausencia de comunicación, coordinación y gestión de los diferentes actores, pues como lo indican [15], la comunicación es una herramienta que permite la relación entre estos actores involucrados en el ciclo de vida del proyecto y su mala gestión genera grandes pérdidas de eficiencia [14]. Estos problemas, generan que los actores actúen como islas de manera independiente, lo cual si se suma con que la planificación de proyectos se hace como una serie de actividades secuenciales de manera separada como lo propuso [16], deja como resultado impactos negativos en la cadena de valor donde los actores actúan con falta de interés colectivo enfocando sus esfuerzos en su actividad propia y no adquiriendo un compromiso real con el proyecto global [16].

De igual manera, la fragmentación aparece en la cadena de suministro donde se cuenta con gran cantidad de oferta de pequeñas y medianas empresas con productos y servicios similares [17], las cuales para el desarrollo de proyectos es necesario involucrar en actividades específicas mediante una práctica conocida como subcontratación, que de acuerdo con [16] impide la continuidad de los equipos que es esencial para un trabajo eficiente. Si esto se mira localmente, encontramos que en Colombia la industria de la construcción presenta cifras aproximadas a que un 33% del valor agregado del sector es generado por subcontratistas de los constructores principales. [18]. Todos estos argumentos encontrados señalan que la construcción está limitada por sus procesos fragmentados y la gestión de proyectos presenta falencias al articular las fases del ciclo de vida pues absorbe los impactos generados por los diferentes intereses y necesidad de los actores que intervienen en cada proyecto.

Retomando los argumentos de [11] frente a la baja productividad en la industria, se encuentra que también esto se le atribuye a la baja adopción de nuevas tecnologías, señalando que la industria se encuentra entre los sectores menos digitalizados. Por ejemplo, [10] ubicó a Colombia por debajo del promedio mundial en la implementación de mejores prácticas con solo un 14% de adopción tecnológica en comparación del promedio mundial que alcanza el 48%. Sin embargo, gracias a estos hallazgos se ha comenzado a tener mayor consciencia sobre los beneficios que esto puede brindar a la industria, y el consejo nacional de política económica y social (CONPES) ya decretó políticas que promueven la implementación de tecnologías en el sector construcción. [19]. Así mismo, la cámara colombiana de construcción ha implementado estrategias para promover la adopción tecnológica y transformación digital de la industria que permita articular diversos actores de la cadena de valor de la construcción [20].

Sin duda alguna, la industria de la construcción tiene la oportunidad de pensar en mejores prácticas para el desarrollo y gestión de los proyectos y aunque son muchos los factores que hacen que la industria mantenga procesos rígidos que afectan su desempeño, la fragmentación de procesos se considera como un factor importante a resolver, y es en este punto donde la transformación digital se considera protagonista pues a través de esta se pueden implementar prácticas de integración de procesos centrados en torno a las necesidades del cliente y el valor que brinda el producto final. Por lo tanto, es necesario estudiar con mayor profundidad las causas del fenómeno de la fragmentación en el ciclo de vida de los proyectos de construcción y conocer a profundidad los impactos y beneficios reales que brinda la transformación digital en la industria con el fin de identificar las oportunidades de mejoras que existen al relacionar estas variables y proponer una estrategia que permita responder la siguiente pregunta orientadora ¿Cómo implementar la transformación digital en la construcción para disminuir la fragmentación de procesos en empresas colombianas del sector?

3 Objetivos

3.1. Objetivo General

Recomendar una estrategia de implementación de la transformación digital en la construcción para disminuir la fragmentación de procesos en empresas colombianas del sector.

3.2. Objetivos Específicos

- Levantamiento del estado del arte relacionado con la digitalización del sector de la construcción y el fenómeno de fragmentación en sus procesos.

- Identificar los principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción, mediante la experiencia de profesionales de la industria.

- Identificar los principales impactos de la transformación digital en la construcción, orientados en disminuir la fragmentación en los procesos.

- Confrontar los hallazgos encontrados en las etapas de estado del arte y el trabajo de campo para encontrar oportunidades de mejora, fortalezas en la transformación digital e impactos de la fragmentación.

- Construir una estrategia que consolide los hallazgos encontrados y que encaminen un proceso de transformación digital exitoso.

4 Justificación

La industria de la construcción es un pilar económico a nivel mundial, por esta razón sus bajos índices de productividad son un factor que debe captar el interés general enfocado en búsqueda de estrategias que permita mejorar sus procesos y garantizar sus resultados. Por un lado se reconoce el fenómeno de la fragmentación de procesos, el cual se presenta en la industria de la construcción como un desafío que limita su eficiencia, productividad y calidad [11] y se manifiesta por la falta de comunicación y coordinación entre diversos actores involucrados a lo largo de su ciclo de vida [15], quienes trabajan de manera aislada y secuencial con intereses diferentes alejados de un interés colectivo, por lo que enfocan sus esfuerzos únicamente en cumplir su actividad particular sin compromiso alguno con el proyecto global [16]. Por otro lado, se reconoce la transformación digital como un factor en la industria de la construcción que ha tomado fuerza a nivel mundial y que a través de diferentes estudios realizados ha sido posible conocer sus beneficios y mejoras al ser implementada, por lo que se muestra como una oportunidad para combatir los problemas asociados a la fragmentación mediante el uso de herramientas digitales.

Aunque a nivel mundial la transformación digital ha tenido avances significativos, a nivel local todavía se encuentra dando sus primeros pasos de entrada a la industria y aunque poco a poco se han venido organizando políticas generales en la industria que buscan adaptar el proceso de transformación, se evidencia la falta de estrategias específicas a nivel de empresas que ayuden a estas a iniciar un proceso desde cero de manera clara y que conlleve a una transformación concreta y sostenible, sin que se pierdan en el intento. Por esta razón, esta investigación busca proponer una estrategia que construya un camino ordenado y asegure que los beneficios de la transformación digital sean aprovechados al máximo por las empresas que buscan adaptarse a las nuevas dinámicas para desarrollar proyectos y que consecuentemente aporte en la disminución de problemas de fragmentación a través de bases concretas para la implementación de soluciones digitales.

Los resultados de esta investigación brindaran beneficios especialmente a las empresas del sector al contar con una estrategia clara y definida, las empresas pueden implementar herramientas de forma más eficiente, mitigando riesgos asociados al cambio y optimizando los recursos invertidos. Así mismo, una estrategia enfocada en guiar las empresas desde cero a una transformación digital exitosa construirá una guía que facilitará la transición de una industria más digitalizada y productiva y también motivará a más empresas a iniciar el proceso de transformación digital de una manera ordenada y segura, al cual en algún momento deberán migrar para continuar siendo productivas.

No contar con una estrategia estructurada para que las empresas implementen la transformación digital internamente, conduce a continuar avanzando de manera desorganizada y enfrentando dificultades que hacen de este un proceso poco sostenible en el tiempo, lo que retrasaría los esfuerzos de la industria en el sentido de transformación digital y resaltaría aún más los problemas asociados a la fragmentación.

5 Estado del Arte

En este apartado del trabajo se quiere presentar los avances académicos y estado actual del conocimiento sobre el tema principal de la investigación, de acuerdo con [21] y [22] este es el recorrido que se realiza en una investigación con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento, o el estudio analítico del conocimiento acumulado. Según [21] el estado del arte sirve para informarse sobre el conocimiento que ya se produjo respecto al tema investigado y para tener nociones más claras sobre conceptos, teorías, metodologías y perspectivas desde las cuales se ha estudiado el objeto de la investigación a construir.

Se realizó una revisión de literatura académica relacionada con el tema de la investigación: transformación digital en la construcción para disminuir la fragmentación de procesos en empresas colombianas del sector. La información obtenida fue seleccionada, recolectada y analizada siguiendo las siguientes pautas:

5.1. Metodología de búsqueda

El proceso de búsqueda partió de una revisión sistemática de la literatura académica en bases de datos internacionales, tesis de grado, reportes, libros y artículos de difusión específicos y relacionados con el tema, que fueron desarrollados algunos por la consultora internacional McKinsey & Company, y otros por la asociación gremial del sector de la construcción CAMACOL. La búsqueda se enfocó en las variables de estudio presentes en esta investigación; Digitalización de la Construcción y Fragmentación de procesos en la construcción, y como estas se relacionan entre sí.

La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos: Science Direct, Scopus, DOAJ-Directory of Open Access Journals, EBSCO, ELSEVIER, Compex/Engineering Village, Taylor&Francis, y buscadores como Google Scholar.

En las bases de datos la información se filtró inicialmente con palabras clave como: Construcción, digitalización, transformación digital, BIM, fragmentación, gestión, problemas y procesos. Posteriormente se utilizaron ecuaciones de búsqueda que fueron construidas así (Digitalization) AND (Construction), (Digital OR technology) AND (Transformation) AND (Construction), (BIM) AND (Processes OR/AND Construction), (BIM) AND (adoption), (Fragmentation) AND (construction), (Digitalization) AND (Fragmentation) AND (construction), (Problems) AND (“Construction process”), (Problems OR Fragmentation) AND (Supply Chain).

Finalmente se hizo revisión de las referencias incluidas en los artículos seleccionados para encontrar nuevos posibles artículos de interés con contenido relacionado con la investigación

5.2. Criterios de Aceptación

Una vez realizadas las búsquedas se encontraron gran cantidad de resultados, por lo que la información encontrada fue depurada así: filtros por fechas de publicación: se tuvieron en cuenta artículos desde el 2010 a la actualidad, para así asegurar que la información fuera vigente y se

tuvieran en cuenta los últimos avances tecnológicos y de procesos, sin embargo, fueron tenidos en cuenta un par de estudios realizados antes de esta fecha por su estrecha relación con el objetivo principal de esta investigación y sus impactos. Además, se realizaron filtros por lectura de resumen, introducción y conclusiones, determinando su pertinencia, teniendo en cuenta cómo criterios de aceptación que los hallazgos presentados estuvieran relacionados con el objetivo de la presente investigación, es decir, que presentaran hallazgos sobre procesos de digitalización para disminuir problemas de fragmentación en los diferentes procesos del sector de la construcción.

5.3. Resultados de la Búsqueda

A partir de los criterios definidos para la metodología de búsqueda, se obtuvieron 85 artículos totales que fueron filtrados mediante los criterios de aceptación anteriormente explicados: una vez introducidos en una matriz de análisis, utilizando Microsoft Excel como herramienta, se realizó un primer filtro basado en la fecha de publicación y un segundo filtro basado en lectura de resumen, introducción y conclusiones (en ese orden), lo que permitió evaluar su pertinencia según relación con el objetivo del presente estudio y las variables de investigación. Este procedimiento de análisis permitió seleccionar 55 artículos que cumplieran con los criterios de aceptación y que fueron seleccionados para su análisis y estudio teniendo en cuenta sus propósitos, tipo de estudio, conceptos relacionados con la investigación y resultados obtenidos.

Considerando las variables de investigación y la relación que tienen entre sí los artículos seleccionados fueron agrupados teniendo en cuenta la presencia de estas variables dentro de su alcance de manera independiente o conjunta:

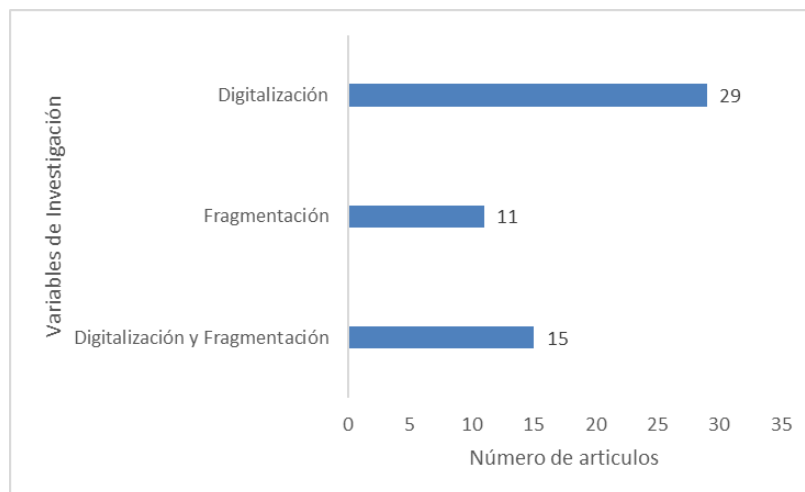


Imagen 2 Número Total de Artículos seleccionados

Los artículos seleccionados guardan estrecha relación con las variables de estudio de la investigación y entre estos se seleccionaron artículos académicos, artículos de difusión, reportes y libros que tratan los temas específicos desde diferentes miradas y con diferentes propósitos, pero que permitieron conocer como ha sido abordado el tema y que avances se han tenido.

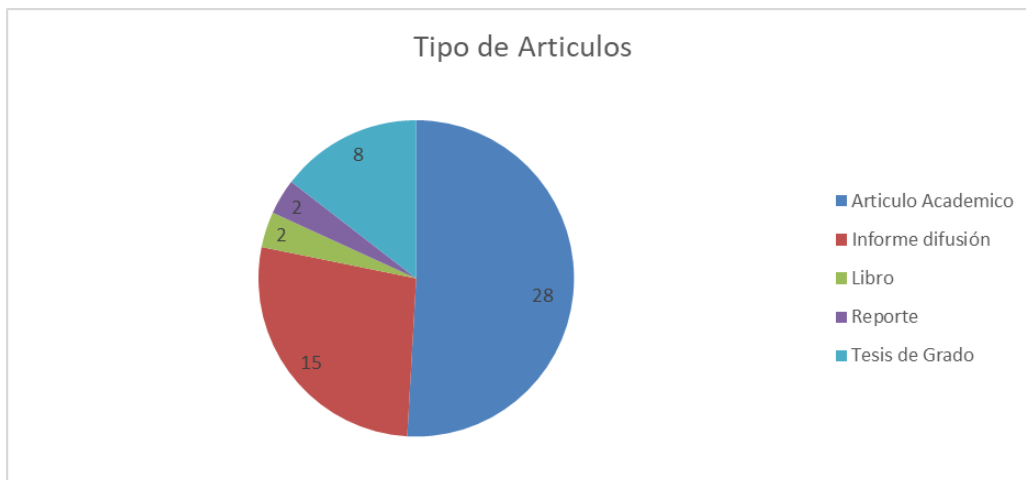


Imagen 3. Tipos de Artículos Seleccionados

Además de esto, los artículos seleccionados en su mayoría son actuales o representan información actualizada, encontrando que desde el 2016 se tiene mayor producción académica relacionada con estos temas lo cual permite obtener conocimiento de los últimos hallazgos o adelantos sobre el objeto de estudio de la investigación que por su naturaleza involucran tendencias actuales.

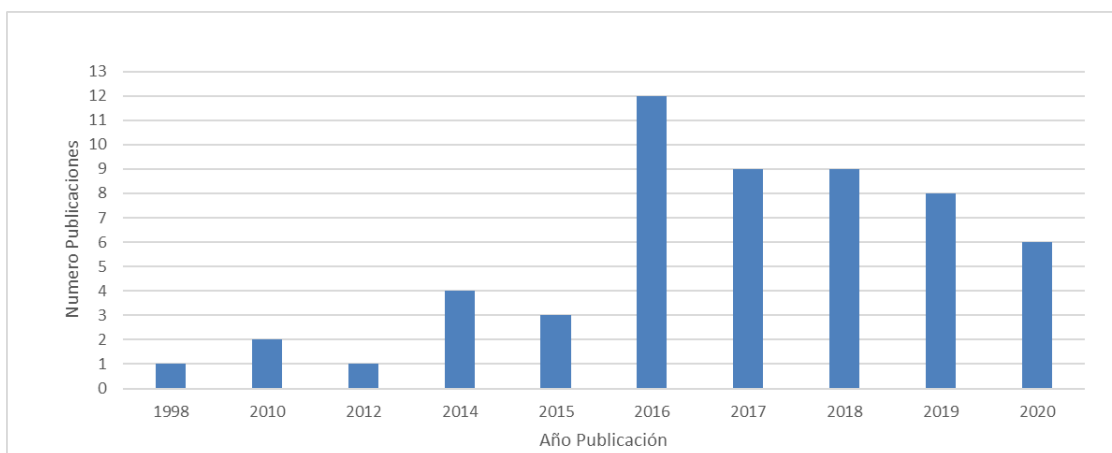


Imagen 4. Año de Publicación Artículos seleccionados

Por otro lado, se tuvo en cuenta el lugar de procedencia de los artículos o lugares donde fueron realizados los estudios, con el fin de analizar la pertinencia de los hallazgos o resultados obtenidos desde el punto de vista de la industria de la construcción local. Esta es la distribución geográfica de los artículos seleccionados:

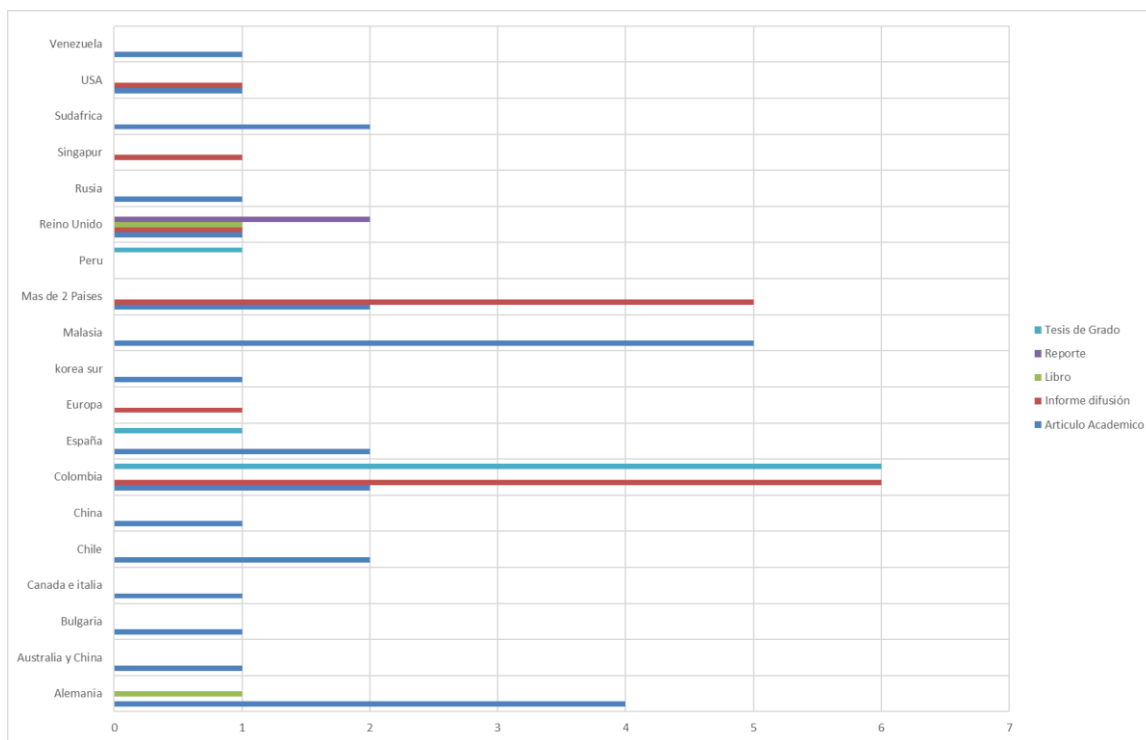


Imagen 5. País de Procedencia de Artículos seleccionados

Con relación a los tipos de estudio de los artículos analizados se puede ver una tendencia a la revisión de literatura, con una mayor cantidad de artículos encontrados, seguido de estudios de caso.

En cuanto a los Diseños de investigación se evidencia principalmente estudios e investigaciones cualitativas y en una proporción muy pequeña estudios cuantitativos.

5.3.1 Fragmentación en la construcción

En la ejecución de proyectos se conoce que el ciclo de vida es la serie de fases que van desde el inicio hasta su cierre, y la gestión de proyectos es la responsable de articularlos mediante la ejecución de procesos que se vinculan lógicamente entre sí buscando alcanzar los objetivos de los proyectos [12]. En la construcción, los proyectos no se limitan a una sola disciplina y generalmente se involucra múltiples actores que intervienen a lo largo del ciclo de vida, esto se da debido a la complejidad de los proyectos y sus esfuerzos individuales deben ser gestionados y coordinados continuamente [13]. También mirando la cadena de suministros se encuentra que gran cantidad de oferta de pequeñas y medianas empresas con productos y servicios similares [17], las cuales son involucradas en actividades específicas mediante la subcontratación. que de acuerdo con [16] impide la continuidad de los equipos que es esencial para un trabajo eficiente.

Lo anterior, abre las puertas a la fragmentación de procesos pues la industria cuenta con procesos ineficientes y desintegrados lo que hace que la gestión de proyectos cuente con un grado

de dificultad basado en los múltiples actores y sus diferentes intereses, rupturas en la articulación, falta de coordinación, fallas en la comunicación entre otras causas. Por ejemplo, para [15], la fragmentación es la respuesta a la ausencia de comunicación, coordinación y gestión de los diferentes actores, dado que la comunicación es una herramienta que permite la relación entre estos actores. Mientras que para [16] la fragmentación se basa en que los actores actúen como islas de manera independiente y que los proyectos se planifiquen como una serie de actividades secuenciales de manera separada.

Esta problemática llamada fragmentación, es conocida en el desarrollo de proyectos desde tiempo atrás, sin embargo, en muchas ocasiones ha sido adoptada como una práctica habitual y solo en algunos casos ha sido estudiada, analizada y se han propuesto soluciones que buscan erradicarla. Se encontró que a nivel mundial hay estudios relacionados con la fragmentación; para iniciar, hace más de dos décadas, en el Reino Unido se tuvo un primer acercamiento al tema donde se realizó un estudio nombrado “Rethinking Construction” [16] el cual identificó prácticas para mejorar la calidad y eficiencia de la industria de la construcción analizando el fenómeno de fragmentación desde el punto de vista de los procesos.

En este estudio, [16] encontró que los proyectos de construcción son afrontados como una serie de operaciones secuenciales y en gran medida separadas las unas de las otras, que adicionalmente, son llevadas a cabo por gran variedad de actores y especialistas, como diseñadores, constructores, proveedores, entre otros, que trabajan de manera individual, y no se enfocan en el éxito a largo plazo del proyecto, si no en su actividad particular. También evidenció que en el ciclo de vida de los proyectos no existe un compromiso global que agrupe a todos los actores, sino que el curso del proyecto se fragmenta y divide generando pérdidas, reprocesos y brechas que impactan de manera negativa los resultados finales de los proyectos.

Esta forma de afrontar los proyectos de manera secuencial y fragmentada vincula que la entrada a participar de un actor depende del resultado de otro actor diferente y los puntos de partida y de llegada de cada actor son definidos mediante contratos o documentos legales [16] Sin embargo, el autor destaca los vacíos de responsabilidad y calidad resultantes de estas prácticas, ya que no se enfocan los esfuerzos en el producto final y a menudo se limita las habilidades y el conocimiento de los interesados que buscan cumplir únicamente con su responsabilidad contractual en vez de aportar integralmente al proyecto. Por esta razón [16] resalta que la cultura en la industria debe cambiar y para esto se debe entender por qué y cómo se dan los desperdicios y pérdidas de productividad, argumentando que las empresas más exitosas no fragmentan sus operaciones; trabajan desde las necesidades del cliente, y se centran en el producto y el valor que realmente desean ofrecer al cliente. Finalmente [16] consideró una solución confiable para el fenómeno de la fragmentación basada en la integración de los procesos de planificación, diseño ejecución y operación de proyectos pues se convierte en un factor fundamental para entregar valor al cliente

Por su parte, [23] hacen referencia al estudio [16] para enfatizar que, desde finales de los años 90 en el Reino Unido, se han identificado propuestas de integración en la cadena de suministros y acuerdos de colaboración entre diferentes actores de la industria. Exponen que en los Países bajos a principio de los 2000, se incluyó como tema central de la agenda del Consejo

Asesor de la Industria de la Construcción (Consejo que estimula el cambio, recupera la confianza y normaliza las relaciones en el sector de la construcción), el enfoque en el cliente como resultado de la integración de conocimientos y sistemas en la cadena de suministro y el trabajo en equipo. Todos estas propuestas y enfoques resultantes han sido acogidas por parte de la industria en estos países como estrategias para mejorar el desempeño y las diferentes relaciones entre actores.

Complementando los hallazgos sobre la fragmentación, [23] analizan la cadena de suministro y sostienen que la construcción es una industria ampliamente criticada por adoptar enfoques muy conflictivos y fragmentados desde sus relaciones, dado que las áreas participantes en un proyecto normalmente actúan de manera separada, y ejemplifican diciendo que es normal ver como el área de diseño trabaja separada del área de construcción. También, estos mismos autores resaltan que existe una falta de participación de los proveedores en las primeras etapas de los proyectos y la falta de coordinación desde la planeación y concepción de los proyectos, genera conflictos de intereses en etapas más avanzadas. Lo anterior se resume en que para [23] la subcontratación es la forma de enfrentar las cargas variables de trabajo de diferentes actores que intervienen en la cadena de suministros, y la fragmentación es la respuesta de esta práctica generando relaciones contractuales complejas y discontinuidad de los equipos.

Complementado la visión frente a la cadena de suministros, se encontró un estudio del Reino Unido titulado *Modernise or Die* [24], en el cual se resalta que la industria carece de integración a lo largo de la cadena de suministros, lo que se identifica en el uso a gran escala de la subcontratación, lo cual ha generado importantes costos sin valor agregado, asignación de costos al mejor postor y transferencia de riesgos inapropiada que conduce a una industria centrada en los costos y no en el valor final y calidad del producto. Lo anterior es soportado por [24], con resultados obtenidos en su estudio que indican que en el Reino Unido el grado de subcontratación de la mayor parte del trabajo en la construcción de viviendas llega al 90%.

Por otro lado, en Malasia [15] coincide con que en el desarrollo de proyectos de construcción a lo largo de su ciclo de vida enfrenta en varias etapas el fenómeno de fragmentación, pues constantemente se busca la necesidad de subdividir cada actividad, lo que genera en muchas ocasiones la entrada de nuevos subcontratistas, provocando una división en las responsabilidades cada vez más profunda, y esto es considerado una causa del bajo rendimiento, baja eficiencia y mala competitividad. Por otro lado, [14] refuerzan que los proyectos de construcción están generalmente fragmentados a lo largo de la cadena de valor, con especialistas que generalmente operan en una o una pequeña cantidad de disciplinas. Y esto es contrastado con argumentos generados por [15] quienes sostienen que, aunque hay diversidad de actores que intervienen, es de esperarse que ninguno de ellos individualmente tenga el control o la capacidad para llevar a cabo un proyecto por sí solo, sin embargo, sus acciones influyen en los resultados de otros y es en este punto donde aparece la fragmentación pues por un lado, se revela que los actores buscan beneficios a corto plazo, sin reconocer el valor agregado a largo plazo, y por otro lado, se reconoce la dificultad que se encuentra para manejar la información que resulta de cada actor de manera adecuada y a tiempo, generando así problemas de productividad y eficiencia.

Ahora bien, en nuestro ámbito local encontramos que en Colombia se analizó el tema de subcontratación y se evidenció que la brecha de productividad existe bajo un contexto de industria

altamente fragmentada, con más del 33% del valor agregado del sector generado en subcontratistas de obra [18].

