

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA ACADÉMICA DE GERENCIA DE PROYECTOS

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS



Impacto de la realidad extendida en la planificación de proyectos de construcción:

Análisis comparativo de tecnologías emergentes y métodos tradicionales.

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de

Máster en Gerencia de Proyectos en el énfasis de proyectos administrativos

con el grado académico de Maestría

Realizado por:

Licenciada, María José Sandoval Ruíz

Cartago, 02 de abril del 2025

DEDICATORIA

A mis amados hijos, quienes han sido la luz que guía cada uno de mis pasos, el pilar que sostiene mis metas y el motor que impulsa mis sueños. Su amor y alegría han sido mi mayor fortaleza, y cada logro en este camino está inspirado en ustedes. Gracias por enseñarme a ser fuerte y perseverar con el corazón lleno de amor.

A mi esposo, mi compañero de vida, quien con su inquebrantable apoyo, paciencia y compañía ha hecho posible que este sueño se convierta en realidad. Cada paso que doy lleva su aliento y confianza, y sin él, este viaje no habría sido el mismo.

A mi querido papá, mi eterno soñador y ejemplo de vida. Aunque la distancia física nos separa, sé que su espíritu sigue alentándome.

Gracias por enseñarme a soñar y por impulsarme, incluso desde el cielo, a soñar aún más grande. Este logro también es tuyo.

A ustedes, mi familia, les dedico este esfuerzo con todo mi amor y gratitud. Sin ustedes, no habría llegado hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor tutor, quien desde el inicio de este proyecto creyó en mi capacidad y me brindó su guía, paciencia y conocimiento para llevarlo a cabo.

Su confianza en mí ha sido un pilar fundamental en este proceso, y su apoyo ha dejado una huella imborrable en mi desarrollo profesional. Gracias por enseñarme con dedicación y por inspirarme a seguir creciendo con pasión en esta área.

A mi amado esposo, quien con su visión siempre adelantada a su tiempo me ha inspirado a mirar más allá de los límites y a creer en un futuro lleno de posibilidades.

Su capacidad para ver el mundo 20 años adelante me ha impulsado a no conformarme, a seguir aprendiendo y a aspirar siempre a más. Su amor, confianza y palabras de aliento han sido una fuente constante de motivación en este camino.

A ambos, mi más profundo agradecimiento por ser faros de guía e inspiración en este logro tan importante. Su presencia y apoyo han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

EPIGRAFE

La tecnología, combinada con el conocimiento, expande nuestra capacidad de crear un futuro que antes solo podíamos imaginar. Carl Sagan.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ii</i>
EPÍGRAFE	<i>iii</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>x</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>xii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>xiii</i>
LISTA DE ABREVIATURAS	<i>xv</i>
RESUMEN	<i>xvi</i>
ABSTRACT	<i>xvii</i>
INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
Capítulo 1 Generalidades de la investigación	<i>3</i>
1.1 Antecedentes de la investigación (Estado del arte)	<i>3</i>
1.1.1 Evolución de la adopción de tecnologías en proyectos de construcción.....	<i>4</i>
1.1.2 Desafíos contemporáneos en la gestión de proyectos de construcción.....	<i>6</i>
1.1.3 Comparación entre métodos tradicionales y emergentes en la gestión de proyectos.....	<i>9</i>
1.1.4 La RA y la RV en proyectos de construcción.....	<i>12</i>
1.1.5 Impactos potenciales de la RA y RV en el sector de la construcción.....	<i>15</i>
1.2 Definición y planteamiento de la hipótesis de la investigación	<i>18</i>
1.3 Objetivos	<i>20</i>