Factores que conducen a la fragmentación de la construcción:

En los proyectos de construcción, al contar con tantos actores diversos se hace complejo tener *acceso a la información* desde cualquier lugar o momento en el que sea requerida, causando problemas de baja calidad, baja productividad y eficiencia, impactos negativos en los costos e incumplimiento en tiempos [15]. El difícil acceso a la información desencadena problemas relacionados con la comunicación, coordinación y cooperación, factores que también son estudiados por [15] quienes consideraron estos tres como factores críticos para la mejora del rendimiento en la industria de la construcción.

- *La comunicación* es el proceso mediante el cual se intercambia información entre individuos para alcanzar el entendimiento mutuo.
- *La coordinación* es el acto de hacer que los actores trabajen juntos, de manera organizada alcanzando armonía y resultados efectivos.
- *La cooperación* es trabajar en conjunto con otros para un mismo fin.

Las definiciones anteriores fueron descritas por [15] en su estudio, en donde enfatizan que cuando estos tres factores están juntos, tienen como beneficio que atraen a las partes interesadas y aumentan la posibilidad de mejorar el desempeño o el logro de los objetivos, debido a que, por un lado, permite que los interesados trabajen de forma integrada en actividades compartidas o hacia objetivos comunes, y, por otro lado, no solo comparten el esfuerzo que depende del conocimiento de cada actor, sino que logran un intercambio continuo de información. En esta misma línea la postura de [23] resalta que los problemas de *comunicación* aparecen en la dificultad para entender la demanda del cliente, cálculo de costos y cobertura de riesgos.

Si nos referimos a la *coordinación*, desde la teoría [25] indican que se puede entender como principios sobre cómo las actividades de actores separados pueden trabajar juntas de manera armoniosa. Refiriéndose los autores a proyectos de construcción, indican que la coordinación se puede entender como un conjunto de procedimientos, un plan de adquisiciones detallado, prioridades de recursos para tareas críticas e identificación de dependencias de tareas y componentes para proporcionar un trabajo armonioso. La realidad sobre la coordinación entre diferentes interesados de los proyectos de construcción, según los resultados de [25] es que presenta impactos en el desempeño final obtenido y ayuda a mejorar la comunicación e integración entre actores, a través de flujos de información (vertical y horizontal) así como la gestión de recursos cuando se tiene que varios actores interactúan al tiempo con el proyecto. Por esta razón [25] afirman que *la coordinación* es uno de los factores principales considerados en la gestión de proyectos de construcción y un contribuyente esencial para el éxito y logro de objetivos de los proyectos.

Otro factor importante encontrado es la *desconfianza* y [23] encontraron que la mayoría de los subcontratistas sufre de *desconfianza* asociada a la incertidumbre del sector, que se encuentra reforzada desde los términos de contratación que en su mayoría están enfocados en términos

jurídicos, más que en términos técnicos y logísticos de cada actividad, generando brechas entre el interés individual y el colectivo del proyecto.

Lo anterior se suma a que la industria de la construcción, según [24], no tiene intereses alineados con sus clientes y se encuentran pocas señales de la interdependencia que, sobre el papel, debería existir entre las dos partes (por ejemplo los bienes raíces y la industria de la construcción), además, resaltan que existen protocolos de adquisición y contratación (relacionado anteriormente por otros autores) y *una resistencia cultural al cambio* que aumentan cada vez más los problemas de fragmentación, reforzando que la construcción es reconocida habitualmente por como una *industria poco colaborativa* ya que mantiene separadas las organizaciones de los interés de los clientes.

Adicionalmente, [24] expresó que los contratistas y su cadena de suministro tienden a tener una participación limitada con los clientes desde el principio en la etapa de factibilidad de un proyecto y además se reconocen altos niveles de trabajo autónomo itinerante o totalmente controlado por quienes tienen la responsabilidad contractual de los resultados individualmente. No obstante, aunque en muchos casos se conoce el impacto negativo que tienen estas prácticas en la industria de la construcción se han vuelto comunes y, aunque la industria se reconoce como pilar en la economía global se puede observar que sus impactos podrían ser mucho más altos que los actuales si se disminuye los problemas asociados a fragmentación y bajos rendimientos. También se pudo encontrar que [24] analizó los principales síntomas de las fallas, problemas de fragmentación y bajos rendimientos, considerando que estos pueden estar relacionados con: *modelos disfuncionales de financiación, fallas en el modelo de entrega de productos, estructura fragmentada y fragmentación en el liderazgo*. Argumentando así que los impactos negativos que esto trae generan incapacidad de la industria para cumplir con los costos y tiempos inicialmente definidos y prometidos ante sus clientes, perdiendo cada vez más de credibilidad.

El hecho de obtener utilidades importantes aún mediante el uso de estas prácticas donde se evidencia fragmentación ha generado que se acepten estos incumplimientos y formas de trabajar, justificando gran parte de estos en los mal llamados imprevistos de obra, los cuales han perdido su verdadero propósito para contingencias y riesgos dentro de la industria y, ha pasado a ser una herramienta para enmascarar fallas prevenibles y una mala planificación [24]. Ahora bien, el autor también relaciona la *fragmentación en el liderazgo y la toma de decisiones* que se ve reflejada por una falta fundamental de responsabilidad colectiva por el cambio y la mejora entre todas las partes interesadas involucradas en la creación, modificación y operaciones de activos construidos.

Tras este recorrido, se puede ver que varios autores han estudiado el fenómeno de la fragmentación en la construcción desde diferentes puntos de vista y han encontrado que este tipo de prácticas genera problemas de bajos rendimientos, baja productividad y poca eficiencia que son bastante conocidos en la industria.

5.3.2 *Digitalización de la construcción*

Lo reportado en la literatura académica, tesis de grado, reportes, libros y artículos de difusión que fueron analizados para esta investigación permite identificar que la digitalización en la industria de la construcción cada día se hace más común para el desarrollo de proyectos y cada vez son más las empresas que lo adoptan en sus procesos generando un cambio en la cultura e impulsando la transformación digital del sector. Se identificó un crecimiento acelerado de la transformación digital en la industria que localmente viene impulsada por casos de éxito a nivel mundial con beneficios para la industria completa y no solo para sectores específicos. Este proceso de transformación digital involucra la adopción tecnológica que se puede dar desde diferentes fases, procesos y áreas que intervienen en el desarrollo de un proyecto, por lo que se encuentran variedad de herramientas que pueden estar orientadas a: diseños, planeación, seguimiento y control, construcción estandarizada, comercialización, operación, entre otros.

La metodología Building Information Modeling (BIM), se identificó como eje central de los procesos de digitalización del sector de la construcción en muchos casos y por esta razón será abordada en esta investigación con el fin de comprender sus beneficios y aportes en la industria y como es la puerta de entrada a una transformación digital de la industria local. Se encontraron diferentes autores locales que por su experiencia han experimentado con esta metodología y tienen sus definiciones, por ejemplo, [26] indican que BIM es una simulación inteligente de la Arquitectura o una representación digital de las principales características de una edificación que sirve como fuente de información confiable para la toma de decisiones. Por su parte [27] define BIM como un proceso que se basa en un modelo inteligente que ayuda a planificar, diseñar, construir y gestionar proyectos mediante el diseño, visualización, simulación y colaboración de todas las partes interesadas. [28] considera que BIM es la recopilación e interacción de la información de un proyecto en un modelo 3D, que incluye, geometría y características técnicas de los elementos individuales y los sistemas constructivos, permitiendo conocer las relaciones espaciales entre estos, la planificación de la construcción, los costos y los tiempos a emplear para su ejecución. Igualmente [29] indican, por su parte, que BIM es una metodología de trabajo integral mediante la cual se da una representación paramétrica (geometría e información asociada) de cada elemento de construcción para desarrollar modelos y apoyar las decisiones de diseño construcción y operación de un proyecto durante todo su ciclo de vida, lo que implica integración y gestión de información de diversos actores.

Si bien son muchas las definiciones que se encuentran sobre BIM, todas coinciden en que es una metodología de trabajo colaborativo donde se integran diferentes actores, características y parámetros de un proyecto en un mismo modelo, permitiendo así, recopilar información para tomar decisiones anticipadas, planificar procesos constructivos más convenientes, gestionar problemas constructivos antes de que estos sucedan, facilitar el entendimiento de procesos y situaciones mediante representaciones digitales en contexto real, entre otras. Se considero importante analizar inicialmente esta metodología, dado que ha tenido gran acogida y ha sido la entrada de muchas empresas para incursionar en la transformación digital, encontrando estudios académicos, casos implementados y propuestas de uso que referencian sus hallazgos e impactos alcanzados. A continuación, algunos de ellos:

El estudio realizado en la ciudad de Medellín por [27], relaciona la implementación de metodologías BIM con el monitoreo de productividad en el desarrollo de proyectos. Uno de sus principales hallazgos fue que a través de la implementación de metodologías BIM y modelado 3D se logra hacer una identificación temprana de incompatibilidades constructivas, las cuales, en este caso pudieron ser corregidas anticipadamente y de no haber sido así se hubieran generado impactos con sobrecostos. [27] resalta la importancia que tiene el modelado 3D en el correcto entendimiento de los planos del proyecto por parte de los diferentes interesados que intervienen desde la planeación hasta la ejecución y operación. También expresa que, mediante la metodología BIM se puede simular una programación de obra que permite entender cómo y en qué momentos se realizarán actividades, logrando una mejor planeación.

Por su parte, [29] relacionaron la implementación de BIM con mejoras en la planificación y programación de obras, evidenciando que es posible evitar pérdidas de tiempo, costos y problemas en la ejecución mediante el análisis y planeación previa de las secuencias constructivas y la interacción de diferentes interesados. [29] coinciden en que mediante la implementación de BIM es posible corregir anticipadamente problemas, en este caso relacionados con lógica de programación, interferencias entre actividades y secuencias irreales, considerándola una poderosa herramienta a nivel gerencial para un mejor control, aumento de la calidad, coordinación y eficiencia desde etapas tempranas.

Así mismo, [28] planteó que la implementación de BIM, brinda mayor coordinación entre todos los interesados del proyecto, adecuada gestión de la información técnica y/o económica generando un ambiente colaborativo enfocado en la optimización de tiempos y costos. Mientras que [30] analizó el impacto económico al usar BIM en un proyecto específico en Colombia, encontrando que los principales beneficios encontrados fueron el entendimiento de la secuencia constructiva, manejo eficiente de la información, integración de diferentes interesados, detección de interferencias, parametrización de elementos, manejo de cantidades y presupuestos y gestión de proveedores; alcanzando así una mayor rentabilidad y calidad en el proyecto.

Ahora bien, saliendo del ámbito local, se encontró que [31] abordó la metodología BIM desde el punto de vista de la educación, haciendo énfasis en que para alcanzar un verdadero cambio, se requiere mayor propagación de los beneficios e implementar cambios enfocados en el manejo de herramientas digitales que permita una mayor cercanía de los estudiantes con la realidad de la transformación digital y como esta ha ido transformando la forma de afrontar proyectos de construcción, enfocándose en la superación de procesos altamente fragmentados.

Por otro lado, se encontró que tanto la metodología BIM como otras herramientas digitales cuentan con una percepción positiva en cuanto a la factibilidad de uso y la utilidad que brinda para el desarrollo de proyectos, identificando una sensación entre los usuarios dentro de un proyecto de percepción de control extremo [32]. Así mismo [33], indica que la madurez de BIM varía entre los actores de la industria, donde las empresas de construcción y las empresas de consultoría de ingeniería son las más maduras, mientras que las empresas de fabricación, mayoristas y de instalación se encuentran en la etapa inicial con una madurez menor.

Estos hallazgos confirman que implementación de metodologías BIM, involucran nuevas y más eficientes formas de trabajar en proyectos de construcción, las cuales se basan en crear y usar información exacta, coherente y coordinada entre especialidades, permitiendo tomar decisiones en tiempo real de manera rápida. Además, al poseer un único modelo con toda la información del proyecto contenida en él, se reduce significativamente la cantidad de documentación que se debe generar y se evita una cantidad innecesaria de archivos, redundancias o confusiones que dan lugar a la variación de la calidad final del proyecto de construcción.

Complementando estos hallazgos, se resalta que aunque BIM es una de muchas metodologías y herramientas que hoy se conocen y aportan a un entorno digitalizado en la industria, existen principios, metodologías y herramientas digitales adicionales que prometen remodelar la forma en que se diseñan, ejecutan y operan los proyectos de construcción como lo indica [34] quienes consideran además que aportan en la solución de una industria que enfrenta un estado fragmentado desde la enseñanza y la investigación hasta el desarrollo de proyectos mediante procesos con vacíos y brechas por mejorar.

En la medida que hay más estudios relacionados con la digitalización en la industria de la construcción se genera un movimiento y una tendencia a promover la discusión académica, los que fortalece su adopción, y la puesta en práctica de herramientas digitales que abren oportunidades y caminos para el desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocios más innovadores, tal como lo indica [33], quien en su estudio ejemplificó como empresas reconocidas como Hilti (una de las empresas más grandes del mundo en la industria, que fabrica herramientas y brinda servicios a los profesionales de la construcción), han implementado la transformación digital, alcanzando la excelencia operativa y de servicio al cliente, a través del uso de herramientas digitales como gestión de información en nube, dispositivos móviles, el internet de las cosas y el análisis de datos que permiten y facilitan la calidad y velocidad de sus procesos.

Otro estudio realizado en Sudáfrica, [35] tuvo en cuenta la perspectiva de profesionales de la construcción frente a la digitalización de la industria encontrando que la percepción de estos es que con transformación digital se pueden alcanzar beneficios como mejora de calidad de procesos y productos, optimización de costos, aumento en la velocidad de trabajo, satisfacción de los clientes, mayor capacidad de respuesta, mayor productividad, y mejor calidad en información y eficiencia en los procesos. Estos mismos autores coinciden con hallazgos locales y relacionados anteriormente, en cuanto a que la transformación digital contribuye a la identificación temprana de conflictos y facilita la visualización de procedimientos constructivos para una correcta programación de la construcción. Esto se traduce en un mejor control de costos debido a que existen menos reprocesos y menos ordenes de cambio que resultan siendo costosos cuando se identifican y corrigen en la marcha.

También, se puede ver que [35] determinaron el estado de digitalización en la industria local sudafricana, identificando que se cuenta con adopción tecnológica en todas las fases de construcción (diseño, factibilidad, construcción, operación y mantenimiento), sin embargo, se tiene mayor evidencia de esta adopción en las fases de diseño y factibilidad. En cuanto a los procesos de construcción se identificó que se cuenta con adopción tecnológica en todos los procesos consultados (estimación de costos, análisis de sistemas de construcción, control de costos,

modelado y procesos de diseño, solución de conflictos, adquisiciones y programas de mantenimiento), encontrando que, en este país se presenta mayor adopción de herramientas digitales enfocadas en la optimización de costos. Estos resultados según los autores muestran que uno de los beneficios más importantes de la digitalización es poder diseñar teniendo en cuenta el costo final del proyecto como principal objetivo.

En Rusia, un estudio realizado [36] mostró que la industria de la construcción ha experimentado la transformación digital encontrando resultados positivos y gran cantidad de beneficios para el desarrollo de proyectos, lo que ha generado un cambio cultural hasta el punto que el ministerio de construcción de la Federación Rusa ha aprobado un programa financiado por el presupuesto estatal para la introducción e implementación de tecnologías y modelado de información, haciendo obligatorio su uso en las etapas de diseño, construcción y operación. [36]. Identificó que actualmente, la metodología BIM es la tecnología más popular en el sector de la construcción de ese país, coincidiendo con los hallazgos locales que la convierten en la puerta de entrada para la transformación digital, Si embargo, encontró que las empresas y actores participantes de los proyectos de construcción rusa, expresan encontrar ventajas encontradas no solo con BIM si no en la implementación de herramientas digitales resaltando entre estas la reducción del número de conflictos, reducción del costo y tiempo requerido en la ejecución de procesos, aumento en la velocidad de toma de decisiones y mejora en la calidad de gestión de los principales procesos.

Lo anterior, justifica para [36]. la necesidad que tiene la industria de la construcción de digitalizar sus procesos pues de acuerdo con este estudio la transformación digital genera impactos como la posibilidad de aumentar hasta el 25% en los ingresos netos, acompañado de incrementos en el índice de rentabilidad que alcanzan un 14-15% más, que antes de implementar herramientas digitales, también se resalta desde el punto de vista financiero que existen incrementos hasta del 20% en la tasa interna de retorno de los proyectos, así como una reducción del 30% en los costos finales del proyecto los cuales se encuentran relacionados con reducciones en la etapa de producción debido a detección temprana de problemas o interferencias.

En la misma línea, [17] relacionaron como principales beneficios de la digitalización de la construcción los ahorros en costos del producto final, ahorro en tiempo de ejecución, entrega a tiempo y dentro del presupuesto, aumento en la calidad de producto final, mejoras en la comunicación, trabajo colaborativo, mejora en relaciones comerciales, mayor seguridad en la ejecución, impactos sostenibles y ambientales. Lo anterior refuerza que la industria de la construcción podría alcanzar mayores índices de productividad y eficiencia mediante el uso de tecnología al igual que ha ocurrido en diferentes industria que han conseguido grandes beneficios economicos mediante esta transformación.

Todo lo anterior muestra que diferentes autores sostienen que la digitalización en la industria de la construcción presenta beneficios en los diferentes procesos y a los diferentes actores. Por ejemplo, [36] argumenta que la implementación de herramientas digitales genera relaciones más fuertes entre los actores y oportunidades para desarrollar un ecosistema digital que conduce a la innovación colaborativa en las relaciones comerciales y que permite a las empresas gestionar, controlar y regular el ciclo de vida completo de un proyecto de construcción. esto

permite integrar los beneficios a desarrolladores de proyectos, clientes y consumidores finales minimizando así las pérdidas que cada actor podría enfrentar en el desarrollo convencional de estos y generando un enfoque de beneficio compartido.

5.3.3 *Fragmentación y digitalización de la construcción:*

Esta investigación propone solucionar a través de los beneficios encontrados en la transformación digital, problemas que atraviesa la industria como la fragmentación de procesos, es por esto por lo que se buscó relacionar las variables para encontrar oportunidades de mejora.

La llegada de la industria 4.0 trajo consigo progreso en el sector de la construcción, ayudando a mejorar efectividad y evitar pérdidas económicas, de recursos y tiempos. Esta según [34] se basa en una confluencia de tendencias y tecnologías que prometen remodelar la forma en que se diseñan, ejecutan y operan los proyectos de construcción y el uso de avances tecnológicos apuntan a una transformación digital que aporta en la solución de la industria que enfrenta un estado fragmentado mediante procesos con vacíos y problemas por mejorar.

Para [36] un ecosistema digital conduce a la innovación y trabajo colaborativo en las relaciones comerciales que por lo general son a largo plazo. Mientras que para [26] la digitalización permite maximizar el control de los proyectos mediante la integración de las diversas partes involucradas. Esto a su vez es respaldado por [29] quienes argumentan que la construcción virtual y metodologías digitales representan poderosas herramientas a nivel gerencial para un mejor control en las obras, reflejado en aumento de la calidad, coordinación y eficiencia en el diseño.

A estos argumentos, se suma [27] quien identificó que en el sector de la construcción se tiene alto nivel de incertidumbre en los procesos, y los constantes problemas de comunicación generan problemas de descoordinación entre actores que intervienen en el proyecto e improvisación en la solución de situaciones encontradas, lo cual se relaciona con el fenómeno de fragmentación. Ante esto, el autor precisa las herramientas digitales juegan un papel fundamental en la solución a estos problemas, permitiendo una mejor gestión de todas las fases del ciclo de vida del proyecto, mayor productividad mejora en la comunicación entre diferentes actores y adecuada gestión de la información del proyecto.

Continuando con los beneficios encontrados en la transformación digital que pueden aportar a la solución de diferentes problemas existentes en la industria, se encontró que, [35] relacionan oportunidades de mejora como ahorro de tiempo en la entrega de proyectos, aumento de productividad, aumento de la calidad de los documentos y métodos de trabajo más simples. [27] menciona que con la digitalización se obtiene mejor comprensión anticipada de cómo abordar los proyectos, también afirma que la modelación en 3D genera mayor entendimiento por parte de todos los interesados y expresa que en obra garantiza una correcta gestión de pedidos de suministro y adjudicación de subcontratos claros y transparentes. También [29] resalta que la digitalización facilita el entendimiento de secuencias constructivas, lo que permitan gestionar adecuadamente las

entradas y salidas de diferentes actores para un desarrollo en armonía. Mientras que [36] indica que la implementación de tecnologías digitales aumenta la velocidad de la toma de decisiones y mejora la calidad de la gestión de los principales procesos comerciales, así mismo [36] expresa que la digitalización aportaría de manera exitosa en una industria en donde para el desarrollo de un proyecto pueden intervenir alrededor de 70 organizaciones diferentes desde el comienzo de su diseño hasta la puesta en marcha, lo que genera complejidad en la coordinación de sus actividades.

Finalmente [33] expresa que la digitalización se está convirtiendo en un factor determinante para el desarrollo de proyectos en la industria de la construcción, dado que brinda mayor eficiencia, velocidad y productividad, así como también abre caminos para el desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocio innovadores que prometen solucionar y mejorar los procesos y resultados que hoy se tienen.

6 Marco Teórico

Para poder entender y dimensionar los verdaderos impactos y oportunidades que se pueden encontrar con la implementación de la digitalización del sector como estrategia para mejorar sus procesos, se hace necesario comprender individualmente cada uno de los conceptos que integra el problema planteado y que serán definidos y detallados a lo largo de esta sección del trabajo.

6.1. Fragmentación en la construcción

El fenómeno de la fragmentación en la construcción ha sido estudiado debido a los impactos que este trae consigo y por lo cual la industria de la construcción se ha venido identificando como ineficiente, contando con pérdidas y desperdicios que son trasladados en la cadena de suministros hasta el cliente final. La problemática de fragmentación de procesos en la industria de la construcción es definida por [23] como una red de diferentes actores que intervienen en los procesos y actividades que generan valor a los productos y/o servicios finalmente entregados, red que se caracteriza por tener relaciones que son generalmente frágiles y difíciles de coordinar.

A esto se le suma que, en la industria de la construcción, la subcontratación ha sido adoptada como la estrategia dominante de contratación, como consecuencia de la incertidumbre y riesgos que enfrentan los principales contratistas en la necesidad de satisfacer los diferentes, complejos y especializados requerimientos del cliente [23]. Estos autores, sostienen que la subcontratación en la industria de la construcción, aunque es necesaria por la gran cantidad de especialidades que se involucran, es una práctica usada como una forma de trasladar responsabilidades y riesgos, lo que impide tener un flujo de procesos limpio y genera sobre costos, extra-tiempos y problemas en la calidad final del producto por no tener una responsabilidad global.

Por su parte, la postura de [17] postula que la fragmentación se ve como una característica muy marcada en la industria de la construcción, en términos de una gran cantidad de pequeñas y medianas empresas con productos y servicios no diferenciados, por lo que es común encontrar entonces una guerra entre estas empresas que buscan sobresalir por el tema costo a costa de la calidad de sus productos y servicios.

Una forma adicional de ver y entender este fenómeno se encuentra al revisar la alineación que realmente existe entre los intereses de la industria o ejecutor de un proyecto con los intereses de su cliente final. En este punto se puede observar una ausencia de alineación y una brecha grande entre los intereses particulares de cada parte [24], pues los clientes generan gran expectativa de sus proyectos, en ocasiones, debido a problemas en la acotación de alcances, falta de información a tiempo y falta de definición de especificaciones.

[16] tras su estudio donde se hace un comparativo con otras empresas e industrias, logra mostrar el éxito que se ha alcanzado al trabajar en no fragmentar sus operaciones realizando los trabajos y/o proyectos desde las necesidades del cliente, centrándose en el producto y el valor que ofrecen, eliminando de esta forma los niveles de intervención y la competencia por sobresalir de cada interesado involucrado, o por el contrario vinculando a estos no solo con un proceso o fase si no con un producto final.

El autor destaca además que, al trabajar con el objetivo de evitar esta fragmentación, se tiene como consecuencia una mejor calidad en el entregable final, la cual no solo significa cero defectos, sino que se debe involucrar la entrega a tiempo, en el presupuesto y optimización de desperdicios para beneficio del cliente [16]

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha identificado entonces que la industria busca, en muchos casos, la eficiencia económica, pero sin intervenir sus protocolos tradicionales de adquisiciones, gestionando los suministros y contrataciones únicamente basados en el costo inmediato, lo cual muchas veces termina castigando la calidad final. Adicionalmente, se afrontan los proyectos con una resistencia cultural al cambio alta que le impide realizar sus procesos de otras formas lo que genera en muchos casos la generación de costos sin valor agregado.

Aunque son muchas las propuestas metodológicas que existen para lograr la buena gestión de procesos, es poco común encontrarse con empresas que dispongan sus esfuerzos y/o recursos para implementar sistemáticamente alguna de ellas, manteniendo así el fenómeno de fragmentación presente en el desarrollo de proyectos.

De estas metodologías, procesos, y formas de trabajo que tienen como finalidad enfrentar un proyecto de manera que se puedan alcanzar las metas propuestas en el mismo, nace la gestión de proyectos en la industria de la construcción, como respuesta a los principales problemas identificados que no permiten tener mejores índices e impactos más positivos en la economía [12]. Estos problemas principalmente corresponden a bajos índices de productividad, bajos rendimientos y tendencia a presentar desviaciones frente a lo inicialmente planeado o esperado.

De acuerdo con [12] la gestión de proyectos busca estandarizar y definir las buenas prácticas necesarias para enfrentar la dinámica y complejidad de los proyectos, los cuales suelen involucrar gran cantidad de riesgos, variables, actores e interesados, que normalmente por su mal manejo terminan generando desviaciones y problemas mencionados. Debido a su gran acogida y protagonismo en el desarrollo de proyectos de construcción, la propuesta realizada por PMI (Project Management Institute) mediante sus lineamientos del PMBOK sirve como referente para hablar de un metodología y compendio de buenas prácticas para la adecuada gestión de proyectos,

La guía del PMBOK “es una base sobre la que las organizaciones pueden construir metodologías, políticas, procedimientos, reglas, herramientas y técnicas, y fases del ciclo de vida necesarios para la práctica de la dirección de proyectos” [12]

En esta, el [12]), define algunos conceptos clave, que permiten entender más a fondo el fenómeno de fragmentación y la falta de articulación de los procesos.

- **Proyecto:** Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final para el trabajo del proyecto o una fase del trabajo del proyecto.
- **Dirección de proyectos:** Aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se refiere a orientar el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos.

- **Equipo del proyecto:** Conjunto de individuos que realizan el trabajo del proyecto con el fin de alcanzar sus objetivos.
- **Sistema para la entrega de valor:** Conjunto de actividades estratégicas de negocio dirigidas a la construcción, sostenimiento y/o avance de una organización. Los portafolios, programas, proyectos, productos y operaciones pueden formar parte del sistema de entrega de valor de una organización.
- **Resultado:** Un resultado o consecuencia final de un proceso o proyecto. Los resultados pueden incluir salidas y artefactos, pero tienen una intención más amplia al centrarse en los beneficios y el valor para los que se emprendió el proyecto.
- **Ciclo de Vida:** el ciclo de vida de un proyecto es una serie de fases que representan la evolución de un producto, desde la introducción hasta su crecimiento, madurez y retiro, incluyendo un conjunto de actividades que se relacionan de manera lógica, secuencial o en paralelo y que igualmente están delimitadas por un inicio y un final.
- **Procesos:** Agrupamiento lógico de las entradas, herramientas, técnicas y salidas relacionadas con la dirección de proyectos. Los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos incluyen procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre.
- **Adaptación:** La adecuación deliberada del enfoque, la gobernanza y los procesos con el fin de que resulten más adecuados para el entorno dado y el trabajo en cuestión.

Entendiendo estos conceptos y el hecho de que la dirección de proyectos debe estar fundamentada en prácticas tradicionales que ya se han comprobado y utilizado ampliamente, es también necesario que se lleven a cabo prácticas innovadoras y emergentes para la profesión [12], esto con el fin de tener mejores resultados y procesos que se lleven a cabo de manera eficiente, contribuyendo así a evitar la marcada fragmentación en los procesos.

Para esto, es importante que los proyectos tengan foco en impulsar el cambio en las organizaciones, ya que, desde una perspectiva de negocio, un proyecto está destinado a movilizar una organización con el fin de alcanzar un objetivo específico, este cambio que impulsa el proyecto se nombra el estado futuro [12]

El éxito del proyecto conduce a que la organización pase a ese estado futuro consiguiendo el objetivo específico definido [12] En este sentido los proyectos hacen posible la creación de valor del negocio, definido como un beneficio cuantificable que se deriva de un proyecto o iniciativa de negocio.

Estos beneficios pueden o no ser tangibles, algunos de los beneficios tangibles que se exponen por el PMI son los activos monetarios, la participación de los accionistas, servicios, herramientas, y participación en el mercado. Entre los elementos intangibles está el reconocimiento de la marca, el beneficio público el prestigio de la empresa, la alineación estratégica y la reputación.

Para lograr este objetivo último donde interviene la innovación, el cambio y el trabajo integrado y sincronizado, aparecen los avances tecnológicos y las diferentes herramientas que

sirven como instrumentos para solucionar las brechas y conflictos que tiene el sector de la construcción en relación con lo que implica su puesta en marcha y coordinación.

6.2. Digitalización de la construcción

De acuerdo con diferentes artículos académicos e investigaciones consultadas, se obtiene de manera general una visión de lo que significa el término de digitalización de la construcción el cual se ha venido utilizado con mayor frecuencia en los últimos tiempos.

Para hacer un primer acercamiento al termino en cuestión, [37] plantean una explicación del término desde la definición de la digitalización; como una combinación de sistemas cibernéticos y físicos que busca que los procesos de producción estén basados en tecnología y dispositivos que permitan una comunicación autónoma entre si a lo largo de la cadena de valor. Para explicar la combinación de sistemas cibernéticos y físicos [37] definen como un sistema que cuenta con una conexión automática entre el mundo material y los componentes digitales, que le permiten controlar su respuesta en el mundo físico.

Por otro lado, [35] sugieren que la digitalización en una organización o empresa consiste básicamente en encontrar sistemas que estén conectados con cada eslabón de la cadena de valor, trabajando con herramientas y prácticas basadas en tecnologías de la información y comunicación. Lo que nos hace pensar que la implementación de ambientes digitales puede darse en cualquier fase o proceso que involucre el desarrollo de un proyecto.

Ahora bien, la digitalización ha tenido un periodo de evolución y si bien la transformación digital o la digitalización pareciera ser un tema de los últimos años, se considera conveniente explicar brevemente las etapas de la evolución industrial, para posteriormente hacer referencia a la adopción de la industria 4.0 en los procesos de la construcción, para esto se toma como referencia las definiciones de [37] y cómo éstas pueden ser aplicadas de manera global.

Industria 1.0: Corresponde a la producción de energía mecánica a partir de fuentes de agua y vapor con insumos principales como el carbón, hierro y fuentes hídricas y se tenía mano de obra asistida por maquinas. Se da a finales del siglo XVIII

Industria 2.0: Corresponde a al periodo donde la electricidad fue la fuente principal de energía y donde se evidencio la producción en masa o producción en serie facilitando los procesos de producción, en este se tenía mayor productividad y la maquinaria era asistida por mano de obra. Se da a principios del Siglo XX.

Industria 3.0: Corresponde al periodo de automatización donde las computadoras se volvieron potentes y más livianas, permitiendo incluir computarización de la producción en serie existente con diseños con soporte digital y maquinas controladas con lenguaje de programación. Se da alrededor de los 70.

Industria 4.0: Corresponde a la implementación de sistemas cibernéticos y físicos para organizar los procesos de producción basándose en tecnología y dispositivos que se comunican de

forma autónoma entre sí. A diferencia de la industria 3.0 es que en esta no se requiere de mano de obra para ingresar y leer la información a y de los computadores. Se da a principios del siglo XXI.

Según [37] todas las etapas de evolución industrial en sus inicios se dan por el estancamiento de productividad de la etapa anterior. En ese sentido podemos comenzar a hablar de cómo el sector de la construcción se ha visto impactado con los diferentes avances que traen consigo las diferentes revoluciones y como ha atravesado las diferentes etapas de evolución industrial adaptando sus dinámicas para el desarrollo de proyectos. Puntualizando en las industrias 3.0 y 4.0 se identifican los siguientes cambios en sus dinámicas:

Anteriormente, la arquitectura, ingeniería y construcción presentaban limitaciones importantes en cuanto a la generación de planos, información para obra y su manejo, basando los esfuerzos en dibujos a mano. En su estudio, [26] detallan la evolución que esto ha tenido iniciando con la aparición de dibujos 2D que comenzó alrededor de 1957 con el desarrollo del software comercial CAM (computer –Aided Machining), en los años siguientes se conocieron mejoras del software y avances en sus interfaces que fueron facilitando la manipulación y elaboración de dibujos para construcción. Posteriormente en los años 60 y 70 se fue popularizando el uso de sistemas de computador para servicios de la construcción, desarrollando herramientas útiles para la obtención de cantidades de obra y documentación de contratos, y con el uso de estas herramientas cada vez más conocidas se fueron alcanzando mejoras y nuevos desarrollos hasta que alrededor de 1979 se conoció el desarrollo del software CAD (computer –Aided Design) y posteriormente en 1982 se fundó la reconocida empresa Autodesk con el objetivo de producir programas CAD para el alcance de la industria de la construcción [26]. Durante los años siguientes, en la década de los 80, se adelantaron diferentes investigaciones, hallazgos y desarrollos enfocados, en su mayoría, en mejorar y resolver problemas de las herramientas y software CAD que estaban siendo utilizadas en el desarrollo de proyectos, específicamente se trabajó en la posibilidad de generar planos a diferentes escalas. Y para 1984 se desarrolló un software de CAD 3D por el profesor Gábor Bojár [30] el cual presentaba diferencias frente al software desarrollado por Autodesk y se enfocó en generar una simulación real de los diseños.

Es así entonces como en la industria 3.0 con el dibujo 2D asistido por herramientas computacionales y con la evolución de sus limitaciones, se avanza a la generación de modelos tridimensionales virtuales, los cuales son el principio para la conceptualización y generación de herramientas y metodologías de digitalización que comienzan a marcar la evolución a lo que hoy se conoce como la industria 4.0.

Durante esta transición, entre los años 70 y 80, los profesores Chuck Eastman y Jerry Laiserin [38] comienzan a identificar que, en los procesos de diseño y construcción, aun implementando los softwares CAD que para la época se comenzaban a utilizar, se malgastaba gran cantidad de tiempo en la modificación y actualización de diseños al momento de tener un cambio. Además, se veía la necesidad de diseñar a partir de bloques geométricos de los cuales se pudiera extraer información para estimaciones de cantidades y costos, pero todo a partir de un mismo archivo [26]. Es por esto, por lo que Eastman y Leiserin [38] comienzan a conceptualizar y hablar de sobre la metodología BIM, metodología que marca un punto de partida para la transformación digital y lo que será la revolución 4.0.

Sin embargo, incluso para la época de los 90, los proyectos seguían siendo concebidos, planeados y ejecutados mediante herramientas y software de dibujo virtual o CAD, teniendo popularidad los desarrollados por la empresa Autodesk [30]. Fue solo hasta los inicios del 2000, que buscando mejoría desde la planificación, diseños, identificación de interferencias, visualización y estimación de costos, se empezaron a desarrollar pilotos en proyectos implementando tecnologías de construcción y diseño virtual VDC, es decir, haciendo uso integrado de modelos que involucran diferentes disciplinas de diseño y construcción en donde todos los participantes pueden acceder a la información y generar cambios que se vean reflejados al instante [29]. Estos modelos permiten la visualización de secuencias constructivas donde se puede identificar y analizar posibles interferencias con el fin de disminuir reprocesos que van en contra del tiempo y costo estimado para construcción.

Posteriormente, junto a estos pilotos, se sumaron otros estudios que fueron generando un progreso paulatino, donde partiendo de modelos 3D se fue involucrando la variable tiempo para generar así una modelación 4D que involucrara la programación de un proyecto en un mismo archivo. Y en el 2007 fue posible incluso obtener un modelo 5D que involucró las cantidades de obra a la programación [26].

Durante el siglo XXI, la metodología BIM, comienza a popularizarse y se convierte en uno de los conceptos más escuchados, estudiados y utilizados al hablar de la digitalización en la industria de la construcción. Generado mayor facilidad para su implementación en las empresas y proporcionando seguridad a quienes se aventuran a ingresar al proceso de transformación digital.

BIM. Adicional a permitir la visualización de proyectos y modelos 3D, abarca el correcto uso de información digitalizada relacionada con el tiempo y los costos a lo largo de todo el proyecto [39]. Si bien el uso de esta metodología está más estudiando en proyectos de edificación, en los proyectos de infraestructura también tiene impactos positivos, pues esta, se considera como conjunto de procesos que impactan la forma de coordinar y gestionar los proyectos para obtener mejores resultados [39]. Entonces, aunque los procesos constructivos entre proyectos de infraestructura y proyectos de edificación son muy diferentes, el uso de BIM funciona como una guía práctica que permite gestionar la información completa de un proyecto entre todos sus interesados, alcanzando impactos en los costos, tiempos, soluciones de interferencias, mejora en la comunicación y control del proyecto.

Además de BIM existen otras formas en las que se reconoce la digitalización en la construcción y que además de incluir avances en lo que está relacionado con diseños, planos, modelos e información para la obra, presentan otras características interesantes, por lo que el término de digitalización en la construcción puede enmarcar otra gran cantidad de herramientas y tecnologías como lo son el Big data, Internet de las cosas y/o servicios, blockchain, computación en la nube, sistemas TI de alto rendimiento, informática móvil, identificación por radiofrecuencia, impresión 3D, robótica, vehículos no tripulados, modularización, automatización realidad virtual y realidad aumentada [17] & [36].

[17] agruparon estas tecnologías en 3 grandes grupos para tener un mejor entendimiento de la digitalización en la industria de la construcción; Smart factory, Simulation and modelling y

Digitalización y virtualización. Según los autores el primer grupo está enfocado en tecnologías para automatizar el proceso de construcción y crear un entorno inteligente mediante la integración digital. El segundo grupo está enfocado en la simulación de factores externos como el clima, rendimiento de trabajadores y logística de suministros que influyen en el desarrollo de proyectos únicos y complejos, lo que contribuye en la mejora de diseños y operaciones de construcción. Y, el tercer grupo, está enfocado en tecnológicas responsables de la provisión de servicios integrados a los que se puede acceder a través de internet para la colaboración de diferentes actores.

Tras generar un entendimiento del concepto de digitalización de la construcción, su evolución, el papel relevante de la metodología BIM y las diferentes formas de transformación digital del sector, es importante mencionar las buenas prácticas que diferentes autores – nombrados a continuación- proponen implementar al hacer uso de estos nuevos desarrollos tecnológicos para un mejor aprovechamiento de sus beneficios en el sector de la construcción.

La digitalización se está convirtiendo en un factor determinante y diferenciador en los proyectos, pues su correcta implementación se traduce en múltiples beneficios que de acuerdo con [33] están enmarcados en la mayor eficiencia en el trabajo, mayor velocidad de producción y mayor productividad para la industria.

Sin embargo, las empresas de la industria se encuentran en diferentes niveles y etapas de transformación digital por lo que se pueden encontrar desde organizaciones muy avanzadas que se enfocan en la innovación para mejorar el valor y la experiencia del cliente, hasta empresas que mediante la digitalización buscan la manera de cambiar o impactar sus estructuras de costos a través de herramientas digitales.

Los beneficios derivados de la digitalización dependen directamente de una correcta implementación, es decir, buenas prácticas que implican entender la transformación digital como un cambio transversal a toda la compañía y no solo en áreas específicas. Lo mismo ocurre desde el punto de vista de industria, el éxito de la digitalización depende de las buenas prácticas de planificación, priorización y ejecución de las iniciativas digitales, que requiere de un liderazgo desde la parte superior de la estructura que garantice la sostenibilidad en el tiempo.

Algunas recomendaciones para obtener éxito en la transformación digital de la construcción, resaltadas por [33] son:

- Definición clara de una estrategia de digitalización
- Adecuación de espacios herramientas y plataformas de trabajo
- Estructuras organizacionales flexibles
- Nuevas y más rápidas formas de comunicación
- Enfoque en la experiencia del cliente
- Uso de plataformas digitales entre otras.

Finalmente, también se resaltan una serie de factores clave para el éxito de la implementación de la transformación digital, que implican un énfasis importante en el liderazgo, creación de capacidades digitales, oportunidades para sus empleados y adopción de herramientas digitales [33].

Como se ha mencionado previamente, la digitalización de la construcción tiene un papel clave en evitar la fragmentación de los diferentes procesos del sector, al poner al servicio de estas últimas herramientas para gestionar, controlar y regular el ciclo de vida completo de un proyecto de construcción [36]. A continuación, un entendimiento de la relación que tienen las principales variables de estudio del presente proyecto.

6.3. Fragmentación en procesos y digitalización de la construcción

En la industria de la construcción, la digitalización de los procesos propone cambiar el proceso de ejecutar y/o desarrollar los proyectos, lo que implica alejarse del papel para darle protagonismo a la información en línea y en tiempo real [40]. Esto sin duda genera unos procesos más transparentes y colaborativos que permiten el correcto análisis, evaluación de riesgos, controles, progresos y resultados de mayor calidad y confiabilidad.

No obstante, como se dio a conocer en el estado del arte, el sector de la construcción cuenta con alto nivel de incertidumbre en sus procesos y problemas de comunicación y engranaje entre disciplinas y especialidades lo que se traducen en vacíos en la planeación, descoordinación entre actores que intervienen en el proyecto e improvisación en la solución de problemas; lo cual se relaciona con la presencia del fenómeno de fragmentación en la industria de la construcción. Sin embargo, [27] expresa que en el ámbito internacional se presenta un constante desarrollo y mejoramiento de los procesos y las herramientas digitales, permitiendo una mejor gestión de todas las fases del ciclo de vida del proyecto, una mejor comunicación entre diferentes actores y mayor productividad.

En esta misma línea, [41] resalta que en el desarrollo de proyectos frecuentemente se generan pérdidas económicas, de tiempo, entre otras, debido a falta de información detallada o imprecisa y la falta de sinergia en la transición de las fases del proyecto. Como solución a estos problemas mencionados propone la implementación de herramientas que mejoran el flujo de trabajo entre todos los actores y aumenta la calidad de entregables, partiendo de tecnologías basadas en modelos 3D que almacene la información del proyecto, lo cual es conocido como la metodología BIM.

Entendiendo esto, la integración de tecnologías hace posible formar un ecosistema digital que permite a las empresas gestionar, controlar y regular el ciclo de vida completo de un proyecto de construcción, permitiendo así reducir la fragmentación en los procesos generando espacios colaborativos que integran a los diferentes actores [36], garantizando así un producto final con mayor aprobación y múltiples beneficios.

Es por esto por lo que con la digitalización de la construcción se espera un incremento significativo de la productividad del sector de la construcción y mayor calidad en sus productos. Permitiendo un mejor engranaje entre las diferentes disciplinas que intervienen, una correcta digitalización, automatización e integración de los procesos en las diferentes etapas y fases de un proyecto [17].

7 Metodología

7.1. Tipo de estudio

Esta investigación se desarrolló como un estudio de tipo exploratorio relacionado con la Transformación digital en la industria de la construcción y los problemas asociados a la fragmentación. Se presenta un enfoque cualitativo, enfocándose principalmente en la comprensión de las variables: Transformación digital y fragmentación de procesos en la industria de la construcción.

Se realizó análisis de la información relacionada con los puntos críticos, falencias, oportunidades de mejora, beneficios de la transformación digital y su relación con el fenómeno de fragmentación de procesos, mediante la exploración de conceptos teóricos, variables y la experiencia de profesionales del sector y finalmente se confrontó la información encontrada a través del levantamiento del estado del arte y trabajo de campo.

7.2. Etapas, objetivos y herramientas de la investigación:

Se pretende alcanzar los objetivos trazados mediante el uso de herramientas metodológicas a través de las diferentes etapas de la investigación como se muestran a continuación:

ETAPA INVESTIGACIÓN	OBJETIVO ESPECIFICO	HERRAMIENTA METODOLOGICA
Búsqueda de información	Levantamiento del estado del arte relacionado con la digitalización del sector de la construcción y el fenómeno de fragmentación en sus procesos.	Revisión y análisis de literatura científica y/o académica.
	Identificar los principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción, mediante la experiencia de profesionales de la industria	Encuestas y Entrevistas realizadas a profesionales de la industria
	Identificar los principales impactos de la transformación digital en la construcción, orientados en disminuir la fragmentación en los procesos.	Encuestas y Entrevistas realizadas a profesionales de la industria
Análisis de Información	Confrontar los hallazgos encontrados en las etapas de estado del arte y el trabajo de campo para encontrar oportunidades de mejora, fortalezas en la transformación digital e impactos de la fragmentación.	Triangulación de información encontrada en la etapa anterior
Presentación de Resultados	Construir una estrategia que consolide los hallazgos encontrados y que encaminen un proceso de transformación digital exitoso.	Elaboración propia Consolidación de hallazgos y construcción de estrategia

Tabla 1 Fuente elaboración propia

La información fue recolectada por un lado a través de la revisión de literatura académica y por otro lado a través de encuestas y entrevistas (Anexos 1 y 2) que permitieron recopilar, identificar e interpretar evidencia empírica y entender de manera más profunda las percepciones, entendimiento y puntos de vista que tienen los profesionales en la industria sobre el tema principal de esta investigación

7.3. Encuestas y Entrevistas a profesionales de la construcción:

Inicialmente se realizó una encuesta a 42 de profesionales del sector de la construcción (Ingenieros civiles, arquitectos y arquitectos constructores) que trabajan y residen en la ciudad de Medellín, cuentan con más de 8 años de experiencia y se encuentran en un rango de edad de los 30 a los 60 años. Esta muestra se eligió de manera intencionada y se les envió la encuesta de Google forms por medio de una lista de difusión.

Posteriormente con el fin de profundizar la información y ahondar en el conocimiento adquirido en la fase de las encuestas, se realizaron entrevistas a profesionales con amplia experiencia en el sector de la construcción y específicamente en temas de transformación digital con miradas globales de proyectos que le permitan entender el fenómeno de fragmentación y posibles oportunidades para mejorarlo.

El objetivo principal de la encuesta es recopilar información que permita identificar los principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción e identificar los principales impactos de la adopción de transformación digital en la construcción mediante la experiencia de profesionales de la industria. Esta encuesta fue estructurada con una serie de preguntas de selección múltiple que permitieron entender el contexto general y las posiciones que tienen los encuestados frente a estos temas. Las preguntas se dividieron en 3 bloques así:

1. General: Se formularon preguntas iniciales para introducir a los encuestados en los temas a tratar, resaltando diferentes impactos que fueron encontrados desde la teoría y que se buscan contrastar en esta etapa.
2. Fragmentación: Se formularon 12 preguntas relacionadas con el tema de fragmentación indagando sobre el nivel de claridad de los encuestados con las diferentes fases de un proyecto y diferentes actores que intervienen a lo largo de su ciclo de vida, también se consultó sobre la percepción de los encuestados frente a las relaciones entre diferentes actores y la forma en que cada uno de estos interviene en el desarrollo de proyectos. Además, se buscó conocer la noción de estos sobre los factores que deben ser fortalecidos con el fin de evitar problemas que enfrenta la industria.
3. Digitalización: Se formularon 9 preguntas relacionadas con el tema de transformación digital en donde se buscó conocer la percepción de los encuestados frente a los impactos positivos o negativos que esta puede brindar a la industria de la construcción y así mismo conocer cuál de las fases de proyectos se vería más impactada. También, se consultó sobre el trabajo colaborativo mediante el uso de plataformas digitales y la percepción de asignación de recursos en la transformación digital.

Con el fin de profundizar y enriquecer la información obtenida se buscó ahondar a través de entrevistas dirigidas personalmente a profesionales de la industria, quienes se encuentran relacionados directamente con los temas tratados en esta investigación en el desarrollo de sus carreras profesionales. En este punto se realizaron 4 entrevistas a profesionales con amplia

experiencia en el sector de la construcción desde la planeación, coordinación de diseños, desarrollo de proyectos, definición de procesos, implementaciones de herramientas digitales, dirección de grupos entre otras. Los entrevistados fueron seleccionados buscando que además de contar con una mirada global de los proyectos, contaran con experiencia en el proceso de la digitalización en la construcción y que de alguna forma conocieran y entendieran el fenómeno de la fragmentación. Los 4 entrevistados al momento de las entrevistas se desempeñaban en los siguientes cargos: BIM Manager y líder de implementación de metodología, Líder de ingeniería en proyectos de infraestructura, Director de diseño y construcción virtual y Director BIM. Se ahondó en dos categorías principalmente:

1. Fragmentación: Las preguntas en esta entrevista fueron estructuradas para obtener información profunda sobre el conocimiento que se tiene en la industria de la existencia del fenómeno de fragmentación, si es considerado un problema frecuente en la industria o algo aislado y el grado de conocimiento en general de los profesionales o si por el contrario solo algunos pocos saben de esto. Así mismo se profundizó en conocer cuáles podrían ser las posibles causas por las que esto se presenta, cuáles son los efectos o problemas que se generan y como se ve reflejado en los diferentes procesos que atraviesa un proyecto en su ciclo de vida, haciendo énfasis en el proceso de planeación. Por otro lado, se quiso entender cómo ven los profesionales la relación entre los diferentes interesados que intervienen en un proyecto, cuáles son las fortalezas y debilidades en este tema y como su gestión impacta el desarrollo de los proyectos.
2. Digitalización: Se formuló una serie de preguntas para entender la posición y conocimiento del entrevistado frente a la transformación digital en la industria de la construcción, su percepción de como esto podría mejorar el desarrollo de proyectos y si la industria se encuentra preparada para una transformación digital. Así mismo se quiso profundizar sobre las diferentes formas de proceder para iniciar una transformación en las empresas de construcción, los retos más importantes a los que se enfrentan durante este proceso y los principales beneficios encontrados, las fases de proyecto más impactadas y las evidencias más importantes encontradas por entrevistados inmersos en la transformación digital.

8 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la herramienta metodológica de encuestas utilizada en la etapa de investigación de búsqueda de información y realizadas a profesionales de la industria de la construcción en empresas colombianas, que buscan satisfacer los los objetivos específicos: Identificar los principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción; Identificar los principales impactos de la transformación digital en la construcción.

Con el fin de contrastar de manera general los hallazgos obtenidos teóricamente sobre los impactos que tiene la industria de la construcción, en una primera instancia se indagó sobre cómo se considera el impacto que tiene la industria de la construcción en la economía a nivel mundial, a lo que se encontró una fuerte tendencia de que el impacto es alto, lo cual está en línea con los datos estadísticos encontrados y aportados en la parte inicial del trabajo como referencia de la investigación.

Posteriormente, se indagó sobre el entendimiento de los participantes del concepto de la Industria 4.0 y si sus principios son aplicados en la industria de la construcción, para lo que se encontró que un 71% de ellos conocen el concepto y sus principios, y un 87% de estos que conocen el concepto consideran que son aplicados en la industria de la construcción.

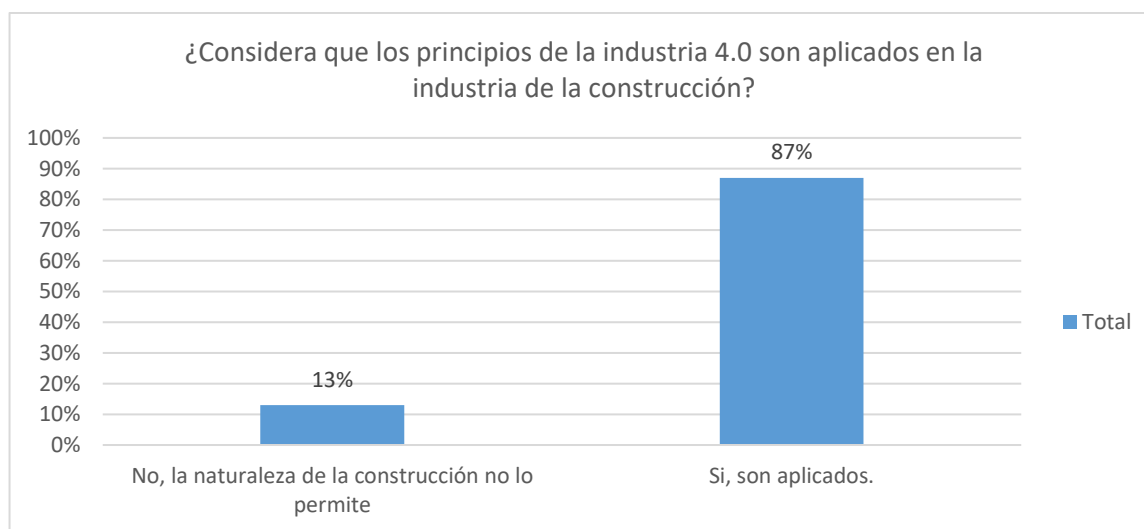


Imagen 6. Los principios de la industria 4.0 son aplicados en la construcción

8.1. Principales problemas asociados a la fragmentación del sector de la construcción

Al hablar de fragmentación de la construcción, en un primer momento se evidenció que únicamente el 48% de los encuestados conoce a que hace referencia este concepto, versus un 52% que aún no sabe de qué se trata.

Los proyectos de construcción pasan por diferentes fases en su ciclo de vida. El 95% de los encuestados las conoce y entiende, además de que consideran importante involucrar a los clientes en cada una de estas fases que atraviesan los proyectos.

Se indagó entonces sobre cuál o cuáles se considera que son las fases más importantes en el desarrollo de un proyecto de construcción (planeación y ejecución, diseños y planeación financiera, inicio y cierre, seguimiento y control) y dónde se debe ser más riguroso para obtener éxito. En su mayoría (69%) considera importante involucrar a los clientes en todas las fases del ciclo de vida, un 26% lo considera más relevante en la parte de ejecución y planeación y un 5% considera relevante involucrar los clientes únicamente en la fase de diseños y planeación financiera.