1.3.1	Objetivo general.....	20
1.3.2	Objetivos específicos.....	20
1.4	Alcance y limitaciones.....	21
1.4.1	Alcance.....	22
1.4.2	Limitaciones.....	24
Capítulo 2 Marco teórico.....		27
2.1	Gestión de proyectos de construcción.....	28
2.1.1	Ciclo de vida de un proyecto de construcción.....	30
2.1.2	Enfoques de desarrollo y grupos de procesos en la gestión de proyectos de construcción. 31	31
2.1.3	Determinantes clave para el éxito en proyectos de construcción.....	34
2.1.4	Gestión y fases clave de la planificación en proyectos de construcción.....	35
2.1.5	Comparación entre herramientas tradicionales y tecnologías emergentes.....	36
2.1.6	Impacto de la RX y los factores críticos en la planificación de proyectos de construcción 38	38
2.1.7	Adaptabilidad en la gestión de proyectos frente a cambios imprevistos.....	40
2.1.8	Definición y tipos de cultura organizacional en proyectos de construcción.....	43
2.2	Realidad Extendida (RX).....	45
2.2.1	Realidad Aumentada (RA).....	45
2.2.2	Realidad Virtual (RV).....	46
2.2.3	Realidad Mixta (RM).....	46
2.2.4	Fundamentos de la RX.....	47
2.2.5	Componentes técnicos de la RX.....	47
2.2.6	Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción.....	48
2.2.7	Aplicaciones de la RX en la industria de la construcción.....	49
2.2.8	Factores que influyen en la adopción de tecnologías.....	51

2.3	Aplicación de la RX en la gestión de proyectos de construcción.....	53
2.3.1	Optimización en la planificación y asignación de recursos.....	54
2.3.2	Herramientas de la RX en la gestión de proyectos de construcción.....	55
2.3.3	Integración de la RX en la gestión de proyectos de construcción.....	57
2.3.4	Adaptación cultural y gestión del cambio.....	61
2.3.5	Estrategias para facilitar la adopción de tecnologías.....	63
Capítulo 3	Marco metodológico.....	67
3.1	Tipos de investigación.....	67
3.1.1	Investigación cualitativa.....	67
3.1.2	Investigación cuantitativa.....	68
3.1.3	Investigación mixta.....	68
3.2	Técnicas de análisis.....	68
3.3	Productos esperados.....	69
3.4	Etapas de recolección de información.....	80
3.4.1	Sujetos y fuentes de información.....	82
3.4.2	Técnicas y herramientas para la recopilación de datos.....	88
3.5	Etapas de análisis y procesamiento de datos.....	102
3.5.1	Productos de la investigación.....	102
3.5.2	Técnicas de procesamiento.....	109
3.5.3	Estructura de presentación de resultados.....	111
3.5.4	Operacionalización de preguntas.....	111
3.5.5	Triangulación de datos: Método cualitativo y cuantitativo.....	115
Capítulo 4	Presentación de resultados.....	120
4.1	Exposición de resultados.....	120

4.2	Objetivo 1	121
4.2.1	Principales desafíos en la planificación actual de proyectos de construcción.....	121
4.2.2	Percepción sobre la eficiencia de los métodos actuales.	125
4.2.3	Requisitos críticos identificados para RX.....	128
4.2.4	Relación con la hipótesis.....	138
4.3	Objetivo 2	138
4.3.1	Descripción y comparación de herramientas de RX.....	138
4.3.2	Opiniones de los expertos sobre las herramientas de RX.	142
4.3.3	Estudios de casos mediante referencia bibliográfica.....	149
4.3.4	Casos de éxito en la implementación de RX en construcción.	151
4.3.5	Relación con la hipótesis.....	157
4.4	Objetivo 3	158
4.4.1	Fortalezas de RX en proyectos de construcción.	158
4.4.2	Relación con la hipótesis.....	170
4.5	Objetivo 4	172
4.5.1	Recomendaciones principales para la implementación de RX.	172
4.5.2	Indicadores clave de desempeño (KPIs) para RX.	183
4.5.3	Análisis bibliográfico para soporte de recomendaciones.	188
4.5.4	Relación con la hipótesis.....	192
4.6	Resultados generales	192
4.6.1	Integración de hallazgos: Triangulación de datos	198
4.6.2	Resultados cuantitativos por objetivo.	201
4.6.3	Resultados cualitativos por objetivo.	203
4.6.4	Vinculación con la hipótesis de la investigación.	205
Capítulo 5	<i>Discusión de resultados y propuesta</i>	207