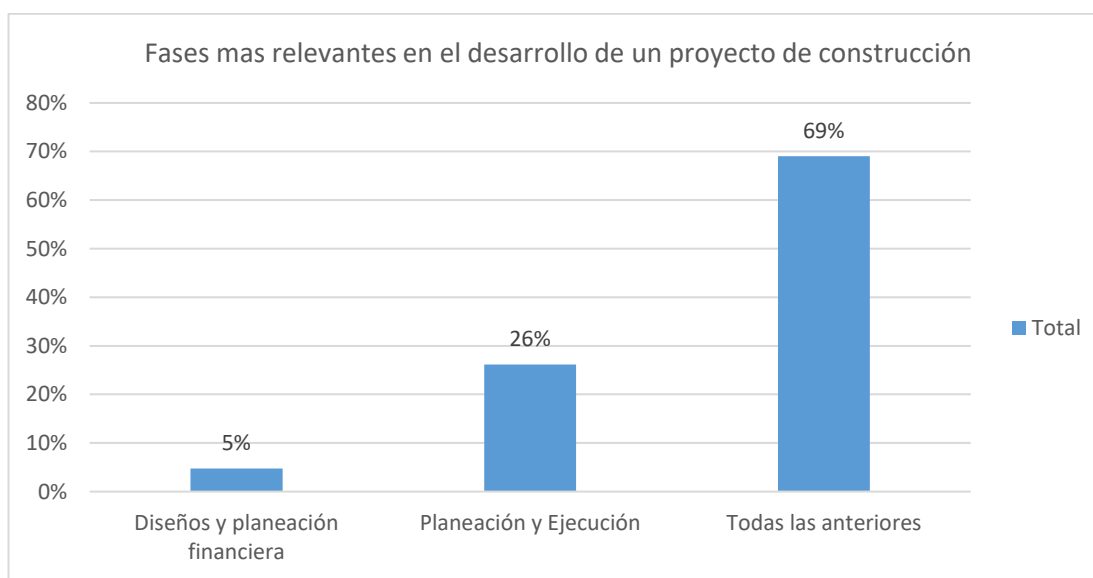


Imagen 7. Fases más relevantes en el desarrollo de un proyecto

Cuando se habla de fragmentación, como se ha explicado anteriormente, las diferentes especialidades tienen un rol y un papel muy importante, así lo confirma el 93% de los participantes quienes consideran que para el desarrollo de un proyecto es necesario contar con la presencia de estas.

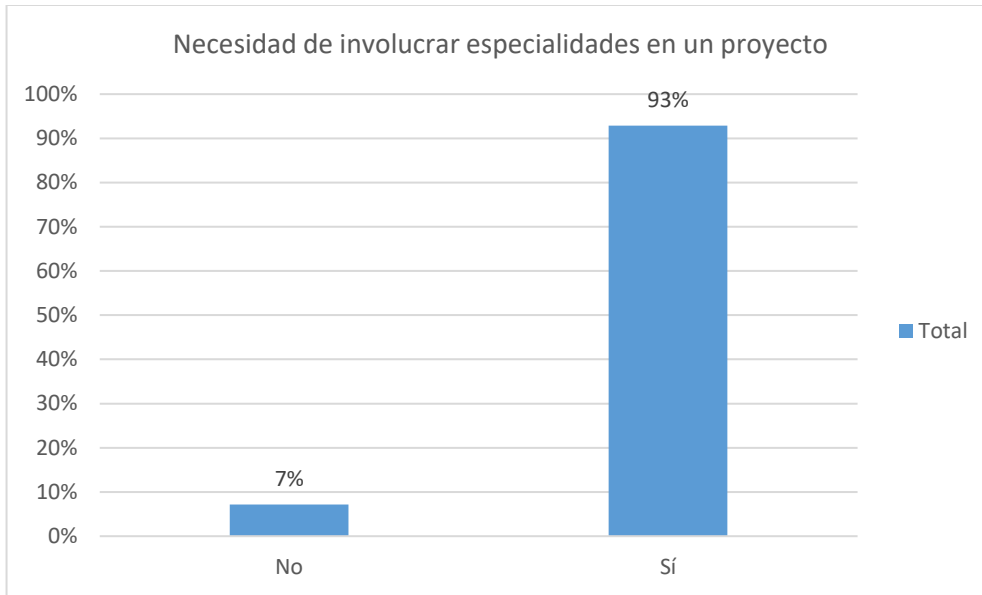


Imagen 8. Involucrar diferentes especialidades en un proyecto

Sin embargo, el 86% de los encuestados considera que estas especialidades trabajan de manera aislada generando conflictos y brechas en el trabajo y desarrollo de otros. También es importante resaltar que 81% piensa que los actores que intervienen en los proyectos buscan satisfacer únicamente sus propios intereses, dejando a un lado el interés colectivo del proyecto.

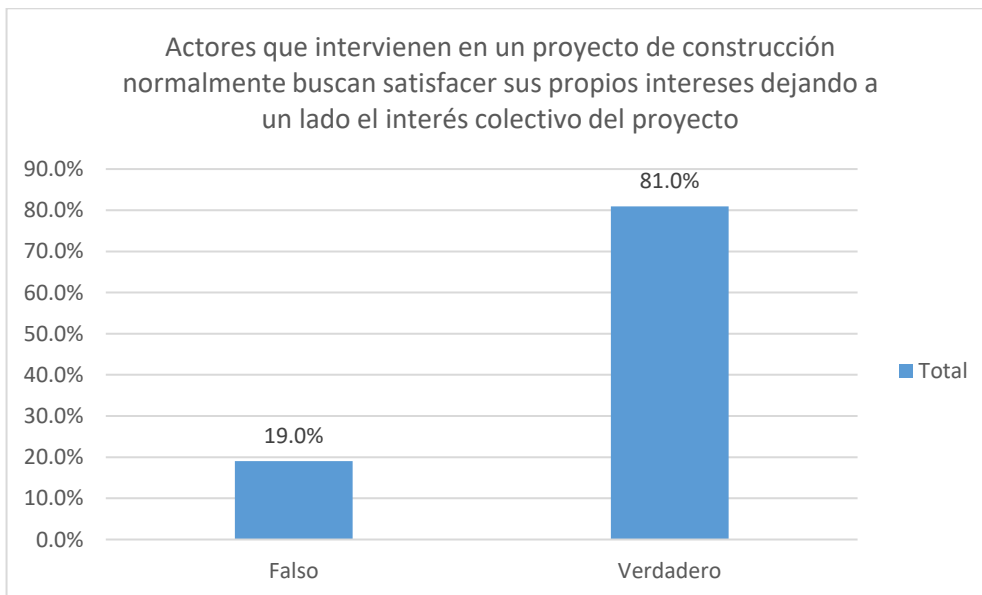


Imagen 9. Interese propios de cada actor

Al hablar sobre el manejo de la información de las diferentes áreas y actores que participan en un proyecto de construcción, se percibe que la información comúnmente es compartida por solicitud de otros (55%), sin embargo, en ocasiones se definen rutas para compartir información

desde el inicio de los proyectos (21%), e incluso puede ser que esta sea transversal para todos los miembros del proyecto (21). En algunos casos (2%) se evidencia que la información es más reservada y se maneja únicamente en el área donde se origina.

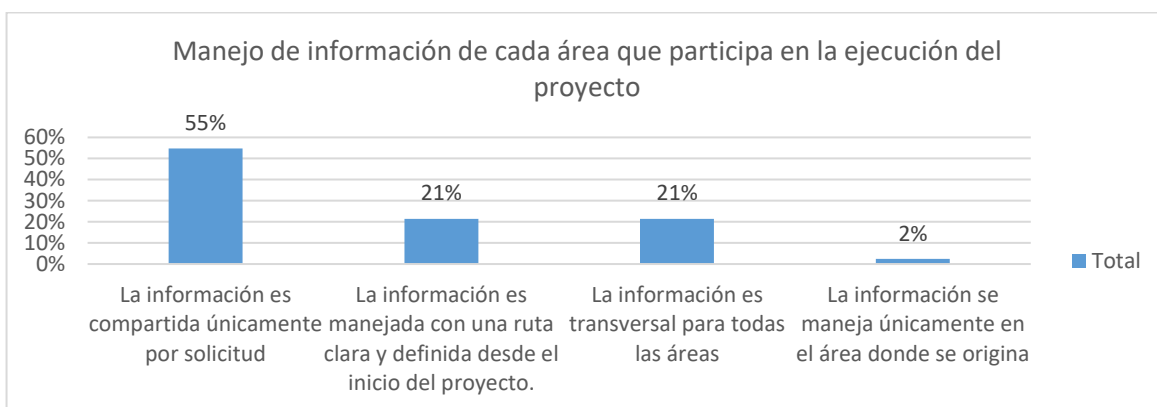


Imagen 10. Resultado Encuestas

Al hablar de la cadena de suministros y sus relaciones con los diferentes actores de un proyecto se encuentra que, en su mayoría (86%) estas relaciones son frágiles y difíciles de coordinar, a diferencia de un 14% que considera que son estrechas y fuertes.

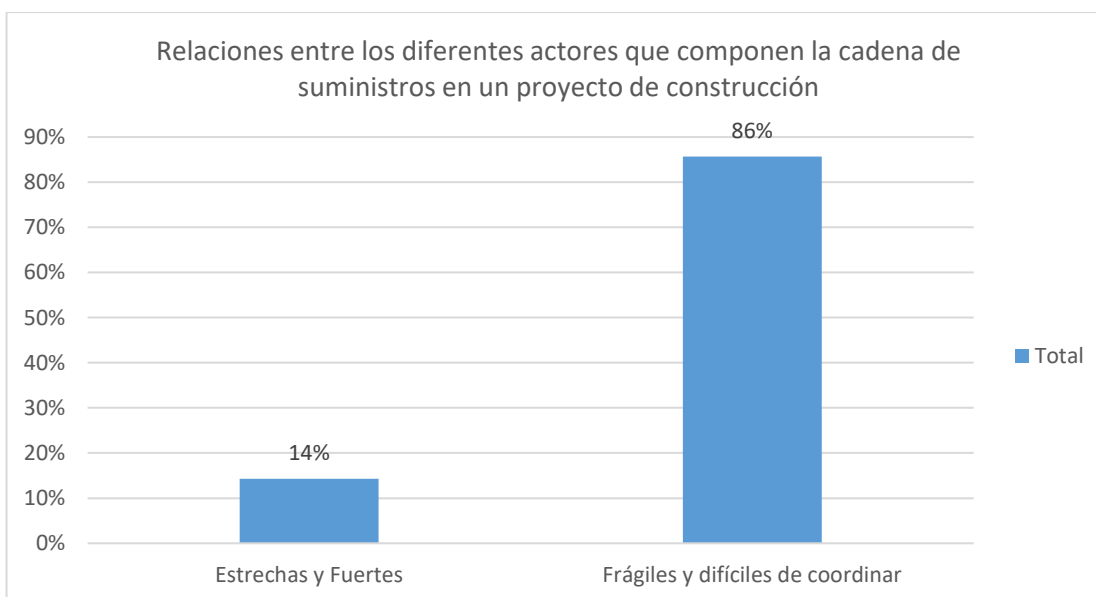


Imagen 11. Relaciones entre diferentes actores en la cadena de valor.

Sin embargo, un 76% considera que los desarrollos de proyectos de construcción se caracterizan por trabajar en un conjunto de actividades que se vinculan para alcanzar un mismo objetivo, en una menor proporción, 24%, se tiene una percepción de que las tareas se ejecutan de manera aislada.

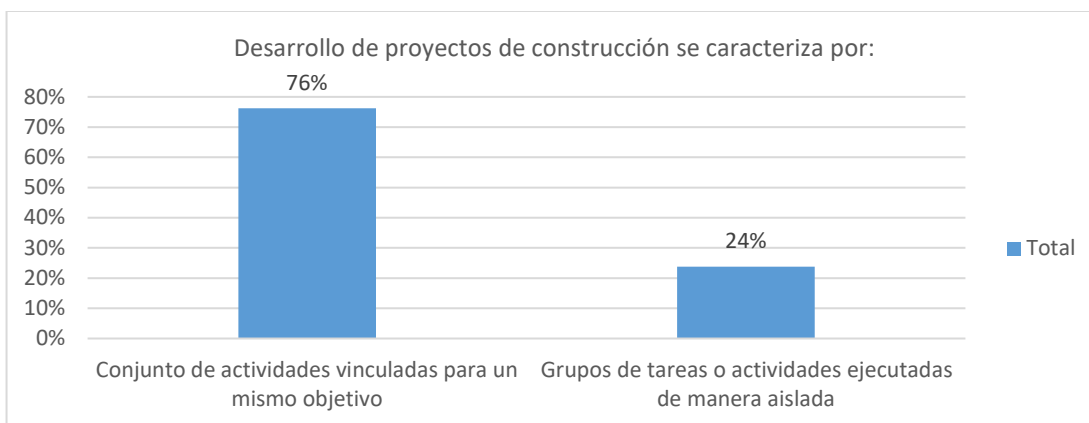


Imagen 12. Integración o desintegración en el desarrollo de proyectos

Para finalizar el entendimiento frente a la fragmentación, se preguntó a los participantes sobre los conceptos que se deberían fortalecer en los procesos de construcción para afrontar y vencer el fenómeno de fragmentación en la industria, encontrando que en su mayoría (62%) consideran que todos los conceptos mencionados deben ser fortalecidos, siendo relevante tener un foco en el tema de la integración de los procesos.

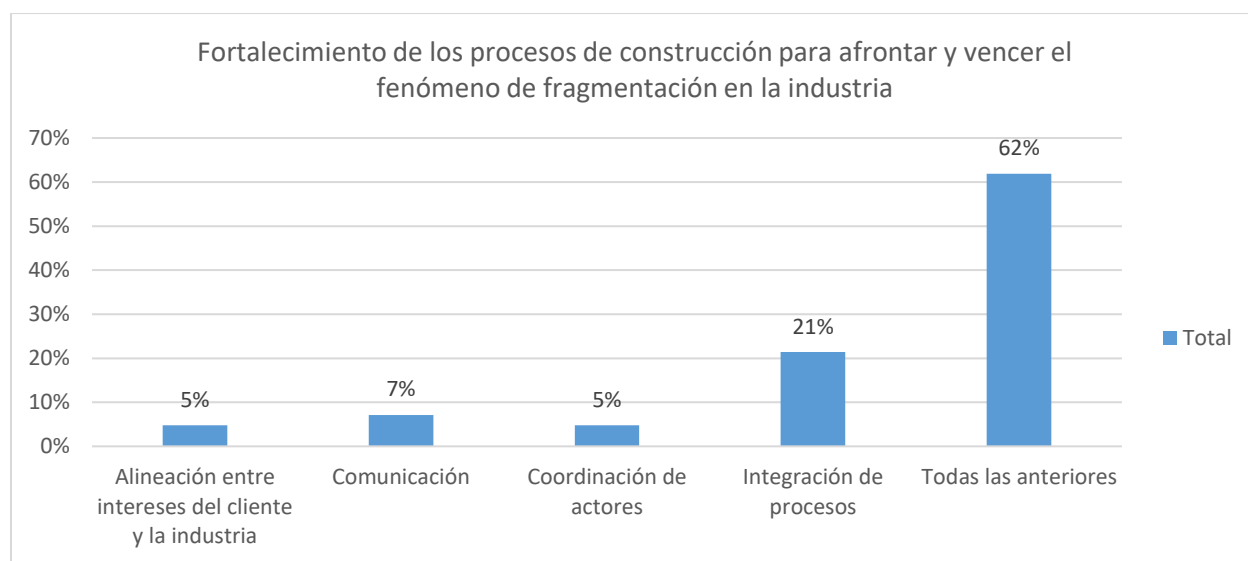


Imagen 13. Como combatir la fragmentación

8.2. Impactos de la adopción de digitalización en la construcción

Podría hablarse de digitalización como sistemas que estén conectados con cada eslabón de la cadena de valor, trabajando con herramientas y prácticas basadas en tecnologías de la información y comunicación. En otras palabras, podría entenderse como un nuevo estilo de ejecutar y/o desarrollar los proyectos, alejándose del papel para darle protagonismo a la información en línea y en tiempo real.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que la industria de la construcción a lo largo del tiempo ha sido catalogada como una industria manual, artesanal y poco estandarizada, se consultó a los profesionales en la industria de la construcción si la tecnología y herramientas digitales se considera pueden tener aportes significativos, sobre lo que se evidencio que el 100% de los encuestados considera que pueden aportar de manera significativa a la industria de la construcción. También perciben que el uso de herramientas digitales para facilitar los procesos en la industria tiene impactos positivos y consideran que existe alguna relación entre el uso de herramientas digitales y la productividad en la construcción.

En las diferentes industrias que mueven la economía mundial, se ha hablado en diferentes momentos sobre como la tecnología y herramientas digitales pueden llegar a reemplazar recursos físicos. En ese sentido, el 69% de los encuestados considera que todas las fases de los proyectos son indispensables y hacen parte de un todo que debe ser atendido en conjunto. Y en concordancia con esto, 86% consideran que todas las fases de los proyectos son apropiadas para hacer uso de herramientas digitales, haciendo algunos (10%) énfasis en la etapa de seguimiento y control.

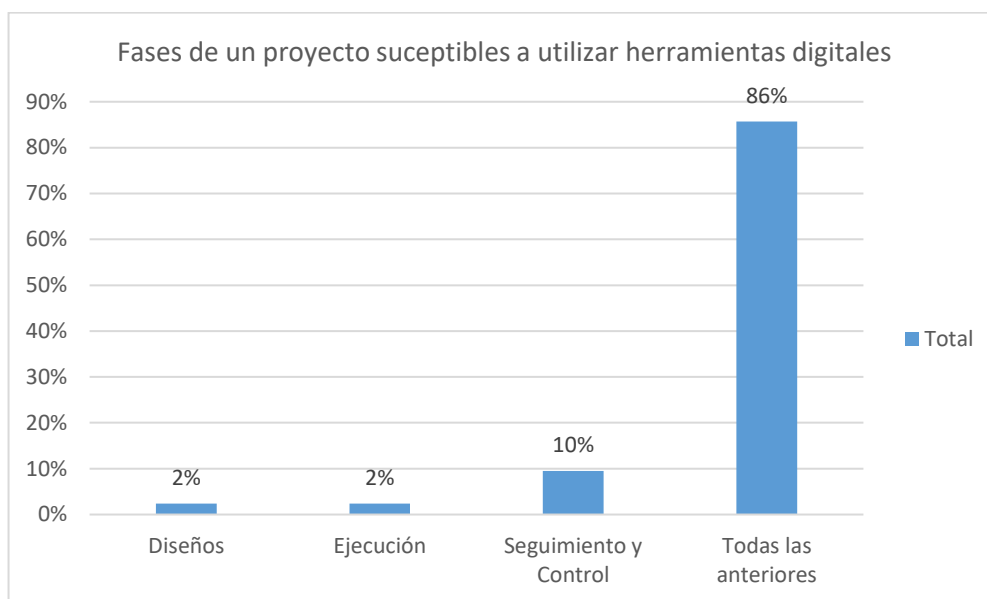


Imagen 14. Fases más óptimas para el uso de herramientas digitales

Afirmando también el 98% de los encuestados que el trabajo colaborativo entre diferentes especialidades se hace más fácil y alcanzable a través de plataformas digitales.

Por último, se le preguntó a los encuestados sobre los principales beneficios de la digitalización de la construcción, 76% menciona una mayor productividad y calidad en los entregables, teniendo también relevancia estar a la vanguardia y aprender sobre tendencias de tecnología (21%).

Continuando con la presentación de resultados y con el fin de enriquecer y profundizarla información obtenida en las encuestas, se hace un análisis de la información obtenida a través de la segunda herramienta metodológica utilizada, que fueron las entrevistas y que se realizaron a profesionales de la construcción descritos en el apartado de la metodología del trabajo y que por su estrecha relación con los objetivos específicos de la investigación aportan de manera enriquecedora permitiendo obtener una idea sobre la percepción que se tiene de estos temas en la industria.

Para analizar los resultados se utilizó como soporte principal los fragmentos de los discursos obtenidos en las entrevistas, lo que permitió dar cuenta de los hallazgos obtenidos a partir de la experiencia profesional de estos.

Con relación al fenómeno de fragmentación en la industria de la construcción, los entrevistados coinciden en que es una problemática frecuente que ha acompañado el desarrollo de proyectos de construcción históricamente y aún permanece pues la industria se caracteriza tener procesos rígidos y falta de armonía entre diferentes actores que intervienen a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. Una afirmación generalizada en las entrevistas es que las diferentes áreas que intervienen en los proyectos pueden llegar a hacer muy bien su trabajo, pero en general lo hacen de manera separada, como trabajando en islas y sin entender que el interés y valor final debe ser el proyecto en general y no los personales o específicos de cada actor. Sin embargo, aun siendo conscientes de que no es un fenómeno nuevo en la industria se puede extraer de las entrevistas que a lo largo del tiempo estas prácticas han sido adoptadas como propias de la industria convirtiéndose en algo inherente o parte del desarrollo de los proyectos. De hecho, al consultar si esta problemática se considera conocida por los mismos profesionales de la industria o si es por su desconocimiento que se materializa, se obtuvo respuestas que apuntan a que los mismos profesionales conocen de esta problemática y hasta sus impactos, no obstante, en la industria esto ha sido aceptado en el desarrollo de los proyectos al punto de encontrar con frecuencia expresiones de los profesionales como *“eso siempre pasa”*, *“eso es normal en los proyectos”*, *“así se hace siempre”* generando un ambiente de aceptación entre los interesados que buscan a toda costa cumplir metas específicas de cada uno sin dimensionar posibles impactos en otros actores.

Muchas pueden ser las causas para la existencia de este fenómeno en la industria de la construcción y cada profesional desde su punto de vista encuentra puntos débiles y por mejorar con respecto a esta problemática, por ejemplo, aunque se generaliza que los profesionales son conscientes de la existencia de este fenómeno, estos se hacen conscientes del problema y sus impactos negativos que generan re procesos, pérdidas económicas y demás, solo cuando ya están ejerciendo la profesión y llevan alguna experiencia en la industria, dado que estos temas son poco o nada tratados desde los periodos de formación en la universidad. Otra postura encontrada en las entrevistas es que los profesionales que se hacen conscientes de la esta problemática generalmente actúan con roles de liderazgo y dirección, pero fallan al momento comunicar y alertar las diferentes áreas.

De manera general se podría agrupar que las causas para este fenómeno de fragmentación en 3 problemas que serán detallados a continuación: La falta de claridad en los procesos, La cultura de la industria y gestión de la información y/o comunicación.

Desde el punto de vista de los procesos, se evidencian problemas en el entendimiento de entradas y salidas de cada proceso por lo que es normal encontrarse con falta de definición de objetivos claros desde el inicio del proyecto y deficiencia en el levantamiento de requisitos mínimos del cliente o asesoría y orientación para la definición de estos, lo que se traduce en una mala definición de responsables a lo largo del ciclo de vida del proyecto. También se puede ver desconocimiento general de cuáles son los diferentes actores y como pueden aportar al desarrollo de proyectos por lo que muchas veces se vinculan especialistas o áreas de manera tardía o en el momento indebido a ciertos procesos lo que maximiza la aparición del fenómeno de fragmentación generando reprocesos y desconexión del proyecto.

Desde el punto de vista de la cultura en la industria, los entrevistados coinciden en que la forma en la que se son afrontados los proyectos genera este tipo de problemas pues se trabaja como islas de manera independiente dejando de ver un panorama completo o la globalidad del proyecto y enfocando los esfuerzos en cumplir metas específicas de cada involucrado. Por otro lado, se encuentran problemas generalizados entre interesados como guerra de egos y el deseo de figurar y querer hacer bien sus cosas y cumplir objetivos propios sin importar lo que pase a su alrededor. Otro factor identificado es que la cultura en la industria presenta alta resistencia al cambio que se convierte también en una causa para permanecer con procesos fragmentados a pesar de conocer sus impactos, por ejemplo, de las entrevistas se extrae temas como las malas prácticas en contratación, ejecución y entregas que han sido normalizadas por los mismos profesionales descargando responsabilidades en terceros y buscando sobresalir en lo personal lo que alimenta los impactos de la fragmentación. Así mismo, es común que las empresas constructoras cuenten con sistemas de medición y/o indicadores que no se miden por proyectos si no por rendimientos y trabajos por áreas o procesos. Por lo que cada área está en constante búsqueda de sobresalir, haciendo primar el indicador de su proceso o área ante el indicador general del proyecto. Uno de los entrevistados, enfatizó este problema mencionando casos reales donde prima la fecha de entrega de un área sobre la calidad de esta entrega.

Finalmente, si se mira desde el punto de vista de gestión de la información y la comunicación, la experiencia de los entrevistados indica que, en cuanto a la gestión de la información, al revisar las causas de los problemas en el desarrollo de un proyecto o la falta de éxito, se encuentra asociado a problemas de interpretación, información faltante o que no llegó a tiempo o que llegó con mala calidad, esto a su vez genera que en el desarrollo de proyectos se acuda a la suposición en muchos casos, lo que hace que se tenga un menor control del proyecto. Mientras que en cuanto a la falta de comunicación e integración entre los interesados se encuentran flujos de procesos discontinuos, traslado de responsabilidades entre áreas y demoras en la toma de decisiones que se convierten en tiempos muertos, lo que genera reducción de productividad, sobre costos y exceso de tiempo destinado a resolver problemas y no a ejecutar de manera controlada. Esta causa asociada la gestión de información y la comunicación, de acuerdo con los entrevistados, también es encontrada desde las direcciones de empresas, pues desde estos cargos son conscientes de los impactos que trae una mala comunicación pero se carecen de estrategias y mecanismo de irradiar esto a las demás áreas y por ejemplo diseñadores, especialistas técnicos, subcontratistas, maestros y obreros no se involucran y siguen trabajando de manera individual por lo que se genera

un círculo de errores que se repiten continuamente, dándole espacio a la fragmentación de procesos.

A manera de ejemplo de lo antes mencionado, los entrevistados expresan situaciones identificadas en el desarrollo de proyectos en los que han participado, que encajan con lo que teóricamente se conoce de la fragmentación, mencionando problemas relacionados con conflictos entre los criterios de ingeniería y construcción que no se resuelven en ocasiones por el interés de cada actor (área) de defender su punto sin proveer soluciones que ayuden al desarrollo. Así mismo se mencionaron problemas de comunicación entre los interesados, traslados de responsabilidades, demoras en la toma de decisión, versionamiento de planos entre otros, los cuáles generan reducción de productividad, sobre costos y exceso de tiempo destinado a resolver problemas que son los impactos que hasta ahora han sido mencionados.

Dado lo anterior, se entiende que el fenómeno de fragmentación genera impactos negativos en el desarrollo de proyectos de manera general pues al ser un problema de desconexión en la cadena de valor termina afectando a toda una empresa. Empezando, principalmente con la materialización de problemas en la obra y llegando a generar impactos en las compañías tanto económicos como de relacionamiento con clientes y en la mayoría de los casos al presentarse desconexión en varios puntos de la cadena de valor, cuesta identificar responsables claros. A pesar de conocerse esto, en la industria de la construcción se ha convertido en una práctica habitual estos problemas y las empresas hoy cargan esto como parte integral de los procesos.

En este punto, se consideró importante analizar el proceso de planeación el cual es fundamental para el desarrollo de proyectos pues sería el punto donde se toman decisiones que definen el rumbo de un proyecto y se identifican de manera temprana riesgos involucrados que permiten pensar en los posibles problemas a afrontar y buscar propuestas de solución anticipadamente. Por esta razón este proceso requiere de profesionales y líderes capacitados con miradas globales de los proyectos que sepan irradiar el concepto de integralidad para todos los involucrados. No obstante, en la industria falta mucho por mejorar en términos de planeación de proyectos, aunque cada vez se enfocan más recursos a este proceso debido a un enfoque de mejora continua y que las condiciones exigen respuestas a malos resultados, sigue siendo un proceso con falencias pues sigue estando influenciado por factores culturales de pensar que las cosas siempre se han hecho de una manera y no dan entrada a otras opciones o formas de trabajo lo que agudiza los problemas de planeación que muchas veces se relega a actividades básicas y rutinarias sin pensar en las condiciones puntuales que cada proyecto abarca.

Aunque los entrevistados son conscientes de la importancia del proceso de planeación, también se identifican factores específicos que deben mejorar para garantizar un proceso exitoso y que de paso a otros procesos de manera más fluida. Por ejemplo, de las entrevistas se extraen factores importantes con oportunidades de mejora como: La planeación basada en tenores que continuamente son tomados de proyectos que presentan el fenómeno de fragmentación aumenta la presencia de este pues la información llega contaminada y se alejan de la real ejecución. También se identifica la planeación basada en la estandarización de productos, lo cual en algunos casos está en contravía de los requerimientos del cliente que constantemente buscan diferenciarse

personalizando sus productos. Esto último se encuentra argumentado por uno de los entrevistados en que “El error está en buscar estandarizar los productos y no los procesos”.

Complementando estos resultados, uno de los entrevistados manifestó que muchos procesos de digitalización a nivel mundial han sido adoptados para mejorar directa o indirectamente los problemas asociados a la fragmentación y con esto se abre el espacio para analizar los resultados obtenidos en las entrevistas que están relacionados con la digitalización en la industria de la construcción y que se ha venido haciendo popular en la mayoría de las industrias pero que a nivel mundial todavía presenta bajos índices de adopción a pesar de los impactos positivos que su implementación pueda tener.

La digitalización de procesos y productos en la industria de la construcción simplemente se ha convertido en una necesidad de la industria para mejorar e impactar sus índices de productividad y eficiencia, la adopción tecnológica tiene muchos aportes y facilita o disminuye los errores, tratando de preverlos para actuar antes de que estos sucedan y genera mayor asertividad en la toma de decisiones. Así mismo, juega un papel muy importante para combatir problemas de comunicación entre interesados, gestión de la información y otros relacionados con la informalidad y registros técnicos. En este punto, los entrevistados que fueron escogidos por que en su rol profesional están directamente relacionados con la adopción tecnología en la industria del país, indican conocer que se tienen iniciativas en la industria que busca generar la necesidad a nivel general pues plantean la intención de gobierno de generar políticas para hacer de la digitalización algo obligatorio para desarrollo de proyectos públicos en el corto plazo, lo cual obliga a las empresas a migrar a esto para el desarrollo de proyectos de cualquier tipología.

No obstante, se pudo identificar con las entrevistas una percepción de que a la fecha se presenta mucha informalidad en el tema y lo poco que se ha hecho, se ha hecho con desorden y desconocimiento a la hora de entender procesos nuevos y vincularlos con procesos existentes, por lo que muchos de los beneficios que esto puede aportar en el desarrollo de proyectos aún son desconocidos. Por ejemplo, para uno de los entrevistados muchas de las compañías que han iniciado el camino de la adopción de digitalización en Colombia lo han hecho por moda, pero sin entender las necesidades de cada compañía específica, lo cual va en contravía de lo que se ha desarrollado a nivel mundial que enfocaron esfuerzos en entender primero la necesidad específica y luego las estrategias de adopción. Con lo anterior, el entrevistado enfatiza en que ante los muchos beneficios que brinda la transformación digital, su adopción debe realizarse por medio de un proceso para el cual la industria debe prepararse, pues, aunque se ha abierto a iniciar el camino de la adopción tecnología y digitalización, todavía falta mucha claridad sobre su alcance, impactos y riesgos; lo que genera un nivel de incertidumbre a la hora de calificar si se está o no preparada para el cambio.

Se obtuvieron argumentos que justifican lo anterior como que en la industria es evidente cierto desgaste que sumado a los rezagos productivos genera que culturalmente se esté más abierto al cambio, sin embargo, es preciso comenzar con ordenar lineamientos claros, estandarizar y regular formas de hacerlo, así como definir y adoptar políticas de gobierno encaminadas en este aspecto. Así mismo, se extrae que existen barreras que pueden retrasar la transformación digital, por ejemplo, para una correcta implementación de la digitalización en la industria, se requiere de

un personal capacitado que hoy la industria no tiene en abundancia, también se presenta una brecha generacional en donde muchos líderes de la industria son profesionales educados y formados con metodologías y estrategias tradicionales y a quienes les cuesta más abrirse a los cambios que una transformación digital propone. Como complemento a esto, un entrevistado expresa que “en Colombia el 93% de empresas son PYME esto puede ser un factor de riesgo en el proceso de digitalización por falta nivel adquisitivo para la adquisición de tecnología”.

Con respecto a que la inversión inicial pueda ser una barrera para la transformación digital, en las entrevistas también se encontró que el inicio para digitalizar los procesos no requiere de entrada una inversión alta pues hace referencia a procesos previos de autoconocimiento, donde se defina concretamente que tipo de inversión debe hacerse para alcanzar los objetivos de la compañía específica y posteriormente se hagan intervenciones en los procesos existentes lo que implica acciones y tiempo que permite generar una cultura tecnológica, que garantice que los equipos de trabajo tengan o desarrollen las destrezas necesarias antes de requerir inversión financiera alta.

Esto nos hace retomar la idea de que la industria debe prepararse para el proceso de la adopción tecnológica, identificando con los entrevistados una serie de factores importantes que ayudarían a tener un proceso de implementación exitoso y que sin duda tiene impactos en la infraestructura organizacional, procesos y personas de la empresa. Para iniciar, todos los entrevistados coinciden en que lo más importante es conocer el estado de su empresa mediante un autodiagnóstico para conocer como la empresa desde la estrategia organizacional define el funcionamiento y operación, como se conforma, hacia donde se desea llegar y cuáles serán las metas y puntos de control. Así mismo es importante descubrir la cultura, políticas organizacionales, procesos de gestión, selección de personal, lineamiento de manejo de personas, sistemas de capacitaciones, estado de infraestructura organizacional, entre otros factores que permitan definir flujos de trabajo acertados para la organización y estrategias de relacionamiento entre las diferentes áreas de la compañía y así poder construir un marco de procesos que sea de mayor acogida para una transición más natural. Lo anterior se ve argumentados con fragmentos de los entrevistados como “Cada empresa tiene unos flujos e intereses diferentes por lo que conocerse internamente es la mejor estrategia”

Para la adopción e implementación digital es importante enfocar los esfuerzos en la integración de todas las áreas de una compañía y se debe partir del hecho que no todos los profesionales conocen el tema y los que lo conocen no lo manejan al mismo nivel, por lo que es crucial definir estrategias de capacitaciones, nivelaciones de conocimiento y un acompañamiento constante de especialistas en la transformación digital. Seguidamente se debe observar su evolución y mapear fortalezas y debilidades de la empresa y definir tareas puntuales a cumplir en el corto, mediano y largo plazo.

Ahora bien, se ha mencionado que la digitalización es inminente en la industria y que esta tiene impactos en los procesos y productos, por lo que se hace necesario exponer la serie de beneficios encontrados por profesionales de la industria que fueron entrevistados. Para empezar, es importante entender desde que área de la construcción se va a analizar pues de acuerdo de donde se mire se pueden encontrar más o menos beneficios. Por ejemplo, el producto para la cadena de suministro puede ser visto como la ficha técnica, especificación o material, el producto para el

diseñador puede ser visto como el diseño final, para el constructor será el proyecto finalizado y finalmente desde un punto de vista de procesos la materialización de entradas y salidas en cada fase son la clave que permite la conclusión exitosa del proyecto.

De manera general se encontró que mediante la digitalización de procesos se puede obtener beneficios tangibles como respuesta a la necesidad de información más acertada y confiable que permite eliminar supuestos y evitar mayor cantidad de imprevistos aumentando el nivel de confianza. Se profundiza en que con la digitalización se apunta a la disminución de errores y/o interferencias y la oportunidad de prever situaciones de obra que puedan ser solucionadas con anticipación, Así mismo, se combaten y mejoran problemas de comunicación enmarcando un entorno común de datos que facilita a los diferentes actores en contar con la información actualizada en cualquier momento y lugar, para que la toma de decisiones sea con la misma información para todos y a su vez se cuenta con mayor transparencia, velocidad y veracidad en la información del proyecto.

Continuando con los beneficios, la comunicación entre cada especialidad o entre diferentes interesados es realmente necesaria para el desarrollo con éxito de los proyectos y la digitalización define formas, líneas de trabajo unificadas para todos y una cultura que integra las necesidades de todos los actores generando mayor claridad y protagonismo de cada entregable en el desarrollo del trabajo de los demás interesados. En cuanto a la gestión y manejo de la información, con la adopción digital se fortalece aún más la comunicación y la forma de involucrar al cliente u otros actores, los cuales se hacen participe del desarrollo y obtienen comunicaciones con mayor agilidad, precisión y claridad por lo que la responsabilidad deja de estar enmarcada en un área, persona o producto y se convierte en responsabilidad de procesos. Con lo anterior se genera mayor conciencia frente a solicitudes o cambios y de acuerdo con un apartado de las entrevistas “Un cliente consiente e involucrado en los momentos indicados, además de entender los impactos de sus cambios y/o requerimientos, adquiere mayor objetividad y encuentra guía para sus líneas de negocio.”

En línea con lo anterior, otro beneficio encontrado y relacionado con la información obtenida del proyecto es que la digitalización trae una oportunidad en cuanto a la construcción de Bases de datos confiables a través de la correcta trazabilidad, lo cual enriquece a las compañías en diferentes aspectos como beneficios para la comercialización, conocimiento de lecciones aprendidas y toma de decisiones acertadas, todo esto debido a la confiabilidad de la información.

En definitiva, la digitalización de procesos puede llevarse a cabo a través de herramientas digitales que los intervienen en función de mejorar la productividad, garantizar una correcta comunicación entre interesados, mejorar el entendimiento de requisitos y procesos constructivos a implementar, mejoras en la planeación de proyectos y en la gestión de la información. Sin embargo, se resalta que para que se obtenga realmente un éxito en la transformación se debe garantizar procesos digitales en todo el ciclo de vida del proyecto y no fraccionado por etapas o fases, por lo que no existe una etapa más apta o adecuada que otra para la adopción de digitalización y de manera transversal desde la concepción y planeación hasta la etapa de operación

de un proyecto se debe estar alineado con los flujos de trabajo definidos para la adopción de digitalización. La inversión que se haga para migrar a procesos y productos digitales para el desarrollo de proyectos cobra su retorno al cerrar el ciclo en la etapa de operación, por ejemplo, de las entrevistas se obtuvieron las siguientes cifras que respaldan esta afirmación, “las cifras de ahorro por la digitalización son más altas en la operación con 70% mientras que en la construcción son de un 20% en la planificación un 10% y en los diseños 5%”.

A manera de ejemplo, uno de los entrevistados planteó una situación hipotética para explicar lo anterior, donde en el desarrollo de un proyecto se tiene un modelo 3D del proyecto y se implementan todas las herramientas y procesos digitales en la planeación y diseño del proyecto, Sin embargo, en la ejecución del proyecto en la obra no se cuenta con personal capacitado para leer el modelo, tampoco con procesos que encadene los procesos de etapas anteriores y se genera una brecha que termina por un lado alejando el desarrollo del proyecto a como fue planeado, y por otro lado genera un sobre costo en las primeras etapas que no cobra su retorno. Esto puede ser visto también como el fenómeno de fragmentación.

Hasta este punto se puede ver que la digitalización por lo menos desde la teoría presenta gran cantidad de beneficios para la industria, sin embargo, al pasar a la práctica, se puede observar en la industria a nivel nacional que los impactos aún no son tan contundentes debido a que aún se encuentra en un proceso de adopción, entendimiento y generación de capacidades, esto sumado con lo argumentado anteriormente que el proceso se ha llevado a cabo con desorden y falta de objetivos claros. Para iniciar, se puede hablar sobre los impactos positivos encontrados en la práctica, según los entrevistados, donde de lo que se ha hecho se ha alcanzado beneficios contundentes en materia de identificación de fallas que se tienen en los procesos, generación de conciencia en que, aunque la industria es rentable, esta rentabilidad pudo ser mayor y se ha logrado permear la resistencia al cambio principalmente los paradigmas de que por que ha funcionado siempre no existes mejores formas de hacerse y abriéndole la puerta a analizar desde la identificación de fallas cuales son realmente las mejores formas para actuar.

Así mismo, se puede relacionar otro impacto positivo que se ha tenido con el proceso de adopción tecnológica especialmente la implementación de metodología BIM, y es el manejo de interesados de los proyectos que se hace de manera más organizada y responsable permitiendo la delimitación de marcos de acción y de decisión que garantiza que cada actor o interesado realice su trabajo enmarcado en flujo que tiene centralizado el valor final del producto. Se define con mayor facilidad cual es la información necesaria para cada interesado y cual deberá ser la información producida y a quien deberá ser entregada minimizando las fricciones comunes entre diferentes actores (fragmentación) por desconocimiento de sus alcances.

Por otro lado, teniendo en cuenta los aportes generados por estos profesionales de la industria que fueron entrevistados y se encuentran inmersos en procesos de adopción digital, aunque los beneficios pueden ser muchos y aunque se habla de digitalización a nivel mundial hace un tiempo, se encuentran retos importantes a la hora de llevarse a cabo y todos los entrevistados coinciden al decir que un reto muy fuerte es la resistencia al cambio que hoy la industria tiene tan marcado pues una herramienta digital se aprende a utilizar y/o se encuentran empresas especializadas que se encargan de capacitar. Sin embargo, para las organizaciones se hace más

compleja la tarea de incorporar y definir claramente el uso de estas herramientas dentro de sus procesos y entre sus profesionales. Consecuentemente, se manifiesta que generar la cultura de trabajo, es un reto para las empresas que incursionan en esta área, pues el éxito de la implementación de cualquier metodología depende 100% de las personas que lo hacen y para garantizar su éxito se requiere tener apertura, destreza y capacidades para llevarlo a cabo, entendiendo que al principio cualquier proceso de implementación implica bajos índices de productividad mientras atraviesan la llamada curva de aprendizaje, y solo hasta superar esto se podrán comenzar a ver los verdaderos resultados. Es aquí donde la resistencia al cambio tiende a aumentar y se pierden esfuerzos al no encontrar los resultados esperados a la velocidad deseada.

Igualmente se encuentran otros retos importantes entre los que se resaltan el factor económico pues esta transformación implica inversiones con retornos lentos lo que hace que muchas empresas piensen antes de involucrarse. La falta de normas, lineamientos, directrices y un marco de referencia claro para la industria dificulta el proceso de digitalización pues cada empresa que se interesa en el tema empieza a su manera generando desorden a nivel de industria y ralentizando la materialización de resultados de forma masiva.

Estos retos corresponden a situaciones y experiencias vividas por profesionales de la industria en el proceso de digitalización, a los cuales se le han buscado estrategias adecuadas para superarlos. De esta forma la industria debe consolidar procesos exitosos que garanticen una adopción ordenada en donde además de los muchos beneficios mencionados anteriormente se debe enfocar los esfuerzos para construir entornos colaborativos de trabajo que permitan la participación asertiva de los interesados y aumenten la productividad en el desarrollo de proyectos. Este trabajo colaborativo sin duda se facilita con la implementación de metodologías o herramientas digitales, pues existe mayor apertura de varias áreas para trabajar por el mismo objetivo, además que estas metodologías requieren la participación de todos los involucrados para tener éxito. Así mismo, con el trabajo colaborativo facilita también la recopilación, trazabilidad y consulta de comentarios, alertas o interferencias resueltas, lo que genera un marco para la toma de decisiones tanto en obra como a nivel de empresa mucho más fácil rápido y confiable y esto se traduce en mejores resultados para la compañía. De acuerdo con la experiencia que han tenido los entrevistados, se encontró que “en las empresas se han identificado que los interesados de diferentes áreas admiten que esta nueva forma de trabajar con herramientas y metodologías digitales los obliga a tener mayor relación con otras áreas involucrando sus requerimientos y sus tareas.

Finalmente, se extrae que para los profesionales que han tenido la oportunidad de ejecutar proyectos tanto de manera tradicional como a través de metodologías digitales, es enriquecedor poder contar para el desarrollo de proyectos con las bondades que brinda la digitalización, por ejemplo, comparando los procesos y resultados se encuentra disminución en los problemas asociados a mala gestión documental, decisiones técnicas, mala planeación y falta de control que se tiene en un proyecto ejecutado de manera tradicional. Igualmente se encuentran procesos simplificados que permiten reducir los errores que sumado a que se tiene mayor cantidad de información y esta a su vez es mucho más acertada, clara y a la mano, se traduce en un conocimiento colectivo que garantiza mayor eficiencia y calidad. Por otro lado, se presentan mayor integración de sus procesos y de sus interesados, a diferencias de proyectos tradicionales donde es

común encontrar profesionales que no están informados de muchas cosas que pasan con el proyecto (fragmentación) por no contar con la información puntual y específica. También se identifica una mejor planeación pues se hace más fácil identificar errores de manera temprana, lo que brinda mayor campo de maniobra para planear soluciones y la calidad sin duda es mejor.

Sin embargo, se identifica un riesgo en la implementación de estas metodologías y es el desconocimiento de esta o la falta de preparación para su ejecución, pues cuando no se entiende cómo funciona se puede implementar mal o simplemente no utilizarse y convertirse en un gasto para la compañía y generador de reprocesos. Por lo que consecuentemente, los entrevistados que son profesionales de la industria y día a día se encuentran involucrados con los problemas existentes en el desarrollo de proyectos, coinciden en que a la fecha es muy difícil encontrar que en los proyectos se trabaje de manera colaborativa pues cada actor enfoca sus esfuerzos para alcanzar su propia meta independientemente de cómo sus acciones afectan a otros interesados

Todo esto impulsa que, como es de esperarse tanto las empresas de construcción como los clientes buscan la mayor rentabilidad posible de sus proyectos y la transformación digital se convierte en un factor determinante y un medio para alcanzarla ya que se presenta como una solución a problemas que hoy afectan el desempeño de los proyecto y además se trata de un proceso eficiente que aporta en la estandarización, reducción de perdidas, productividad, gestión adecuada de información mejoras en la calidad y mayor competitividad de la industria. A continuación, se presenta de manera resumida los principales hallazgos encontrados en este capítulo, y se identifican oportunidades de mejora que justifican el objetivo final de esta investigación en cuanto a la estructuración de una estrategia a recomendar para la implementación de la transformación digital en la construcción con el fin de disminuir la fragmentación de procesos.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS			
Categoría de Análisis	Hallazgos Encuestas	Hallazgos Entrevistas	Justificación/ Oportunidades de mejora
<p>Fragmentación en la industria de la Construcción. Problemas y Causas</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 52% de los encuestados no conoce el concepto de fragmentación. * 93% de los encuestados considera necesaria la participación de diferentes especialidades, Sin embargo 86% de los encuestados considera que trabajan de manera aislada. * 81 % de los encuestados cree que los diferentes interesados busca satisfacer sus propios intereses. * 86% de los encuestados considera que las relaciones entre interesados son fragiles y dificiles de coordinar. * 69% de los encuestados ve importante involucrar a los clientes en todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Sin embargo, 26% lo ve solo relevante en etapas de planeación y ejecución mientras que el 5% restante solo ve relevancia de su participación en fases de diseño y planeación financiera. * En cuanto a la gestión de la información el 55% de los encuestados considera que en los proyectos se comparte la infromación solo por solicitud. Mientras que el 21% considera que existe una estructura de gestión de la infromación construida desde el inicio del proyecto y el otro 21 % considera que la información siempre es transversal en los proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> * La fragmentación es vista como una problemática inherente en la industria de la construcción, donde resalta la falta de armonía entre actores y la normalización y aceptación de malas prácticas. * La falta de claridad en los procesos, problemas culturales, y gestión de la información. Son las causas mayormente identificadas * En el desarrollo de proyectos se trabaja como Islas, enfocandose en metas individuales por cada actor. * Se desataca la resistencia al cambio como un factor para normalizar malas practicas. * Hace falta difundir asertivamente los impactos negativos que tiene la fragmentación. Pues esta infromación se queda solo en direcciones y lideres * La productividad de la industria se ve comprometida por problemas de comunicación y flujos discontinuos de trabajo. * Se identifican fallas en la estrategia de comunicación y gestión de la infromación, y se requieren acciones desde las direcciones para involucrar a todos los actores. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se requiere un análisis y conocimiento profundo del funcionaminto y composición de la empresa, que permita identificar problemas existentes y sus causas, específicamente los relacionados con la fragmnetación. * Recopilar cuales son las debilidades y oportunidades de mejora que podran ser intervenidas con la transformación digital. * Conocer el estado actual de las empresas frente a las variables: tendencias, procesos criticos, puntos de fricción, entre otros. * Es necesario unificar y difundir al interior de la empresa, cuales son los objetivos, los flujos de trabajo y los procesos que articulan los proyectos. * Es relevante pensar en adopcion de herramientas que contrinuyan a una mejora en la gestión de información, comunicación e integración de especialistas y actores.
<p>Digitalización en la industria de la construcción</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 100% de los encuestados considera que la transformación difital puede aportar significativamente a la industria * 98% de los encuestados consideran que el trabajo colaborativo se facilita con plataformas digitales. * 76% de los encuestados creen que los beneficios principales de la digitalización estarían en la mayor productividad y calidad de entregables. * 86% de los encuestados piensan que la digitalización debe ser implementada en todas las fases del proyecto y no solo en algunas. 	<ul style="list-style-type: none"> * La digitalización se considera una necesidad para la industriapara mejorar productividad y eficiencia. * Se destaca que la digitalización contribuye en mayor integración y eficiencia. Así mismo mejora en productividad de proyectos y mejoras en la gestión de información mas acertada y confiable. * La digitalización permite adelantarse a imprevistos gestionando soluciones antes de que se materialicen. * Se identifican barreras como la informalidad en su implementación y falta de claridad en procesos. * Se reconocen desafios para su implementación como la resistencia al cambio, la falta de normas y barreras económicas. * Para combatir la resistencia al cambio se requiere capacitación adecuada y adaptación en las empresas. * Se considera necesario unificar estandares, normativas y estrategias para una transformación exitosa 	<ul style="list-style-type: none"> * Los resultados sugieren la adopción de herramientas digitales en el desarrollo de proyectos. Aunque es indispensable una estructura y orden para garantizar su éxito * Se requiere unificar el estado de conocimiento fortaleciendo las competencias de los trabajadores y preparandolos para la adopción de nuevas formas de trabajo. * Cualquier estrategia implementada requiere de seguimiento constante para conocer su eficiencia

Imagen 15. Resumen Resultados trabajo de Campo

9 Discusión

La presente investigación ha permitido confirmar que la fragmentación es una problemática existente en el desarrollo de proyectos en la industria de la construcción y aunque se reconoce sus impactos, muchas prácticas que generan esta problemática se han convertido en habituales por lo que continúan afectado la industria. Durante años se han buscado estrategias para combatirla sin llegar a erradicarla, sin embargo, los avances tecnológicos han traído consigo metodologías y herramientas que permiten que la transformación digital aporte de manera significativa a la solución de este problema. Lo anterior sugiere que con la transformación digital se busque implementar procesos de cambio en las organizaciones orientadas en el uso de la tecnología para facilitar los procesos, mejorar la comunicación, aumentar el trabajo colaborativo y disminuir reprocesos; permitiendo la estrategia de transformación digital en una empresa de construcción disminuir los problemas asociados a la fragmentación de procesos, lo cual fue contrastado entre la literatura y los resultados obtenidos.

Es relevante comenzar hablando sobre la fragmentación de procesos en la industria de la construcción, en donde los resultados de la investigación permiten concluir que este fenómeno existe en la industria desde hace mucho tiempo, pues la industria se caracteriza por tener procesos rígidos y ausencia de engranaje entre diferentes actores que intervienen a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. La revisión de literatura muestra estudios relevantes sobre este tema desde hace más de dos décadas lo que permite confirmar que no se trata de una problemática reciente.

En las entrevistas se resalta que el desarrollo de proyectos de construcción en Colombia no se encuentra articulado entre actores y los interesados trabajan como islas separadas, evidenciando problemas debido a egos, intereses particulares y pretensiones diferentes. Así mismo, se identificó que, los profesionales se hacen conscientes de la existencia de estos problemas que son los causantes de la fragmentación en la industria, solo después de haber tenido una experiencia significativa en el desarrollo de proyectos. Por su parte, en el estado del arte se identificaron autores que refuerzan estos hallazgos, como [16] quien afirmó que los proyectos de construcción son afrontados como una serie de operaciones secuenciales y en gran medida separadas las unas de las otras, sin enfocarse en el éxito a largo plazo del proyecto, si no en su actividad particular. También [15] resaltan que la fragmentación en los procesos es la principal causa de los problemas de productividad y eficiencia y que esta es causada por la característica de proyectos multidisciplinarios y la falta de armonía entre sus actores.

Por otro lado, se encontró en las entrevistas que las causas del fenómeno de fragmentación pueden agruparse en 3 categorías: la falta de claridad en los procesos, la cultura de la industria y gestión de la información y/o comunicación. Esto trae como resultado que los intereses que tiene la industria de la construcción muchas veces no están alineados con los intereses de los clientes, lo cual también fue presentado en el estado del arte al encontrar que [24] analizó la existencia de esta desconexión entre la industria y los clientes, y estableció como factores causantes la resistencia al cambio, industria poco colaborativa, limitaciones en la participación del cliente, falencias en la planeación entre otros.

Como consecuencia, [24] afirmó que el fenómeno de fragmentación se presenta con mayor frecuencia debido a que hay falencias en el liderazgo, toma de decisión y conciencia sobre el tema. Lo anterior, también coincide con los resultados obtenidos en el trabajo de campo donde se argumentó que, aunque quizás las áreas de gerencia puedan ser conscientes de la problemática al tener una mirada más global, no hay un mecanismo de transmitir esto a las demás áreas y por ejemplo diseñadores, especialistas técnicos, subcontratistas, maestros y obreros, permanecen trabajando de manera individual.

Ahora bien, comprendiendo los problemas asociados a la fragmentación de procesos, se puede ahondar en la digitalización de la industria como posible solución a estos problemas. Para iniciar se encontró en las entrevistas y encuestas realizadas una tendencia a identificar la digitalización con la implementación de la metodología BIM, lo cual tiene una estrecha relación con que en la revisión de literatura se encontró gran cantidad de información de diferentes autores que relaciona la metodología BIM sus definiciones y diferentes aplicaciones.

Los profesionales encuestados y entrevistados indican que esta metodología es la entrada al mundo de la digitalización en la industria de la construcción y todos son conocedores de la amplia gama de beneficios que tiene la transformación digital, entre ellos la disminución e identificación temprana de errores, para actuar antes de que estos sucedan, además de que permite mayor asertividad en la toma de decisiones. En esa misma línea, se ha encontrado en la literatura que en la implementación de la metodología BIM, se logra hacer una identificación temprana de incompatibilidades constructivas debido al mejor entendimiento de planos y visualización de modelos 3D [27]. Por su parte, [29] encontraron que BIM permite mejoras en la planificación de obras, reducción en la pérdida de tiempo, costo y problemas en la ejecución debido a la posibilidad de corregir anticipadamente problemas de lógica de programación, secuencias o interferencias. También, [28] planteó como beneficio principal la optimización de tiempos y costos debido a mayor coordinación entre todos los interesados del proyecto y una adecuada gestión de la información técnica y económica.

La revisión de literatura y los hallazgos de las herramientas de investigación utilizadas coinciden en que la transformación digital debe darse de forma transversal en todos los procesos y fases de la construcción, como lo menciona [35] que un grado de adopción tecnológica en todas las fases y procesos de construcción generan grandes beneficios en los procesos de construcción. Así mismo la investigación y trabajo de campo permite concluir que, la adopción de digitalización tiene que abordar toda la cadena de valor y debe ser transversal durante todo el ciclo de vida del proyecto, alimentando cada fase desde el inicio hasta el final de lo contrario puede generar mayor cantidad de inconvenientes y reprocesos. De esta forma se garantiza que la transformación digital tenga impactos tanto en los desarrolladores de proyectos, como en los clientes y consumidores finales, permitiendo la integración y mejorando la armonía de todos los interesados.