5.1	Manual de planificación en la gestión de proyectos de construcción	
	integrando herramientas de RX.....	208
5.1.1	Propósito del manual.....	208
5.1.2	Objetivos del manual.....	209
5.1.3	Introducción.....	210
5.1.4	Métodos tradicionales de planificación en construcción.....	214
5.1.5	Introducción a la realidad extendida en la construcción.....	219
5.1.6	Comparación entre métodos tradicionales y realidad extendida.....	223
5.1.7	Casos de éxito.....	224
5.1.8	Implementación práctica de RX.....	224
5.1.9	Recomendaciones y buenas prácticas.....	230
5.1.10	Beneficios tangibles de RX en la construcción.....	233
5.1.11	Enfoque estratégico para la adopción de RX.....	233
5.1.12	Conclusiones.....	234
	Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.....	236
6.1	Conclusiones.....	236
6.2	Recomendaciones.....	238
6.2.1	Corto plazo (0-1 años): Establecer las bases.....	240
6.2.2	Mediano plazo (1-3 años): Expansión y optimización.....	241
6.2.3	Largo plazo (3-5 años): Consolidación y sostenibilidad.....	241
6.3	Confirmación de la hipótesis.....	242
	Capítulo 7 Referencias bibliográficas.....	244
	Capítulo 8 Apéndices.....	253
8.1	Apéndice A: Entrevista semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción. 253	

8.2	Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción.....	255
8.3	Apéndice C: Entrevista semiestructurada para proveedores de <i>hardware</i> y <i>software</i> de Realidad Extendida (RX).....	260
8.4	Apéndice D: Instrumento de evaluación de herramientas tradicionales vs. herramientas con aplicaciones de RX en la gestión de proyectos de construcción.....	262
8.5	Apéndice E: Herramienta para Desarrollar el Caso de Estudio.....	266
8.6	Apéndice F: Revisión bibliográfica.	268
	Capítulo 9 Anexos.....	270
9.1	Anexo 1: Resultados de entrevistas semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción	270
9.2	Anexo 2: Resultados de cuestionarios: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción	294
9.3	Anexo 3: Resultado de entrevistas semiestructurada para proveedores de <i>hardware</i> y <i>software</i> de Realidad Extendida (RX)	319

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama comparativo entre metodologías tradicionales y ágiles.	28
Figura 2.2. Enfoque de desarrollo predictivo en proyectos de construcción.	30
Figura 2.3. Ejemplo de ciclo de vida predictivo.	32
Figura 2.4. Realidad extendida.	46
Figura 4.1. Principales desafíos en la planificación de proyectos de construcción.	123
Figura 4.2. Herramientas y software tradicionales utilizados en la actualidad.	125
Figura 4.3. Adopción de RX en la planificación de proyectos en los próximos 5 años.	126
Figura 4.4. Impacto relativo de perspectivas clave sobre RX.	130
Figura 4.5. Hitos significativos en las soluciones de RX en la gestión de proyectos de construcción.	133
Figura 4.6. Frecuencia de menciones por categoría.	136
Figura 4.7. Integración de herramientas RX con otras tecnologías.	139
Figura 4.8. Características que se distinguen del mercado.	140
Figura 4.9. Facilidad en el uso de las herramientas de RX.	142
Figura 4.10. Conocimiento sobre Realidad Extendida.	144
Figura 4.11. Soluciones según necesidades del usuario utilizando tecnologías.	145
Figura 4.12. Principales ventajas de la RX en la gestión y planificación de proyectos de construcción.	146
Figura 4.13. Utilización de herramientas RX en cronogramas y presupuestos.	158
Figura 4.14. Utilización de herramientas RX en la reducción de errores.	160
Figura 4.15. Comparación de herramientas de RX por variables.	161
Figura 4.16. Comparación de metodologías tradicionales con las tecnologías emergentes.	165
Figura 4.17. Comparación de métricas clave entre métodos tradicionales y RX.	168
Figura 4.18. Medidas y recomendaciones para la adopción e integración de RX.	177
Figura 4.19. Recomendaciones para la integración de RX.	180
Figura 4.20. Barreras y limitaciones en la adopción de RX.	194
Figura 4.22. Triangulación de datos: Comparación de hallazgos según fuente de información.	198
Figura 4.21. Comparación de percepciones sobre RX según tipo de sujeto encuestado.	200
Figura 5.1. Análisis de resultados.	214

Figura 5.2. Áreas de gestión exitosas con la aplicación de RX.....	219
Figura 5.3. Aplicaciones de RX en la construcción.....	220
Figura 5.4. KPIs para la evaluación del éxito de RX.....	231

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3.1. Distribución de pesos en los criterios de evaluación.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.2. Distribución de pesos de criterios de casos de estudio.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 4.1. Comparación de proyectos con RX.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 4.3. Triangulación de datos: Comparación de hallazgos según fuente de información.</i>	<i>199</i>
<i>Tabla 4.4. Comparación De Percepciones Sobre RX.....</i>	<i>201</i>
<i>Tabla 8.1. Comparación de herramientas en gestión de proyectos de construcción.</i>	<i>264</i>
<i>Tabla 8.2. Comparación de herramientas en gestión de proyectos de construcción.</i>	<i>266</i>

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Categorías de la investigación.	71
Cuadro 3.2. Relación de objetivos con preguntas generadoras.....	78
Cuadro 3.3. Organización de las técnicas de recopilación de datos.	80
Cuadro 3.4. Características esperadas de los participantes.	83
Cuadro 3.5. Fuentes de información.....	86
Cuadro 3.6. Técnicas y herramientas para la recopilación de datos.	88
Cuadro 3.7. Selección de herramientas de RX.	91
Cuadro 3.8. Resumen de herramientas seleccionadas.	95
Cuadro 3.9. Herramientas para la recolección de datos.	101
Cuadro 3.10. Productos esperados y relación con los objetivos.....	106
Cuadro 3.11. Métodos y herramientas para la recolección, procesamiento y análisis de la información.	107
Cuadro 3.12. Operacionalización de preguntas.	112
Cuadro 4.1. Organización de los resultados por objetivos específicos.....	120
Cuadro 4.2. Clasificación y conteo de respuestas por categoría.	123
Cuadro 4.3. Requisitos críticos para la adopción de RX.	128
Cuadro 4.4. Clasificación de respuestas en hitos clave.	133
Cuadro 4.5. Principales desafíos en la planificación actual.....	137
Cuadro 4.6. Clasificación de respuestas en características clave.	141
Cuadro 4.7. Clasificación de respuestas en métodos de adaptación.....	146
Cuadro 4.8. Clasificación de las respuestas en categorías.....	147
Cuadro 4.9. Cuadro comparativo de herramientas RX.	150
Cuadro 4.10. Casos de éxito con aplicaciones de RX.	151
Cuadro 4.11. Métodos tradicionales en comparación con la aplicación RX.....	155
Cuadro 4.12. Beneficios de las herramientas RX frente a los métodos tradicionales.	163
Cuadro 4.13. Recomendaciones de la implementación de RX en proyectos de construcción.	172
Cuadro 4.14. Evolución de tecnologías de RX en los próximos 5 años.	185
Cuadro 4.15. Desafíos del futuro de RX e IA en la construcción.	186

Cuadro 4.16. <i>Cuadro de análisis bibliográfico.....</i>	<i>188</i>
Cuadro 4.17. <i>Correlaciones entre objetivos y hallazgos.....</i>	<i>193</i>
Cuadro 4.18. <i>Resultados cuantitativos de los objetivos.</i>	<i>201</i>
Cuadro 5.1. <i>Barreras y estrategias de superación para implementación de RX.</i>	<i>213</i>
Cuadro 5.2. <i>Áreas clave de conocimiento en la planificación.</i>	<i>215</i>
Cuadro 5.3. <i>Herramientas tradicionales en la planificación de proyectos de construcción.</i>	<i>217</i>
Cuadro 5.4. <i>Aspectos clave para la implementación de RX.....</i>	<i>222</i>
Cuadro 5.5. <i>Comparación de métodos tradicionales con herramientas de RX.</i>	<i>223</i>
Cuadro 8.1. <i>Ficha bibliográfica.....</i>	<i>268</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

BIM: *Building Information Modeling* (BIM, modelado de información para la construcción).

BP: Buenas prácticas.

CAD: Diseño Asistido por Computadora

CCC: Cámara Costarricense de la Construcción.

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica.

CIEMI: Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales.

CPM: Método de la Ruta Crítica.

FCE: Factores críticos de éxito.

IA: Inteligencia artificial.

IoT: Internet de las cosas.

KPI: Indicadores clave de desempeño.

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

PERT: Técnica de revisión y evaluación de programas.

PMBOK®: *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK, cuerpo de conocimiento en gestión de proyectos).

PMI®: *Project Management Institute* (PMI, Instituto de Gestión de Proyectos).

RA: Realidad aumentada.

RPA: Automatización robótica de procesos.

RV: Realidad virtual.

RX: Realidad extendida.

TAM: Modelo de Aceptación de Tecnología.