Lo anterior se ve argumentado en los resultados al afirmar que en la digitalización se definen formas de trabajo unificadas para todos y una cultura que integra las necesidades de los actores generando mayor claridad y protagonismo de cada entregable propio en el desarrollo del trabajo de los demás interesados. Como consecuencia, se delimitan los campos de acción de cada uno y se garantiza que realicen su trabajo centralizando el valor final del producto. Así mismo,

[36] destaca que la implementación de herramientas digitales generan relaciones mas fuertes entre los actores y oportunidades para desarrollar un ecosistema digital que permite a las empresas gestionar, controlar y regular el ciclo de vida completo de un proyecto de construcción.

Al analizar de forma transversal los procesos en la construcción, aparece la comunicación como herramienta clave, y los resultados nos muestran que con la adopción tecnológica se puede ver fortalecida y aportaría en los esfuerzos de involucrar al cliente y los diferentes interesados, generando impacto positivo a los argumentos de [14] que indican que una comunicación fragmentada entre interesados genera pérdidas de eficiencia. Así pues, se evidencia en el estudio que comunicaciones más efectivas, ágiles, precisas y claras, permiten minimizar las fricciones comunes entre diferentes actores (fragmentación) por desconocimiento de sus alcances.

Todo esto se ve complementado en la revisión de literatura donde se encontró gran cantidad de ejemplos y casos de éxito de la transformación digital en la industria y de los cuales se presentan aportes como el de [29] quienes argumentan que la tecnología BIM y Construcción Virtual representan poderosas herramientas a nivel gerencial para un mejor control en las obras, reflejado en aumento de la calidad, coordinación y eficiencia en el diseño. Así mismo, [33] expresa que la digitalización se está convirtiendo en un factor determinante y una herramienta que brinda mayor eficiencia, velocidad y productividad para diferentes industrias. También [34] expresaron que la transformación digital promete cambiar la forma en que se diseñan, ejecutan y operan los proyectos de construcción.

Por su parte los hallazgos encontrados en el trabajo de campo continúan complementando esto, pues se resaltó que un proceso exitoso de transformación digital en la industria brindará procesos más eficientes con los que se desarrollará proyectos con mayor velocidad y productividad. Por ejemplo, como lo indico uno de los entrevistados, Muchos procesos de digitalización apuntan a mejorar los problemas identificados en los procesos y se debe empezar buscando soluciones a temas puntuales y posteriormente expandirse a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Ahora bien, aunque se encuentran puntos de conexión y congruencia entre los resultados de la investigación y la teoría encontrada en la revisión de literatura, se han encontrado algunas limitaciones en el estudio que pueden ser barreras a la hora de implementar estrategias de transformación digital en empresas de construcción con el fin de disminuir los problemas asociados a la fragmentación de procesos. Por ejemplo, aunque la información académica muestra gran cantidad de casos de éxito en la implementación y se identifica que a nivel mundial hay países con alta madurez en la transformación digital de sus procesos. La experiencia de los profesionales locales expresada en las entrevistas indica que la industria se encuentra apenas en proceso de preparación para el camino de la digitalización, pues todavía falta mucha claridad sobre su alcance, impactos y riesgos, por lo que deben ser explorados y gestionados para garantizar el éxito en su implementación

Visto desde otro punto, aunque en el ámbito local la industria ya inicio el proceso de transformación, con algunas empresas interesadas en el uso de herramientas digitales, metodologías basadas en la tecnología y también con el inicio de creación de políticas gremiales

enfocadas en este sentido. Los entrevistados argumentan que en la industria colombiana se presenta desorden en la implementación de la transformación digital en unos casos por la falta lineamientos internos y externos y en otros casos por que empresas han migrado solo por estar en la moda de lo digital, desconociendo las herramientas y por lo tanto desaprovechando sus beneficios. Se reconoce entonces la necesidad de buenas prácticas para una exitosa implementación en la cual todavía se identifican brechas y falta de alineación en la industria.

Entonces, si bien en la literatura se hace un gran énfasis en los resultados positivos que se obtienen con la digitalización de la industria de los cuales por ejemplo se mencionan los encontrados por [35], que incluyen: mejora de calidad de procesos y productos, optimización de costos, aumento en la velocidad de trabajo, satisfacción de los clientes, mayor capacidad de respuesta, mayor productividad, y mejor calidad en información y eficiencia en los procesos. La industria local enfrenta una realidad diferente en donde al pasar a la práctica, los impactos aún no son tan contundentes debido a que aún se encuentra en un proceso de adopción, entendimiento y generación de capacidades.

Otra barrera que se encuentra está relacionada con la cultura de la industria, por un lado, aunque se tiene evidencia tanto a nivel global como local y se encuentra soportada en el estado del arte y argumentada por las entrevistas realizadas, sobre los beneficios que la digitalización de la industria, la resistencia al cambio se convierte en una barrera para su debida implementación. Por otro lado, A pesar de los beneficios de la digitalización de la construcción conocidos a nivel local, se encuentra una falta de cultura, donde se evidencia la importancia por parte de los entrevistados de que sea enseñada desde etapas tempranas de educación de los profesionales, para que generen mayor cercanía con las herramientas digitales. Como lo exponen, [31] al argumentar que aunque la implementación de estas metodologías, como BIM, ha transformado positivamente la forma de afrontar proyectos, se requiere mayor propagación y educación sobre los beneficios que esto brinda desde etapas de formación de los profesionales, lo que permitirá una mayor cercanía y consciencia de los estudiantes con la realidad de la transformación digital. Esto podría permitir en el futuro una menor resistencia y mayor claridad por parte de los profesionales, facilitando su implementación.

En definitiva, los temas tratados tienen muchos puntos de encuentro en los que se evidencian además de oportunidades de mejora, avances que permiten generar nuevas formas de trabajo, nuevas formas de combatir los problemas existentes, mejorar los resultados de la industria con procesos más limpios, definidos y de entendimiento para todos los interesados. Por esto, se hace necesario entonces que la transformación digital siga un proceso para su adecuada adopción en las empresas que garantice su éxito y continuidad en la industria, este proceso debe iniciar con una fase de conocimiento y entendimiento de la realidad de las diferentes empresas y posteriormente una fase de implementación, seguimiento y control que se ira desarrollando de acuerdo con necesidades puntuales de cada empresa. Con esto se logrará alcanzar el éxito esperado y que como se definido en el estado del arte ha sido alcanzado en otros países y se logrará impactar los procesos que hoy se encuentran afectados por problemas asociados a la fragmentación.

Por último, cabe mencionar cuales pueden ser las futuras direcciones de investigación, entendiendo además de los aportes positivos que esta trae, las limitaciones encontradas. Lo primero será definir cuáles son las limitaciones encontradas con mayor frecuencia en el proceso de

implementación como el propuesto y teniendo en cuenta las diferentes formas en que han sido superadas, definir una estrategia para reducir reprocesos y alcanzar con mayor eficiencia los resultados inicialmente esperados. Para esto, es importante poner a prueba las recomendaciones que son descritas en el siguiente capítulo, en diferentes empresas locales desde pequeñas hasta grandes, con el fin de encontrar cuales son los puntos fuertes de estas recomendaciones y cuáles de estas presentan como oportunidades de mejora. Por ejemplo, se puede hacer un seguimiento a las empresas que decidan acoger este proceso de transformación digital, enfocado en resultados y formas de gestionar barreras como, resistencia al cambio, limitaciones de conocimiento, limitaciones presupuestales, definición de procesos de planeación y herramientas digitales seleccionadas, entre otros.

Otra posible futura dirección de esta investigación sería que a partir de los resultados encontrados con la implementación de estas recomendaciones se analicen y definan nuevos lineamientos y buenas prácticas de gestión de proyectos que puedan ser implementados con proyectos desarrollados a través del uso de la digitalización en la industria.

10 Estrategia de implementación de Transformación Digital en la Construcción

La presente investigación se enfocó en conocer y entender los beneficios que brinda la transformación digital y que pueden ser aplicados en una industria como la construcción enfocando los esfuerzos para disminuir los problemas asociados a la fragmentación de procesos. En este contexto, la transformación digital ha demostrado ser una importante herramienta para solucionar problemas presentes en la industria, permitiendo la integración de procesos, mejora en la comunicación, acceso a la información en tiempo real y gestión de diferentes actores trabajando de maneras más eficientes y alcanzando mayor productividad.

Se encontraron avances en la industria encaminados hacia la transformación digital, sin embargo, en el ámbito local, se evidenció con los resultados que, aunque aún se encuentra en sus inicios con una adopción baja, todavía hace falta estrategias a nivel de empresas que sean claras y que permitan guiarlas en un proceso coherente y sostenible que pueda alinearse con marcos estratégicos de asociaciones gremiales de la industria. Dado esto se define una estrategia para ser implementada al interior de cada empresa que desee iniciar este recorrido, buscando establecer un camino ordenado para la transformación digital, asegurando que los beneficios obtenidos sean aprovechados para resolver problemas de fragmentación existentes. Se espera un impacto positivo en puntos clave de mejora que fueron identificados en los hallazgos de la investigación, lo cual, presentaría impactos en el desarrollo de diferentes procesos y el que hacer de diferentes áreas de la empresa.



Imagen 16. Impactos esperados con la transformación digital. Fuente: Autoría Propia.

Se identifican factores generales como retroalimentar y mejorar el cambio cultural de la empresa, vencer la resistencia al cambio, implementar metodologías de divulgación a todas las áreas y enfocar los esfuerzos en el producto final; los cuales aparecen de manera transversal fortaleciendo el proceso, por lo que es clave tenerlos como referencia con el fin de implementar la estrategia con intenciones definidas a las que se les pueda realizar seguimiento constante, control y medición durante el proceso.

En este proceso se debe tener claro que las empresas van a enfrentar retos importantes, cambios, situaciones desconocidas, criterios contradictorios entre muchas variables que acompañan la exploración de formas diferentes de desarrollar proyectos. Sin embargo, al contar con una estrategia clara y definida que se integre con la cultura organizacional, es decir, el sistema de valores, creencias, formas de interacción y relaciones típica de una organización [42], podrán implementar estas herramientas de forma más eficiente, mitigando los riesgos asociados al cambio y optimizando los recursos invertidos, por lo que la estrategia será una guía en el camino de alinear las estrategias de las empresas y los estándares gremiales que buscan una industria más digitalizada.

A continuación, se presenta gráficamente el recorrido planteado que enmarca la estrategia de transformación digital estructurada en este trabajo y que servirá a las empresas de construcción.



Imagen 17. Un recorrido hacia la transformación Digital. Fuente: Autoría Propia.

Las fases descritas estructuran una estrategia ordenada y clara que propone una guía de acciones que comienza con trabajos al interior de la compañía antes de seleccionar, implementar y obtener resultados. Estas fases fueron seleccionadas y construidas para conectar explícitamente los resultados obtenidos y probar las justificaciones encontradas en la tabla *Imagen 15. Resumen Resultados trabajo de Campo* por lo que cada una se encuentra alineada con el objetivo final y busca dar una ruta a las empresas para iniciar un proceso de transformación digital que sea sostenible.

10.1 Fase 1 Autodiagnóstico

Los problemas de fragmentación en la industria de la construcción generalmente han sido adaptados como acciones y practicas comunes en el desarrollo de proyectos, por esta razón se evidencia que para poder solucionar estos problemas en primea instancia se necesita conocer cómo funciona la empresa, cuáles son sus fortalezas y debilidades, donde se presentan los problemas existentes. Esto se realizará a través del autodiagnóstico.

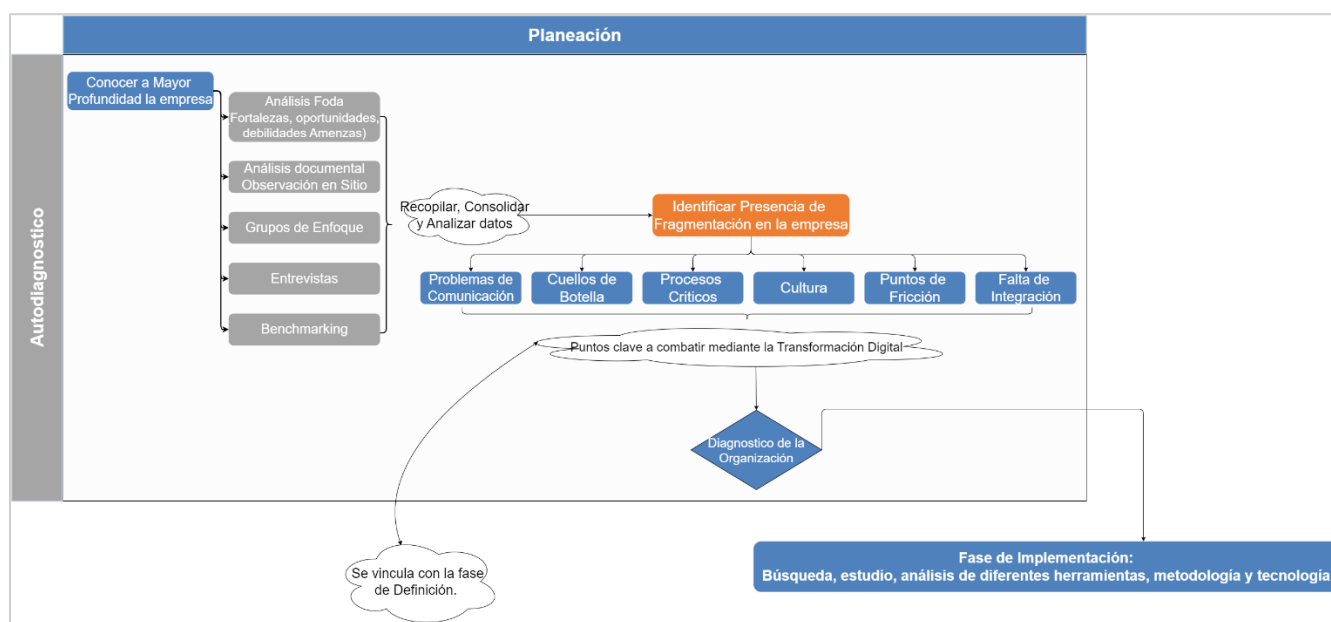


Imagen 18. Esquema Fase Autodiagnóstico. Fuente: Autoría Propia.

Autodiagnóstico de la empresa: Realizar diagnósticos en las organizaciones es indispensable para intervenir en sus procesos y lograr implantar estrategias y su seguimiento para efectos de evaluación y control [43]. En esta ocasión, se considera de gran importancia conocer a mayor profundidad la empresa: cómo está compuesta, cómo funciona y opera, cuáles son sus nichos de acción, tipologías de proyectos que desarrolla, cuáles son sus objetivos (misión y visión), políticas organizacionales, procesos de gestión, manejo de personal, estado de infraestructura organizacional, entre otras variables importantes que ayuden a definir la empresa y así entender como su funcionamiento actual termina definiendo procesos fragmentados que posteriormente puedan ser intervenidos mediante la transformación digital . Cada empresa es diferente en todas estas variables, con diferentes objetivos y formas de trabajar, por lo que es posible encontrar múltiples y diferentes resultados. Sin embargo, para este proceso de autodiagnóstico propuesto, se tienen en cuenta las conclusiones obtenidas por [44] y practicas analizadas por [45] con las cuales

se construye las siguientes etapas y estrategias para conseguir recopilar información importante y posteriormente orientar la transformación digital de manera exitosa para alcanzar nuestro objetivo trazado. A continuación, se mencionan las etapas propuestas:

Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas): Inicialmente, se propone realizar un análisis de este tipo específicamente para identificar a grandes rasgos las fortalezas y debilidades que tiene la empresa en términos de fragmentación de procesos. Así mismo se busca identificar oportunidades y amenazas que podrían surgir al implementar la transformación digital. Conocer lo anterior desde el principio es de utilidad a la hora de mejorar procesos organizacionales [46].

Análisis Documental y observación en el sitio de trabajo: Teniendo en cuenta la experiencia analizada de los diferentes entrevistados en el trabajo de campo, se valora de manera positiva la importancia de conocer internamente la forma de operar de la empresa para así destacar puntos de mejora o posibles cambios, por esto se propone realizar jornadas de trabajo en la cual se revise la documentación existente de la empresa relacionada con: manuales de operación, procesos, organigramas, políticas internas, informes de proyectos anteriores entre otra información que permita conocer desde la teoría como está estructurada la empresa. Posteriormente, esta información deberá ser contrastada con seguimiento en sitio de las formas de trabajar y como se llevan a cabo los procesos en la práctica. Esto podrá mostrar con mayor claridad la realidad operativa frente a lo planificado y sus posibles falencias que impacten el desarrollo de proyectos.

Trabajo con grupos de enfoque: Los grupos focales son una técnica de recolección de datos mediante una discusión grupal que gira alrededor de una temática propuesta con preguntas orientadoras que tienen un objetivo específico [47]. Es importante entonces organizar grupos de enfoque con equipos específicos de la empresa, para discutir sobre la identificación de problemas asociados a la fragmentación, posibles causas y soluciones. [47] indican que el propósito principal del grupo focal es hacer que surjan actitudes, creencias, experiencias y reacciones entre los participantes y sobre todo obtener diferentes miradas y procesos emocionales dentro del contexto del grupo. Dicho lo anterior, se recomienda una estructura donde se propone iniciar con la presentación específica de los temas a tratar y el propósito del trabajo con el grupo de enfoque, posteriormente se deberá plantear una discusión enfocada en los problemas asociados a la fragmentación, la cual se propone sea orientada con las siguientes preguntas (se propone una base que deberá ser complementada de acuerdo a las intenciones de cada empresa): ¿Cuáles son los principales desafíos que se enfrenta en el desarrollo de proyecto?, ¿Como se describe la comunicación entre sus propios equipos y otras áreas?, ¿Qué cambios se proponen para mejorar la coordinación y colaboración entre diferentes áreas? Esta y muchas otras preguntas orientadoras podrán enmarcar la discusión que brindará información valiosa para identificar los problemas de fragmentación. Finalmente se puede concluir la discusión abierta con la identificación de soluciones, en donde se puede abordar y enfocar el tema de la transformación digital, buscando cuales serían las herramientas o tecnologías que se consideran de mayor ayuda para reducir estos problemas de fragmentación, o cuales son las acciones que podrían promover una cultura colaborativa y mayor integración de procesos.

Entrevistas: A diferencia del grupo de enfoque que nos aporta las experiencias de los interesados, la entrevista nos permite conocer opiniones específicas y la percepción personal del entrevistado [47]. Para esto se propone incluir empleados de la empresa de diferentes niveles jerárquicos y áreas a los cuales se les consultará sobre la existencia del fenómeno de fragmentación en sus procesos, el trabajo colaborativo, tecnología existente, capacitación del personal, cultura organizacional etc. Lo anterior puede hacerse diseñando entrevistas específicas relacionadas con factores que permita determinar la madurez de la empresa en los temas específicos del interés de esta investigación. Para esto, en este trabajo se propone un formato de entrevista (ver en anexos el número 3) que puede ser utilizado de manera general y que no es excluyente para ser modificado de acuerdo con las pretensiones en cada compañía.

Benchmarking: Se encontraron estudios que destacan esta práctica en la industria de la construcción, definiendo que el objetivo del benchmarking en la industria es medir la competencia y eficiencia de un proyecto o empresa en comparación con procesos similares, otros proyectos u otras empresas, [48]. Por esto, se recomienda hacer un análisis comparativo con otras empresas del sector que posiblemente hayan incursionado o estén incursionando en el proceso de transformación digital y disminución de problemas asociados a la fragmentación. Lo anterior con el fin de identificar las mejores prácticas y las lecciones aprendidas que puedan ser aplicadas según los intereses particulares.

Una vez recopilada y consolidada la información anterior, mediante un análisis de los datos obtenidos, se podrá identificar el estado actual de la empresa frente a las variables de estudio, cuáles son las tendencias, áreas y procesos críticos, patrones y demás acciones que requieren mayor atención por el impacto potencial o real que pueden generar a partir de los puntos de fricción o cuellos de botella que no permiten el adecuado engranaje entre los diferentes actores y que además puedan ser combatidos mediante la transformación digital. Lo anterior es una propuesta que se deja con este trabajo, sin embargo, cada organización es libre de adaptar estas etapas de acuerdo con sus requerimientos puntuales.

10.2 Fase 2 Definición

Los resultados obtenidos con esta investigación refuerzan que la transformación digital necesita cambiar, rediseñar o redefinir nuevas formas de trabajar y sus flujos asociados, con el fin de alcanzar mayor integración de las diferentes áreas de trabajo dentro de una organización. Por esto, una vez se tiene un diagnóstico claro de la organización es relevante definir los nuevos objetivos encaminados en la transformación digital y trazar metas o puntos a donde se quiere llegar con este proceso.

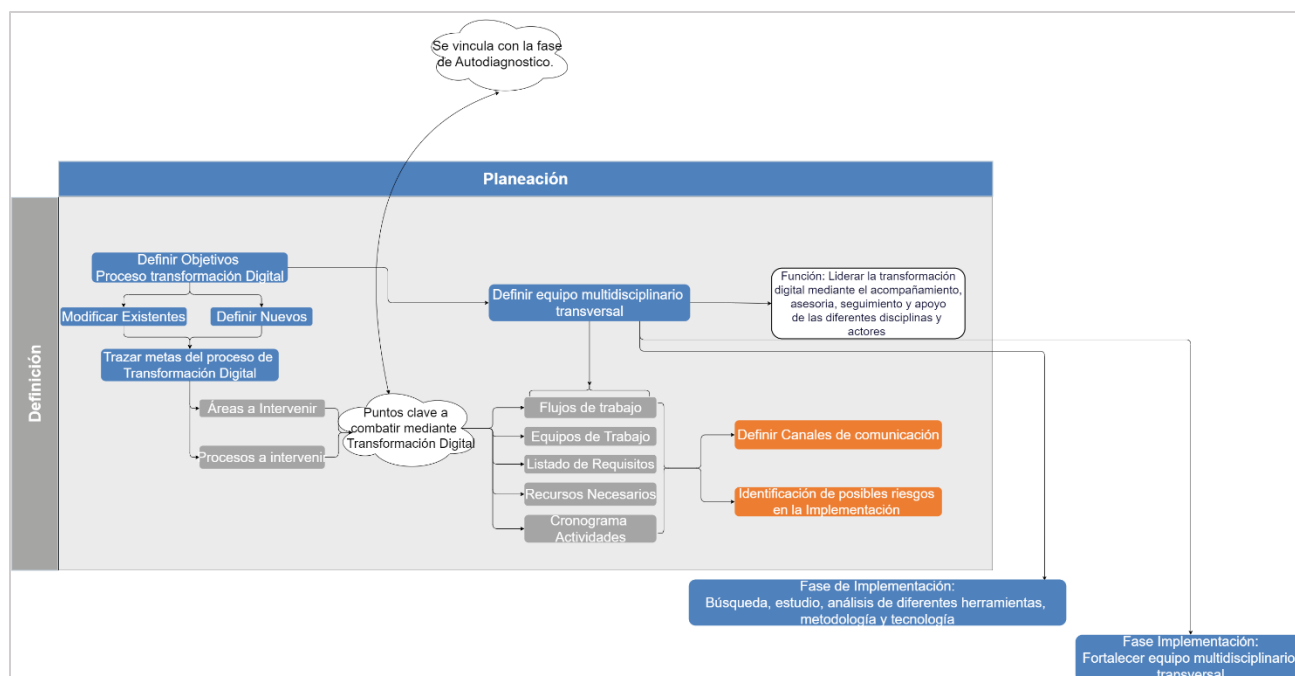


Imagen 19. Esquema Fase Definición. Fuente: Autoría Propia.

Definición de objetivos del proceso de transformación digital: Este paso es donde se establecerá los objetivos específicos que se quieren alcanzar y se definirá con esto cuáles serán las áreas y procesos impactados con la transformación digital. Se deben alinear estos objetivos con los objetivos de largo plazo de la organización.

Una vez los objetivos sean establecidos, se recomienda **crear un flujo de trabajo** que será el mecanismo mediante el cual se basará la ejecución de actividades que generen valor en el proceso de transformación digital y permita alcanzar los objetivos trazados. Con esto se busca identificar los pasos necesarios para llevar a cabo la transformación digital en cada área y/o proceso y como serán las interacciones entre estos. Deberá incluir información de entrada, procesos, equipos de trabajo responsables, roles, secuencias e información de salida. Es recomendable complementar esta información con un cronograma de las actividades, sus vinculaciones, orden y metas de cumplimiento.

Se contempla que con la creación de flujos de trabajo se incluye la implementación de metodologías o procesos de integración y articulación entre los diferentes actores que permita una relación armónica y evite el trabajo fraccionado mediante una comunicación fluida y colaboración efectiva.

Posteriormente, se considera importante construir equipos de trabajo teniendo en cuenta las capacidades y objetivos mapeados. Para ello se vuelve relevante **establecer un equipo multidisciplinario y transversal** con experiencia en herramientas digitales, gestión y desarrollo de proyectos. Este equipo será el encargado de liderar y ejecutar la transformación digital mediante

el acompañamiento, asesoría, seguimiento y apoyo de las demás especialidades y actores en cuanto a la implementación digital en los procesos de la empresa.

A continuación, se deberá mapear y construir un listado de los requisitos mínimos requeridos para garantizar un proceso de transformación digital exitoso acompañado de cómo se involucra cada actor para el cumplimiento de estos, también en este punto se debe detallar claramente los recursos necesarios para dar cumplimiento de manera efectiva.

Luego de esto, es crucial **definir canales de comunicación** efectivos que permita a todos los involucrados estar informados y alineados, esto incluye la comunicación interna dentro del equipo definido de transformación digital, como la comunicación externa con otras áreas clientes y proveedores. También es importante y necesario **gestionar la información**, para lo cual se debe definir una herramienta que deberá ser de conocimiento de todos los interesados incluido el cliente y deberá estar a cargo de un área específica que tenga las competencias digitales requeridas para su operación y mantenimiento.

Finalmente, es relevante **identificar cuáles son los riesgos** latentes que puedan entorpecer el camino, incluyendo riesgos tecnológicos, organizacionales y humanos. Una vez identificado, se deben generar accionables oportunos que logren mitigar los impactos.

10.3 Fase 3 implementación:

Se encontró alto nivel de aceptación sobre la digitalización en la industria de la construcción por lo que se entiende que los profesionales en la industria están dispuestos a adoptar nuevas herramientas digitales en sus procesos, Sin embargo, esta fase de la estrategia busca estructurar su implementación para las diferentes fases del proyecto, alcanzando un orden y claridad de cómo hacerlo.

En esta fase es donde se comienza a ver materializado la transformación digital mediante herramientas tecnológicas que buscan aportar en la generación de impactos positivos respaldados por los hallazgos encontrados y a su vez buscan satisfacer la necesidad de solucionar problemáticas en la industria. En este punto debe haber una conexión completa con los resultados obtenidos pues la implementación de la transformación digital debe garantizar su objetivo trazado y brindar beneficios esperados.

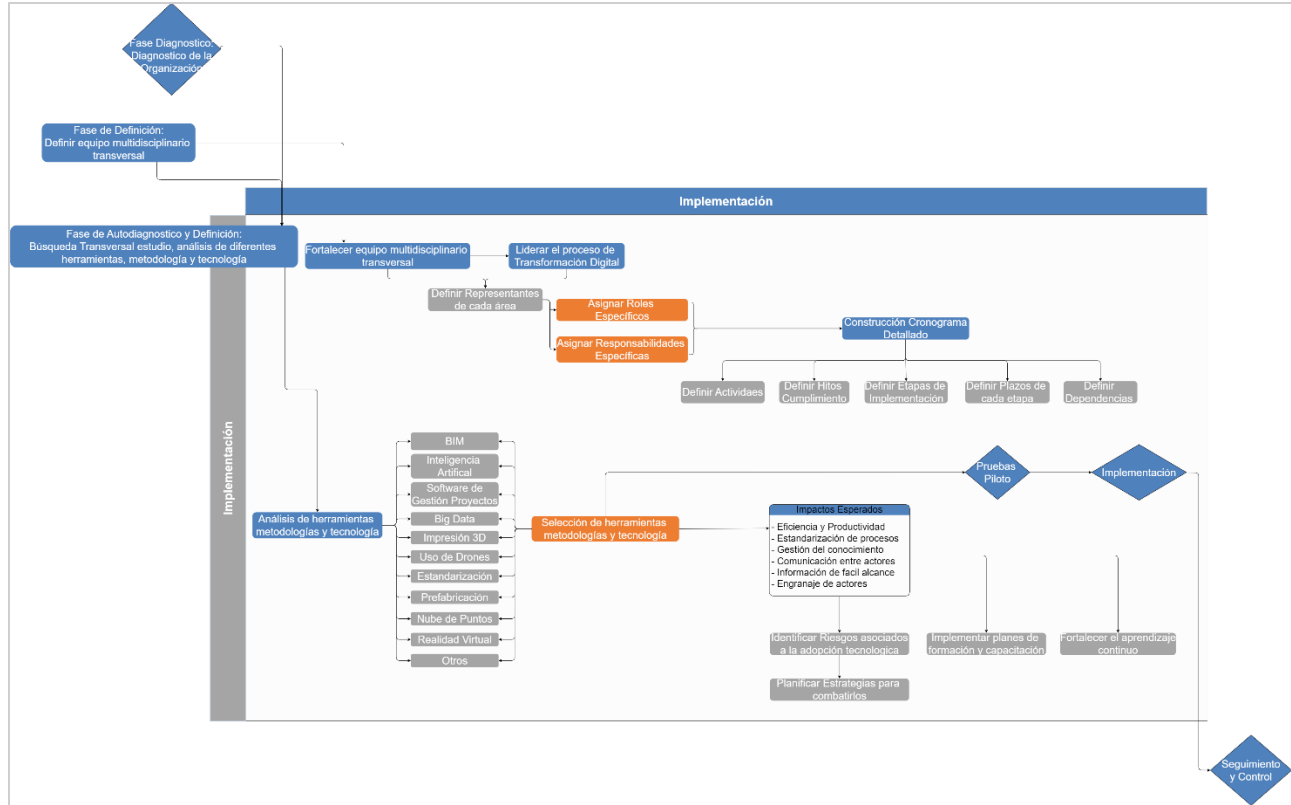


Imagen 20. Esquema Fase Implementación. Fuente: Autoría Propia.

Hasta este punto, se puede obtener un proceso de preparación inicial y planeación de proyectos para involucrarse de manera correcta en la transformación digital, pues se busca de manera organizada definir los caminos que cada empresa debe tomar de acuerdo con sus pretensiones en el tema. Se considera significativo que de manera paralela hasta este punto exista en cabeza de un líder de transformación digital un proceso de búsqueda, estudio y análisis de diferentes herramientas, metodologías y tecnología que estén alineadas con la visión de la compañía y hallazgos del autodiagnóstico. Visualizar esto con anterioridad evitará reprocesos, definirá un camino seguro para alcanzar el objetivo de transformación digital, los costos de ejecución serán optimizados y se garantizará mayor seguridad a la hora de continuar con el proceso, evitando pérdida de recursos que suelen darse por la falta de diagnóstico y definición.

Todas las recomendaciones y actividades para involucrar durante el proceso de implementación de la estrategia de digitalización deben estar enmarcados en lineamientos claros que apunten al cumplimiento, por esto se propone empezar con fortalecer el equipo multifuncional y transversal establecido en la etapa anterior, que estará a cargo de liderar el proceso de implementación y en el cual se tendrá participación de un representante de cada área involucrada, a los cuales se le deberán asignar roles y responsabilidades específicas asegurando un trabajo colaborativo. Para esto se deberá definir previamente cuales son las áreas llamadas a apadrinar el proceso de implementación y garantizar que los representantes seleccionados tengan la disponibilidad en las etapas que sean asignados. Posteriormente, se recomienda elaborar un cronograma detallado desde el inicio que defina las actividades, hitos de cumplimiento y de

revisiones tempranas, los responsables y los plazos para cada etapa de implementación y las dependencias de estas que guíen de manera lógica y ordenada el proceso. Este cronograma se deberá monitorear y evaluar en términos de progreso mediante métricas que más adelante serán detalladas que permitan identificar desviaciones y medidas correctivas.

Dicho esto, y teniendo un plan de acción y alcance definido se considera oportuno dar inicio a la etapa de implementación de la estrategia, por lo que se recomienda iniciar con el **análisis de herramientas, metodologías y/o tecnología adecuada** mediante un análisis exhaustivo del mercado en función de digitalización en la industria y como estas pueden adaptarse a los objetivos definidos en la etapa anterior y los diferentes proyectos de la empresa. Para esto se aconseja evaluar las características en función de su facilidad de uso, integración con los sistemas existentes, escalabilidad, costo, seguridad de datos y soporte técnico, así mismo, definir criterios de evaluación claros para poder comparar lo encontrado en el mercado. También es necesario identificar las áreas de mejora que pueden abordarse mediante las herramientas, metodologías y/o tecnologías a seleccionar como la gestión de proyectos, trabajo colaborativo, planeación, seguimiento de proyectos, control de costos, diseños, etc.. lo anterior con el fin de mapear los impactos esperados. Finalmente, se aconseja considerar la opinión y retroalimentación de líderes de áreas que serán usuarios finales asegurando su aceptación y fácil adopción.

Con base en los hallazgos en cuanto a beneficios y adaptabilidad, encontrados durante esta investigación en materia de las herramientas, metodologías y/o tecnología, y a manera de recomendación, sin ánimo de limitar la cantidad de herramientas digitales que cada empresa desee implementar, se recomienda considerar, analizar y estudiar aquellos avances que a la fecha han tenido mayor acogida en la industria como: por su gran popularidad, la metodología BIM, así como herramientas de inteligencia artificial, software de gestión de proyectos, manejo de big data, minado de datos, Impresión 3D, uso de drones, estandarización y prefabricación, sistemas de transformación de coordenadas en nube de puntos, internet de las cosas, realidad virtual entre otras. Lo anterior es recomendado, dado que estas conforman innovaciones tecnológicas que apuestan a acelerar procedimientos y reducir variables de proyectos que impactan los costos y tiempos y que desarrollan ambientes de trabajo colaborativos con los que se pretende combatir el fenómeno de fragmentación.

Una vez se cuente con un análisis detallado, se podrá continuar con la **selección de herramientas metodologías y/o tecnología a implementar**, teniendo en cuenta que estas deberán contribuir con eficiencia y productividad en el desarrollo y gestión de proyectos, permitir la estandarización de procesos y una adecuada gestión del conocimiento, así mismo deberán ser habilitadores de la comunicación entre diferentes actores, facilitar información al alcance de todos los involucrados y mejorar la alineación de interesados con un adecuado engranaje de actores. Esto enmarcado en el objetivo de minimizar los impactos de la fragmentación en la industria de la construcción. Se recomienda entonces elaborar viabilidades técnicas y financieras considerando factores como infraestructura existente y requerida, recursos disponibles, costos de implementación, plazos de implementación, mantenimiento y capacitación de personal. También se recomienda priorizar según su impacto potencial en la eficiencia y productividad operativa, calidad del producto final, experiencia del cliente e incluir planes para integración con los sistemas

existentes. Otra recomendación será establecer métricas de rendimiento para evaluar el éxito de la implementación en cuanto al aumento de productividad, reducción de costos y satisfacción del cliente.

Ahora bien, se recomienda enfocar esfuerzos en paralelo en **identificar riesgos asociados a la adopción tecnológica** teniendo en cuenta el análisis y selección previa. Además, **planificar estrategias para combatirlos**. Para esto, se propone analizar diferentes factores o aspectos, que pueden abarcar, sin limitarse, la resistencia al cambio, integración de sistemas, costos, seguridad de datos falta de competencias de personal, infraestructura física y digital, plazos de implementación, entre otros. Lo anterior, teniendo en cuenta el proceso de implementación de las selecciones realizadas. Una vez identificados los riesgos, se recomienda planificar y desarrollar estrategias de mitigación para cada riesgo, estableciendo responsabilidades claras, acciones, tareas y planes de contingencia si se requiere. En este punto se debe alinear las estrategias con los resultados obtenidos en el autodiagnóstico y los objetivos trazados con el fin de potenciar una cultura organizacional al alcance de todos la cual requiere un compromiso a largo plazo iniciando desde las altas direcciones de la empresa.

Conjuntamente, es aconsejable prever estrategias para implementar controles y prácticas de concientización a los empleados sobre los riesgos asociados en el proceso de transformación digital, lo que ayudará a fomentar una cultura de seguridad en la organización. Esto puede estar acompañado de prácticas y campañas de comunicación constante a los empleados donde se resalte la importancia de esta transformación, el estado de los avances obtenidos, las metas tempranas y la forma en que cada área se encuentra aportando al objetivo común, garantizando que todos en la empresa entiendan como la transformación digital mejorará tanto su trabajo individual para alcanzar los objetivos trazados como el trabajo global de la empresa. De esta forma todos están al día con los avances y alertas con la identificación de nuevos riesgos.

Complementando las actividades de implementación, se hace relevante tomar los resultados del autodiagnóstico en cuanto al nivel de conocimiento actual de la empresa en términos de la digitalización, conociendo especialidad, fortalezas y debilidades por parte de los equipos de trabajo involucrados y con esto **Implementar un plan de formación y capacitaciones** que permita fortalecer y nivelar las competencias de todos los profesionales. Para esto se recomienda diseñar un plan de capacitaciones acorde a las necesidades mapeadas para todos los niveles de la organización desde las directivas hasta personal operativo, teniendo en cuenta cuales son las habilidades que se tienen y cuáles son las que se requieren para las herramientas metodologías y/o tecnologías seleccionadas, buscando en los casos que se requiera implementar programas de formación específicos para maximizar sus beneficios a favor de la empresa. Así mismo planear programas de formación y nivelación enfocados en las brechas de habilidades existentes. Otra recomendación que se deja con este trabajo sería que una vez puestos en marcha los planeas anteriormente mencionados y durante el proceso de transformación se fortalezca el aprendizaje continuo de los empleados con cursos en línea, talleres prácticos y sesiones de entrenamiento que ayuden a desarrollar y/o fortalecer las competencias digitales tanto de los empleados actuales como de los próximos empleados que ingresarán a la empresa, esto sin duda generará una cultura

organizacional que promueve la innovación, el aprendizaje y el trabajo colaboración entre diferentes profesionales y equipos de trabajo.

Finalmente, se decide cerrar la etapa de implementación con una recomendación general enfocada a que el proceso de implementación de esta estrategia y la transformación digital propuesta para disminuir los problemas de fragmentación deberá ser puesto en marcha de manera escalonada. Para esto se propone que una vez se tenga estructurado un plan de acción y de implementación se realicen pruebas piloto en proyectos específicos y seleccionados para validar de manera controlada la efectividad de estas soluciones digitales, así mismo se deberá recopilar y analizar los datos de rendimiento obtenidos en estas pruebas, para evaluar los impactos alcanzados en los objetivos trazados y con los resultados realizar los ajustes pertinentes incorporando la retroalimentación obtenida para mejorar la estrategia de implementación de manera más efectiva.

Con lo anterior se pretende brindar una recomendación basada en los hallazgos encontrados con esta investigación, sin embargo, cada empresa podrá definir con base en sus objetivos la metodología y procesos más convenientes.

10.4 Fase 4 Evaluación y seguimiento:

Los resultados muestran una industria fragmentada, basada en la desconexión de sus procesos y sus actores involucrados, falta de integración, problemas de comunicación, entre otros. Es por eso por lo que cualquier estrategia que busque solucionar dichos problemas deberá tener un continuo seguimiento y monitoreo que permita intervenciones a tiempo.

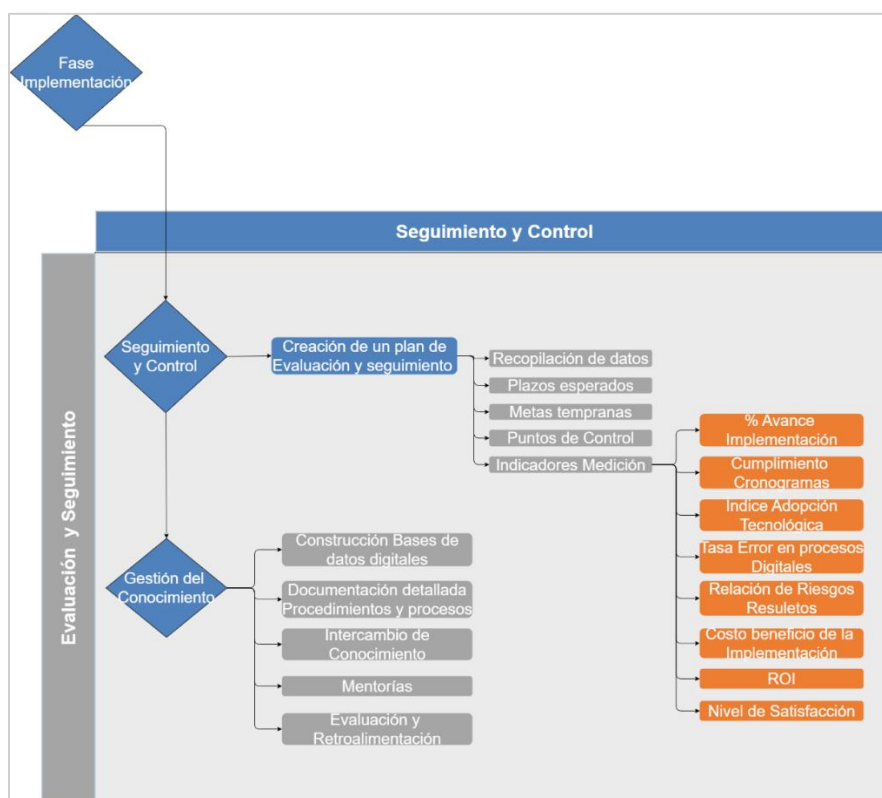


Imagen 21. Esquema Fase Evaluación y seguimiento. Fuente: Autoría Propia.

Se requiere que, una vez iniciada la implementación de transformación digital, se implemente un proceso de seguimiento y control riguroso, entendiendo este como un proceso requerido para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes [12]. Se recomienda para este proceso establecer un plan que debe ser definido de acuerdo con los objetivos trazados que permita identificar puntos fuertes y puntos a mejorar en el proceso. Otra recomendación sería designar responsables para llevar a cabo el seguimiento del plan y la recopilación de datos que surjan de este proceso los cuales pueden servir como base para la toma de decisiones y/o propuesta de acciones correctivas de ser necesario.

En un proceso de seguimiento y control, es relevante medir el desempeño desde diferentes ópticas, áreas y tiempos, por lo que es importante definir desde el inicio plazos, metas tempranas y puntos de control. [49] definió que medir el desempeño de los proyectos contribuye significativamente a su éxito, pues, permite evaluar el progreso, informa la toma de decisiones, promueve la rendición de cuentas, impulsa la mejora continua, facilita la evaluación comparativa y garantiza la satisfacción de las partes interesadas. Alineado con lo anterior [50] en su libro, define los KPI's o Indicadores clave de desempeño por su sigla en inglés, como una herramienta para controlar y mejorar procesos, los cuales son utilizados para poder tener mediciones de desempeño de los proyectos.

Con el fin de proponer en este trabajo un listado de indicadores para la medición de desempeño de la estrategia de transformación digital, se acudió por un lado a la experiencia en la gestión de proyectos, y por otro lado se estudió las definiciones y recomendaciones de [50] y se analizó los hallazgos y resultados de [49] Consolidando así el siguiente grupo de mediciones o indicadores a medir que pueden ser utilizados, sin embargo, son una referencia y pueden ser modificados por cada empresa de acuerdo con su experiencia y necesidad.

Porcentaje de Avance de la implementación: Teniendo en cuenta la experiencia en la gestión de proyectos, es relevante medir los avances de cada actividad a realizar, por lo que se propone este indicador para mostrar el progreso general de la transformación digital en relación con el plan establecido, en un momento específico. Se recomienda que su medición se haga entre actividades realizadas vs planeadas, tomando alguna referencia de medida como duración, esfuerzo de implementación, número de personas involucradas, actividades completadas etc. Esta referencia podrá ser definida por la empresa.

Índice de adopción de tecnología: Con este indicador se buscará medir el grado de adopción y uso de las nuevas herramientas y tecnologías digitales en la compañía, [49] incluyen este indicador dentro de un listado de KPIS que pueden ser usados para evaluar el desempeño en el uso de tecnología. Para definir el grado de adopción se propone con este trabajo hacer uso de encuestas periódicas enfocadas en la utilización de estas herramientas, periodicidad de uso, impactos obtenidos entre otras variables que conduzcan al análisis de los diferentes usos de sistemas.

Desempeño de los procesos digitales: Este indicador buscará medir que tan exitoso o no está siendo la implementación de los procesos digitales. Para esto se recomienda seleccionar dentro de un plazo determinado y especificado, variables de referencia que se quieran medir, entre las que inicialmente se puede recomendar: Numero de Reprocesos por errores en la usabilidad, tiempo de ejecución de actividades, numero de errores previstos y solucionados, costos, tiempo en acceso a información, calidad de entregables, velocidad de respuesta, entre otras. Una vez seleccionadas las variables, Se podrá realizar un conteo de los resultados obtenidos con la transformación digital y contrastar contra un proceso de ejecución sin la implementación de esta.

Desempeño de Cronogramas: Con este indicador se buscará evaluar si las actividades planeadas se están realizando dentro de los plazos establecidos en un cronograma previamente definido. Se deberá medir entonces el porcentaje de actividades completadas a tiempo en comparación con el total de actividades planeadas.

Indicador de Riesgos controlados: Con este indicador se buscará medir la cantidad de riesgos controlados o que pueden ser evitados frente a la cantidad de riesgos que son identificados en la fase de definición.

Costo beneficio de implementación: Con este indicador se buscará comparar los beneficios obtenidos durante el proceso de transformación digital y sus impactos, con los costos asociados a su implementación. En este se podrá revisar variables como ahorros de tiempo, productividad, eficiencia, reducción de errores y reprocesos entre otros.

ROI: Complementando el indicador anterior, se recomienda utilizar un indicador común en temas financieros para medir la inversión, como lo es la tasa de retorno de la inversión, que permite su evaluación mediante la comparación de los beneficios netos obtenidos con el costo total de inversión.

Nivel de satisfacción: Con este indicador se buscará medir la percepción de los empleados con respecto a las nuevas tecnologías y herramientas digitales de trabajo para el desarrollo de proyectos. Para este caso también puede hacerse uso de encuestas periódicas de satisfacción o retroalimentación personal.

Lo anterior se presenta como un listado inicial de indicadores que contribuyen en la medición de desempeño de la implementación de la estrategia propuesta, su elección está basada en hallazgos encontrados por los autores previamente mencionados y fusionados con la experiencia adquirida en estos temas. Sin embargo, estos representan una base general y este listado podrá ser complementado o modificado por cada empresa de acuerdo con las herramientas, tecnologías o metodologías escogidas, objetivos trazados o planes de trabajo definido. Con estos indicadores se podrá encontrar información contundente frente al progreso de transformación digital en la empresa y proporcionarán un panorama frente al impacto real y medible que se obtiene frente a la disminución de problemas asociados a la fragmentación. Lo anterior genera la

oportunidad de identificar áreas de mejora y sobre todo permite que la toma de decisiones se haga basados en datos y de manera informada.

Finalmente se presenta una última recomendación con este trabajo que permita un cierre exitoso y sostenible de la estrategia, se sugiere garantizar e implementar una correcta gestión del conocimiento, esto es fundamental para que la empresa pueda capitalizar y consolidar lecciones aprendidas, asegurar la sostenibilidad a largo plazo de prácticas y procesos implementados. Para esto se aconseja seguir las siguientes recomendaciones que surgen de una adaptación propia que refleja la integración y aplicación de conceptos y metodologías obtenidas a lo largo de la experiencia profesional.

Construcción de bases digitales de datos y conocimientos: Se propone sea construido una especie de repositorio con documentación, guías, manuales, mejoras, lecciones aprendidas entre otros datos relevantes que este relacionados con el proceso de transformación digital. Lo anterior que sea de fácil acceso de los empleados.

Documentación detallada con procedimientos y procesos: Es importante detallar ampliamente los nuevos procesos que la transformación digital genera, incluyendo paso a paso, descripciones, instructivos y cualquier otra información relevante que facilite la comprensión y replicación por parte los empleados actuales y futuros.

Cultura de colaboración e intercambio de conocimientos: Fomentar al interior de la compañía una cultura de aprendizaje e intercambio de conocimiento donde se incluyan trabajos grupales, foros o grupos focales que permita el traspaso de conocimientos, experiencias, nuevas ideas y resolución de problemas de manera colectiva.

Mentorías: Se abre la oportunidad a que cada empresa pueda definir programas de mentoría donde los empleados con experiencia en la transformación digital sirvan como guía de quienes están menos familiarizados con estas nuevas herramientas digitales.

Evaluación y retroalimentación: Buscar retroalimentación de los empleados involucrados en la transformación digital sobre la efectividad y pertinencia de las herramientas digitales y documentación existente.

Para culminar es importante mencionar que estas pautas y accionables enmarcan una estrategia para encaminar el proceso de digitalización en la industria de la construcción. Toda estrategia, además de los objetivos, metas y plan de implementación, deberá tener asociada la variable tiempo, es decir, unos plazos de implementación y en los que se espera tener un resultado, sin embargo, estos dependerán del diagnóstico y definición que se haga en cada organización en particular.

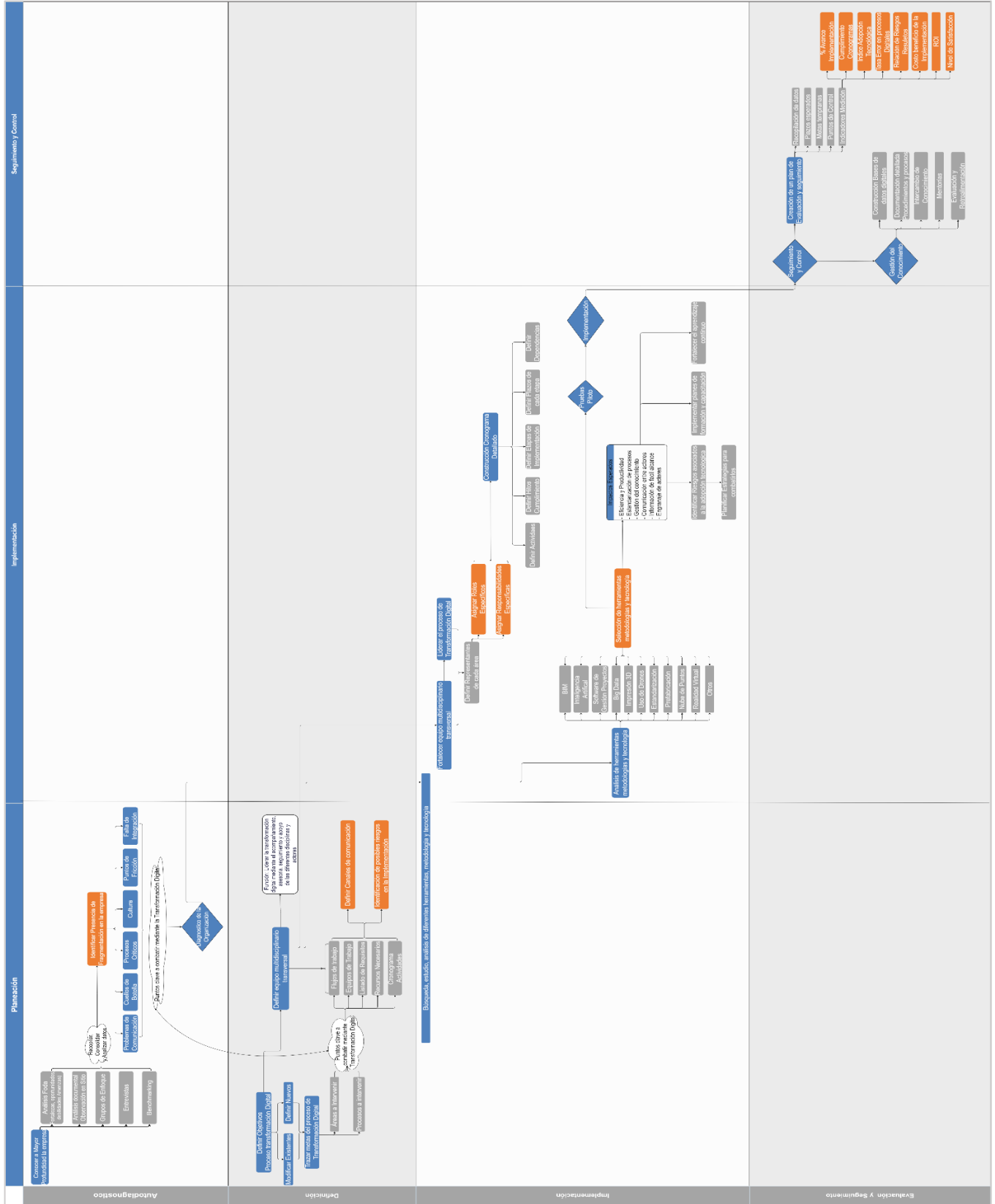


Imagen 22. Esquema Completo de las fases de pautas y accionables. Fuente: Autoría Propia.

11 Conclusión

Los avances tecnológicos en la industrialización han acelerado los procesos de transformación digital que han tenido impactos importantes en los diferentes sectores económicos, entre ellos, el sector de la construcción. Como todo cambio requiere de una fase de conocimiento y entendimiento para posteriormente adaptarse a las maneras en las que actualmente trabajan las organizaciones y personas. Entendiendo esto, la presente investigación se enfocó en analizar los impactos positivos que la transformación digital tiene en el desarrollo de proyectos de construcción para proponer una estrategia de implementación que especialmente aporte en la disminución de problemas asociados a la fragmentación en los procesos.

La revisión de literatura nos permitió identificar que el fenómeno de fragmentación no es algo nuevo en la industria y por el contrario ha estado presente a lo largo de la historia, pues esta se caracteriza por tener procesos rígidos y ausencia de engranaje entre diferentes actores que intervienen a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, generando esto problemas de productividad y eficiencia. Esto se justifica en la forma en como son desarrollados los proyectos con procesos secuenciales e independientes distantes de enfocar esfuerzos en el éxito a largo plazo del proyecto. De igual manera el fenómeno de fragmentación se ve alimentado por factores como la resistencia al cambio, falta de trabajo colaborativo, falta de claridad de procesos y gestión de la información y comunicación que finalmente se traduce en una desconexión entre la industria y sus respectivos cliente.

Por otro lado, en cuanto a la digitalización en la industria de la construcción, la revisión de literatura mostró que su implementación genera impactos positivos de los cuales se pueden mencionar: mejora en la planificación de proyectos, optimización de tiempos y costos, integración de interesados, gestión de la información y comunicación, coordinación y visualización de información técnica. Este tema ha sido estudiado desde hace varios años por lo que se encuentran casos de éxitos en su aplicación y hoy es una apuesta de la industria para cambiar la forma de planear, diseñar ejecutar y operar los proyectos.

Los resultados obtenidos en el trabajo de campo refuerzan los hallazgos de la revisión de literatura y se puede concluir que la fragmentación presente en la industria es la respuesta a la falta de articulación de diferentes actores y sus intereses particulares y la falta de conciencia que existe sobre el tema pues, aunque se conocen sus impactos poco o nada se habla de esto desde ámbitos de la enseñanza en etapas tempranas. Sin embargo, el estudio y análisis de diferentes herramientas tecnológicas y metodologías digitales han captado la atención de la industria para el desarrollo de proyectos y surgen como una estrategia para combatir estos problemas, por lo que se requiere una transformación digital transversal en la cadena de valor y durante todo el ciclo de vida de los proyectos permitiendo la integración y mejorando la armonía de los interesados.

La transformación digital le brinda una oportunidad a la industria de la construcción de mejorar sus prácticas, sus procesos y combatir problemas existentes. Cada vez toma más fuerza y

se conocen casos de éxito, sin embargo, todavía tiene mucho por estudiarse e implementarse, especialmente en la industria local pues aunque se reconocen sus impactos y la relevancia de su implementación aún se encuentra en una etapa de reconocimiento y se requiere organizar lo poco que se ha hecho para encontrar de manera eficiente resultados importantes garantizar una transformación exitosa que permanezca actualizada, a la vanguardia de la dinámica mundial y se saque el mayor provecho de sus beneficios.

Se reconoce que es necesario una estrategia de transformación digital para iniciar la implementación en empresas de la industria que buscan obtener además de mayor eficiencia y productividad, impactos positivos en cuanto a mejoras en la comunicación, mayor engranaje entre las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto, un relacionamiento coordinado de los actores de la cadena de suministros, alineación con los intereses del cliente y coordinación entre especialidades.

Es por esto por lo que la estrategia presentada con este trabajo busca guiar de manera organizada a las empresas en un proceso de entendimiento, reconocimiento y puesta en marcha, garantizando su ejecución de principio a fin para lograr alcanzar los objetivos trazados. Este proceso se dividió en fases claras y manejables, lo que facilita su seguimiento y permite la adaptación de acuerdo con las necesidades específicas de cada empresa. Además, se busca motivar a más empresas a implementar estas acciones y construir de manera organizada una transformación digital en la industria de la construcción local.

12 Referencias

- [1] A. Shiha and E. Dorra, "Resilience Index Framework for the Construction Industry in Developing Countries," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 149, pp. 1-16, 2023.
- [2] O. O. Adepoju and C. O. Aigbavboa, "Assessing knowledge and skills gap for construction 4.0 in a developing economy," *Journal of Public Affairs*, vol. 21, pp. 1-10, 2021.
- [3] R. Ardila, M. Duran, K. Vides and G. Mejía, "Factors Affecting Labor Productivity in the Global Construction Industry: A Critical Review, Classification and Ranking," *Scientia et Technica*, pp. 18-33, 2024.
- [4] S. Forero Ramírez, "Construcción, pilar de la economía, el desarrollo urbano y el avance industrial," FIIC, 27 Marzo 2017. [Online]. Available: <http://fiic.la/blog/2017/03/27/construccion-pilar-de-la-economia-el-desarrollo-urbano-y-el-avance-industrial/>.
- [5] McKinsey Global Institute, "Bridging infrastructure gaps: Has the world made progress?," McKinsey Global Institute, 2017.
- [6] CAMACOL, "Construcción en Cifras," 16 Junio 2022. [Online]. Available: <https://camacol.co/nuestro-sector/informacion-economica>.
- [7] M. Kapelko and M. Abbott, "Productivity Growth and Business Cycles: Case Study of the Spanish Construction Industry," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 143, pp. 1-11, 2017.
- [8] A. Premakumara and C. Siriwardana, "A comprehensive approach for assessing the causes of low productivity in the construction sector," *Construction Management and Economics*, pp. 1-19, 2024.
- [9] A. Latorre, C. Sanz and B. Sanchez, "Application of Lean-BIM model to improve design building phase's productivity," *Informes de la Construcción*, vol. 71, pp. 1-9, 2019.
- [10] CAMACOL; McKinsey Global Institute, «Informe de Productividad Sector Construcción de Edificaciones,» CAMACOL, 2018.
- [11] McKinsey Global Institute, "Reinventing construction through a productivity revolution," McKinsey Global Institute, 2017.
- [12] I. Project Management Institute, El estándar para la dirección de proyectos Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK), vol. 7th Edition, Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2021.

- [13] W. S. Alaloul, M. S. Liew and N. A. W. Zawawi, "The characteristics of coordination process in construction projects," in *2015 International Symposium on Technology Management and Emerging Technologies (ISTMET)*, Langkawai Island, 2015.
- [14] McKinsey Global Institute, "Decoding Digital transformatio in construction," McKinsey Global Institute, 2019.
- [15] W. S. Alaloul, M. S. Liew and N. A. W. Zawawi, "Communication, coordination and cooperation in construction," in *Conferencia internacional sobre arquitectura e ingeniería civil (ICACE 2017)*, Petaling Jaya, Malasia, 2017.
- [16] J. Egan, "Rethinking Construcción," London, 1998.
- [17] T. Duong Oesterreich and F. Teuteberg, "Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0:," *Computers in Industry*, vol. 83, pp. 121-139, Diciembre 2016.
- [18] CAMACOL, "Productividad - Ecuacion de productividad del sector," 2018. [Online]. Available: <https://camacol.co/productividad>.
- [19] CONPES, «Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial Doc. 3975,» Departamento Nacional de Planeación Republica de Colombia, Bogotá, 2019.
- [20] CAMACOL, "Se lanza BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción," 23 Octubre 2018. [Online]. Available: <https://camacol.co/comunicados/se-lanza-bim-f%C3%B3rum-colombia-una-apuesta-por-la-digitalizaci%C3%B3n-y-la-productividad-del>.
- [21] M. S. Souza, "El estado del arte," *La centralidad del estado del arte en la construcción del objeto de estudio*, p. 7, 2011.
- [22] N. P. Molina Montoya, "Herramientas Para Investigar ¿Que es el estado del Arte?," *Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular*, vol. 5, pp. 73-75, 2005.
- [23] R. Broft, S. M. Badi and S. Pryke, "Towards supply chain maturity in construcción.," *Built Environment Project & Asset Management*, vol. 6, no. 2, pp. 187-204, 2016.
- [24] M. Farmer, "Modernise or Die," Construction Leadership Council (CLC), UK, 2016.
- [25] W. S. Alaloul, M. S. Liew and N. A. Wan Abdullah Zawawi, "Identification of coordination factors affecting building projects performance," *Alexandria Engineering Journal*, p. 2689–2698, 2016.
- [26] A. Mojica and D. Valencia, "Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá," p. 98, 2012.
- [27] G. Aguilar Lopera, "Modelado 4D y monitoreo de productividad IP en proyectos de construcción," p. 136, 2015.

- [28] A. Lopez Vidal, "Una revolución llamada BIM," *Revista Técnica cemento hormigón*, p. 4, 2016.
- [29] Z. Gimenez, R. Gutierrez and G. Hernandez, "Implementación de construcción virtual para mejorar la planificación de obras. Uso de modelo 4d en urbanismo ubicado en Valencia, Venezuela," *Revista Gaceta Técnica*, pp. 83-98, 2016.
- [30] M. Salazar, "Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos," p. 146, 2017.
- [31] D. Russell, Y. Cho and E. Cylwik, "Learning Opportunities and Career Implications of Experience with BIM/VDC," *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, pp. 111-121, 2014.
- [32] A. Elshafey, C. C. Saar, E. Aminudin, M. Gheisari and A. Usmani, "Technology acceptance model for augmented reality and building information modeling integration in the construction industry," *Journal of Information Technology in Construction*, pp. 161-172, 2020.
- [33] M. Stoyanova, "Good Practices and Recommendations for Success in Construction Digitalization," *TEM Journal*, vol. 9, pp. 42-47, 2020.
- [34] A. Sawhney, M. Riley and J. Irizarry, *Construction 4.0 an innovation platform for the built environment*, Routledge, 2020.
- [35] D. Aghimien, C. Aigbavboa, A. E. Oke and N. Koloko, "Digitalisation in construction industry: construction professionals perspective," in *Proceedings of the Fourth Australasia and South-East Asia Structural Engineering and Construction Conference*, Brisbane, Australia, 2018.
- [36] E. Aleksandrova, V. Vinogradova and G. Tokunova, "Integration of digital technologies in the field of construction in the Russian Federation," *Engineering Management in Production and Services*, pp. 38-47, 2019.
- [37] R. Klinc and Ž. Turk, "Construction 4.0 - digital transformation of one of the oldest industries," *Economic & Business Review*, vol. 21, no. 3, pp. 393-411, 2019.
- [38] N. D'Amato, "Building information Modeling (BIM)," p. 57, 2010.
- [39] H. Y. Chong, R. Lopez, J. Wang, X. Wang and Z. Zhao, "Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects," *Journal of management in Engineering*, vol. 32, no. 6, p. 13, 2016.
- [40] McKinsey Global Institute, "Imagining construction's digital future," McKinsey Global Institute, 2016.
- [41] M. Blanco, "Cambiando el Chip en la construcción, dejando la metodología tradicional de diseño CAD para aventurarse a lo moderno de la metodología BIM," p. 101, 2018.
- [42] D. Mena Méndez, "La cultura organizacional, elementos generales, mediaciones e impacto en el desarrollo integral de las instituciones," *Pensamiento & Gestión*, vol. 46, p. 47, 2019.

- [43] H. Ponce, "La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones," *Enseñanza e investigación en psicología*, pp. 113- 130, 2017.
- [44] S. H. Appelbaum, "Organizational Diagnosis and Organizational Development Model: Integration of Psychoanalytic Determinants," *Universal Journal of Management*, pp. 181-194, 2020.
- [45] W. A. Kahn, "The Practice of Organizational Diagnosis: Theory and Methods," *Academy of Management Learning & Education*, pp. 147-149, 2015.
- [46] A. Raeburn, "Asana," Asana, 1 julio 2021. [Online]. Available: <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>.
- [47] J. Escobar and F. I. Bonilla, "Grupos Focales: una guía concetual y metodológica," *Cuadernos hispanoamericanos de psicología*, pp. 51-67, 2017.
- [48] J. I. Salvatierra, T. Castillo, R. F. Herrera and L. F. Alarcón, "Developing a benchmarking system for architecture design firms," *Engineering, Construction and Architectural Management*, pp. 139-152, 2019.
- [49] A. Ibrahim, T. Zayed and Z. Lafhaj, "Enhancing Construction Performance: A Critical Review of Performance Measurement Practices at the Project Level," *Buildings*, pp. 1-42, 2024.
- [50] R. Corral, KPIs útiles. Diseña indicadores operativos que realmente sirvan para mejorar, Barcelona, España: LEEONLINE, 2017.
- [51] M. C. Cifuentes Suárez, «Panorama y evolución del sector de la construcción en Colombia,» 28 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/sector-construccion-colombia-2019/panorama-evolucion-sector-construccion>.
- [52] J. P. E. Arango, "Análisis del sector de la construcción en la economía Colombiana," Medellín, 2017.
- [53] McKinsey Global Institute, "Improving construction productivity," McKinsey Global Institute, 2017.
- [54] W. S. Alaloul, M. Liew, N. A. W. A. Zawawi and I. B. Kennedy, "Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 11, no. 1, pp. 225-230, 2020.
- [55] H. Y. Chong, R. Lopez, J. Wang, X. Wang and Z. Zhao, "Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects," *Journal of Management in Engineering*, p. 13, 2016.

13 Anexos

Anexo 1: Trabajo de Campo- Encuesta diagnóstica dirigida a empleados y profesionales del sector constructor de la Ciudad de Medellín

Generales

1. ¿Como considera usted el impacto que tiene la industria de la construcción en la economía a nivel mundial?
 - a. Alto
 - b. Medio
 - c. Bajo
 - d. No tiene impacto

2. ¿Entiende el concepto de la industria 4.0 en la industria de la construcción?
 - a. Sí
 - b. No

3. ¿Considera que los principios de la industria 4.0 son aplicados en la industria de la construcción?
 - a. No, la naturaleza de la construcción no lo permite
 - b. Si, son aplicados.

Fragmentación

1. ¿Reconoce las diferentes fases que atraviesa un proyecto a lo largo de su ciclo de vida?
 - a. Si
 - b. No

2. ¿Cuál o cuáles considera que son las fases más importantes en el desarrollo de un proyecto de construcción y en donde se debe ser más riguroso para obtener el éxito de un proyecto?
 - a. Planeación y Ejecución
 - b. Diseños y planeación financiera
 - c. Inicio y cierre
 - d. Seguimiento y control
 - e. Todas las anteriores

3. ¿Considera importante involucrar al cliente de un proyecto en cada fase del ciclo de vida del proyecto?
 - a. Si, debe estar involucrado en cada fase.
 - b. No, solo debe involucrarse en la fase de Ejecución y cierre.

4. ¿Conoce a que hace referencia el fenómeno de fragmentación en la industria de la construcción?
 - a. Sí
 - b. No

5. ¿Desde su experiencia, considera que para el desarrollo de proyectos de construcción se necesita involucrar muchas especialidades?
 - a. Si
 - b. No

6. ¿Cree usted que estas diferentes especialidades normalmente trabajan de manera aislada y generan conflictos en el desarrollo de otras especialidades?
 - a. Si
 - b. No

7. ¿Considera usted que los diferentes actores que intervienen en un proyecto de construcción normalmente buscan satisfacer únicamente sus propios intereses dejando a un lado el interés colectivo del proyecto?
 - a. Verdadero
 - b. Falso

8. Basado en su experiencia, ¿cuál es su apreciación frente al manejo de información de cada área que participa en la ejecución del proyecto?
 - a. La información es transversal para todas las áreas
 - b. La información se maneja únicamente en el área donde se origina
 - c. La información es compartida únicamente por solicitud.
 - d. La información es manejada con una ruta clara y definida desde el inicio del proyecto.

9. ¿Como considera son las relaciones entre los diferentes actores que componen la cadena de suministros en un proyecto de construcción?
 - a. Frágiles y difíciles de coordinar
 - b. Estrechas y Fuertes
 - c. No se necesita tener relaciones en la cadena de suministros

10. ¿Como califica usted el siguiente concepto de gestión del riesgo en la industria de la construcción?
“El riesgo en un proyecto de construcción se traslada a los actores más bajos de la cadena de suministros, quienes tienen la menor capacidad de responder frente a cualquier adversidad”
 - a. Verdadero
 - b. Falso
 - c. No aplica para la industria de la construcción

11. ¿Cree usted que el desarrollo de proyectos de construcción se da mediante grupos de tareas o actividades ejecutadas de manera aislada, o por el contrario se da mediante un conjunto de actividades vinculadas para un mismo objetivo?
 - a. Grupos de tareas o actividades ejecutadas de manera aislada
 - b. Conjunto de actividades vinculadas para un mismo objetivo

12. ¿Cuál de los siguientes conceptos se debe fortalecer en los procesos de construcción para afrontar y vencer el fenómeno de fragmentación en la industria?
- Comunicación
 - Coordinación de actores
 - Integración de procesos
 - Alineación entre intereses del cliente y la industria
 - Todas las anteriores

Digitalización

- ¿Considera que la tecnología y herramientas digitales pueden aportar en una industria como la construcción que ha sido catalogada siempre como un industria manual, artesanal y poco estandarizada?
 - Si
 - No
- ¿Como calificaría el impacto del uso de herramientas digitales para facilitar los procesos en la industria de la construcción?
 - Innecesario
 - Positivo
 - Negativo
- Cree usted que existe relación entre el uso de herramientas digitales y la productividad en la construcción
 - Sí
 - No
- ¿Cree usted que la digitalización en la industria de la construcción reemplazaría recursos físicos y operativos hoy delegado en personas?
 - Sí
 - No
- ¿En qué fase de un proyecto considera usted que es más apropiado utilizar herramientas digitales?
 - Planeación
 - Diseños
 - Ejecución
 - Seguimiento y Control
 - Todas las anteriores
- ¿Cree usted que acceder en tiempo real y desde cualquier lugar a la información completa del proyecto (información de cualquier área) sería útil para la toma de decisiones?
 - Sí

- b. No
7. ¿Considera que el trabajo colaborativo entre diferentes especialidades se hace más fácil y alcanzable a través de plataformas digitales?
- a. Si
 - b. No
8. ¿Cuál cree usted que sería los principales beneficios de la digitalización de la construcción?
- a. Mayor productividad y calidad en los entregables
 - b. Divertirse mientras trabaja y estar a la vanguardia
 - c. Aprender de tendencias en tecnología
 - d. Todas las anteriores
9. ¿Cree usted que es posible reducir riesgos y viabilizar proyectos de construcción mediante el uso de herramientas digitales?
- a. Sí
 - b. No

Anexo 2: Trabajo de Campo - Entrevista dirigida a profesionales del sector constructor de la Ciudad de Medellín

1. Introducción a la Entrevista

Buenos días/tardes, mi nombre es (nombre entrevistador), actualmente me encuentro realizando una maestría en (ingeniería con énfasis en gestión de la construcción), en la universidad EAFIT y para la cual estoy desarrollando el trabajo de grado enfocado en la digitalización de la construcción como estrategia para disminuir los problemas de fragmentación.

(Soy Ingeniero civil de la universidad EAFIT graduado en el 2015, con especialización en diseño de estructuras y actualmente aspirante a grado de maestría. Cuento con experiencia profesional en planeación, ejecución, seguimiento y control de proyectos de construcción, desempeñando funciones desde diferentes áreas como la Gerencia de proyectos, coordinación de diseños e interventoría de proyectos de construcción. Tuve la oportunidad de trabajar en empresas donde se tiene un fuerte interés por la digitalización del sector lo que me despertó el interés para estudiar e investigar con mayor profundidad sobre sus impactos y posibles estrategias de implementación.)

El objetivo del trabajo de grado (Como les comentaba hace un momento, está enfocado en la digitalización de la construcción como estrategia para disminuir los problemas de fragmentación en sus procesos. En el desarrollo se analizan factores por los que la industria de la construcción mantiene procesos rígidos y con poca adaptabilidad a dinámicas mundiales, y se identifica que la fragmentación en sus procesos es una característica reconocida para la industria con impactos negativos. Con base en esto se busca encontrar posibles oportunidades de mejora y proponer pautas y acciones que involucren la adopción tecnológica como herramienta de integración de los procesos que facilitan la gestión de proyectos). Para esto quiero trabajar de la mano con profesionales de la industria como usted y hacer esta entrevista, y algunas encuestas que me permitan 1.) Identificar las barreras asociadas a la fragmentación del sector de la construcción mediante la experiencia de profesionales de la industria. / 2.) Identificar los principales impactos de la transformación digital en la construcción. a través de su percepción, desde su experiencia o conocimientos, para tenerlo como base a la hora de realizar mi propuesta.

Este será un espacio seguro y confidencial, sus nombres, cargos o identidad no serán divulgados. La intención es que este encuentro sea para que conversemos desde sus experiencias y percepciones. No hay respuestas incorrectas, y lo que se hable será productivo para el objetivo de esta investigación. Agradecemos de antemano que nos haya dado la oportunidad de conversar en este espacio.

Para poder conocer y registrar toda esta información, le pido permiso para tomar notas y grabar el audio, el cual no será conocido por nadie más que los que estamos presentes. En cualquier momento que lo crean conveniente podemos apagar el audio, o pueden negarse a responder una pregunta que consideren de carácter confidencial; nuestro objetivo es que ustedes se sientan cómodos. La información que obtengamos tiene como único fin aportar valor a esta investigación

Este espacio tendrá un tiempo aproximado de 1 hora.

¿Tienen alguna duda o pregunta antes de empezar? *Empezar a grabar en audio.*

2. Reconocimiento y contextualización

- ¿Cuál es tu nombre Completo?
- ¿Cuál es tu profesión y tu experiencia profesional?
- ¿Cuál es tu rol dentro de la compañía donde trabajas?
- ¿La empresa en la que trabajas se enfoca más en los servicios o productos de la industria de la construcción?

3. Identificar las barreras asociadas a la fragmentación del sector de la construcción

Iniciar con una pequeña descripción sobre el problema o fenómeno de fragmentación, para generar un contexto sobre el que se va a realizar la entrevista Hablar de que es la fragmentación, diferentes fases de un proyecto, gran cantidad de actores, problemas de comunicación entre actores etc. y al final terminar preguntando si le es conocido o identifica que esto se presenta en la profesión.

- ¿Consideras que esta problemática se presenta con frecuencia en el desarrollo de los proyectos de construcción?
- ¿Consideras que esta problemática es conocida normalmente por los profesionales que trabajamos en el medio? ¿O será esto una razón por la que se presenta con mayor frecuencia?
- ¿Cuál es tu percepción sobre las principales causas que generan este fenómeno en la industria?
- ¿Desde tu experiencia, has identificado esta situación o problemática en el desarrollo de los proyectos en los que has participado? ¿Cuáles han sido los principales impactos que esto ha tenido en el proyecto?
- ¿Los efectos de esta problemática en el desarrollo de los proyectos en los que has participado, ha tenido impactos en la operación y desarrollo de tu organización o han sido problemas puntuales de obra?
- ¿Como calificas el proceso de planeación de un proyecto en tu organización y que estrategias son utilizadas para llevar este proceso?
- ¿Consideras que involucrar a los interesados desde la etapa de planeación tiene impactos positivos en el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?
- ¿Cómo crees que se puede contemplar mayor cantidad de riesgos del proyecto desde una etapa de planeación?
- ¿Consideras que, en la etapa de entrega final, los clientes reciben el proyecto que desde un inicio esperaban?

- ¿Desde tu organización, que practicas se implementan para garantizar un desarrollo de proyecto enfocado en el valor del producto final?
- Desde la experiencia que has tenido en el desarrollo de proyectos, ¿Crees que los diferentes actores o especialidades, trabajan de manera colaborativa con un mismo objetivo o por el contrario cada uno trabaja de forma individual como un subproyecto? Por ejemplo: Estructuración, Diseños, Contratistas y subcontratistas de ejecución, Entrega de producto final.
- ¿Consideras que los intereses de tu organización están alineados con los intereses del cliente cuando se ejecuta un proyecto?

4. Principales impactos de la transformación digital en la construcción

Iniciar con una pequeña descripción sobre la digitalización en la industria de la construcción, para generar un contexto sobre el que se va a realizar la entrevista.

- ¿Cuál es tu percepción frente a la digitalización de procesos y productos en la industria de la construcción para el desarrollo de proyectos?
- ¿Consideras que el sector de la construcción se encuentra preparado para la digitalización de procesos y/o productos? ¿Por qué?
- ¿Cuál consideras debe ser el proceso que debe atravesar una empresa que quiera iniciar con la digitalización de procesos y/o productos?
- Desde tu experiencia ¿Qué beneficios encuentras en digitalizar productos en la industria de la construcción?
- Desde tu experiencia, ¿Qué beneficios encuentras en digitalizar procesos en la industria de la construcción?
- ¿Cual crees que sea la etapa o fase de un proyecto donde sea más conveniente implementar la digitalización? ¿Por qué?

Si el entrevistado trabaja en una empresa con procesos y/o productos Digitalizados

- ¿Cómo describe el impacto que ha tenido la digitalización en el desarrollo de proyectos?
- ¿Considera que la digitalización de procesos ha tenido impactos en el manejo de los interesados de los proyectos? ¿Cómo define este impacto?
- ¿Considera que la digitalización de procesos ha mejorado la forma de gestionar y manejar la información de los proyectos? ¿Por qué?

- ¿La digitalización ha tenido impactos directos en la productividad alcanzada en los proyectos? ¿Cuál sería un ejemplo claro de esto?
- ¿Cómo se ha visto impactada la relación con el cliente en proyectos que han sido desarrollados mediante procesos y/o productos digitales?
- En el proceso de digitalización, ¿Cuál considera que fue mayor reto para usted y para su empresa?
- Desde lo personal, ¿Cómo califica la experiencia de desarrollar proyectos de construcción mediante metodologías basadas en entornos digitales?
- Desde tu experiencia que tan importante consideras el acceso en tiempo real a la información de un proyecto? Independientemente el área donde participes.
- Consideras que el desarrollo de proyectos en tu empresa se realiza en un ambiente colaborativo entre diferentes áreas? ¿Como consideras esto pueda mejorar o tener más fuerza en el día a día?

- Que tan familiarizado se encuentra con la metodología BIM? ¿Esta metodología ha sido estudiada, analizada o implementada en la empresa

Anexo 3: Recomendaciones Pautas y Accionables – Etapa de Diagnostico - Entrevista Autodiagnóstico de empresa para implementar la transformación digital

Identificación del Entrevistado

- Nombre
- Cargo
- Área de Trabajo

Preguntas Generales

- ¿Cuál es su percepción sobre la efectividad que hoy tienen los procesos de gestión y desarrollo de proyectos en la empresa?
- ¿Como describes la comunicación entre diferentes departamentos/áreas de la empresa?
- ¿Qué herramientas o tecnologías utiliza actualmente para el desarrollo de sus actividades y trabajo diario?
- ¿Cómo describe la empresa con relación al trabajo colaborativo y a la innovación?

Preguntas Relacionadas con la Fragmentación

- ¿Considera que en los procesos de desarrollo y gestión de proyectos actuales en la compañía existe la fragmentación?
- Mencione ejemplos específicos o situaciones de trabajo donde se identifique la fragmentación y cuales han sido sus impactos.
- ¿Qué áreas de la empresa considera se encuentra mas afectada por la fragmentación?
- ¿Cómo calificaría la coordinación y trabajo colaborativo de diferentes áreas que intervienen en los proyectos? Por ejemplo, diseños, construcción o gerencia
- ¿Considera que la empresa cuenta con estándares y protocolos claros para el intercambio de información entre las diferentes áreas?
-

Preguntas Relacionadas con capacidades digitales

- ¿Qué sistemas herramientas digitales utiliza para realizar la gestión de proyectos?
- ¿Considera que la empresa esta haciendo uso de herramientas digitales y aprovecha el beneficio de las tecnologías disponibles?
- ¿Qué obstáculos encuentra al adoptar tecnologías en su trabajo?
- ¿La empresa está haciendo uso de la metodología BIM?

- ¿Si se está haciendo uso de la metodología BIM, en una escala de 1 a 5 que tan adaptado siente que está en los procesos de la empresa?
- ¿Considera que el uso de la tecnología y herramientas digitales en su empresa se hace mediante una estructura clara de estandarización?
- ¿Cómo califica la eficiencia del uso de herramientas digitales y tecnología?

Preguntas Relacionadas con la cultura organizacional

- ¿Cómo describiría el apoyo de la empresa para el aprendizaje y el desarrollo profesional?
- ¿Considera que la cultura organizacional promueve el trabajo colaborativo y la innovación?
- ¿Considera que la empresa promueve el desarrollo profesional relacionado con la adopción de nuevas tecnologías?
- ¿Ha recibido capacitaciones en el uso de tecnología y herramientas digitales?
- ¿Considera que existen obstáculos culturales que dificulten la adopción de la digitalización?