TI: Tecnologías de la Información.

RESUMEN

La planificación de proyectos de construcción enfrenta desafíos debido a la falta de herramientas que permitan visualizar de manera inmersiva y precisa las etapas tempranas del proyecto, lo que genera errores, retrabajos y sobrecostos.

Los métodos tradicionales, como diagramas de *Gantt* y el Método del Camino Crítico (CPM), presentan limitaciones en la anticipación de conflictos y en la colaboración interdisciplinaria.

En este contexto, la Realidad Extendida (RX), que integra la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV), surge como una alternativa innovadora para mejorar la precisión, optimizar la comunicación y reducir errores en la planificación.

El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto de la RX en la planificación de proyectos de construcción y analizar su viabilidad en la industria. Para ello, se empleó una metodología mixta que incluyó revisión de literatura, entrevistas con expertos y análisis de casos de estudio.

Los resultados indican que la RX contribuye a mejorar la precisión en la planificación al reducir los errores en la fase de diseño en un 40 %, fortalecer la comunicación entre equipos con un aumento del 60 % en la eficiencia colaborativa y optimizar los tiempos de planificación en un 35 %.

Estos beneficios se deben a la capacidad de la RX para proporcionar modelos tridimensionales inmersivos que facilitan la detección temprana de conflictos estructurales y operativos, minimizando errores antes de la ejecución del proyecto.

Los casos de estudio demuestran que la RX contribuye a una mejor coordinación en proyectos de construcción, a la optimización de recursos y a la reducción de riesgos. Aun así, su adopción se ve limitada por barreras como los altos costos, la resistencia al cambio y la necesidad de capacitación técnica, especialmente en empresas con menor capacidad tecnológica.

Aun así, los resultados indican que la RX puede transformar la planificación en el sector, promoviendo mayor eficiencia, sostenibilidad y reducción de costos a través de su integración progresiva.

Palabras clave: Realidad extendida, planificación de proyectos, realidad aumentada, realidad virtual, construcción, tecnologías emergentes, eficiencia.

ABSTRACT

Construction project planning faces challenges due to the lack of tools that enable immersive and precise visualization of early project stages, leading to errors, rework, and cost overruns.

Traditional methods, such as *Gantt* charts and the Critical Path Method (CPM), have limitations in anticipating conflicts and fostering interdisciplinary collaboration. In this context, Extended Reality (XR), which integrates Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR), emerges as an innovative alternative to enhance accuracy, optimize communication, and reduce planning errors.

The objective of this research is to evaluate the impact of XR on construction project planning and analyze its feasibility in the industry.

A mixed-methods approach was employed, including a literature review, expert interviews, and case study analysis.

The results show that XR improves planning accuracy by reducing design phase errors by 40%, enhances communication among work teams with a 60% increase in collaborative efficiency, and optimizes planning times by 35%.

These benefits stem from XR's ability to provide immersive three-dimensional models that facilitate early detection of structural and operational conflicts, minimizing errors before project execution.

Case studies demonstrate that XR improves coordination in construction projects, optimizes resource management, and minimizes risks.

However, its adoption faces barriers such as high initial costs, resistance to change, and the need for specialized technical training, limiting its implementation in companies with lower technological capacity.

Nevertheless, findings suggest that XR has the potential to transform sector planning by promoting greater efficiency, sustainability, and cost reduction through its progressive integration.

Keywords: Extended reality, project planning, augmented reality, virtual reality, construction, emerging technologies, efficiency.

INTRODUCCIÓN

La integración de tecnologías emergentes en la planificación de proyectos de construcción se ha convertido en un tema crucial ante los desafíos que enfrenta el sector, como el aumento de costos, retrasos y la necesidad de precisión en la toma de decisiones.

Entre estas tecnologías, la realidad extendida (RX), que incluye la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV), destaca por su potencial para transformar la forma en que los equipos multidisciplinarios visualizan, colaboran y optimizan procesos clave durante las fases iniciales de los proyectos.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la capacidad de las herramientas de RX para mejorar la planificación de proyectos de construcción mediante un análisis comparativo con los métodos tradicionales.

Se plantea cómo estas tecnologías pueden abordar limitaciones actuales, como la falta de precisión en cronogramas y la comunicación entre los interesados, promoviendo una planificación más eficiente y colaborativa. Para ello, se exploran casos de estudio, entrevistas con expertos y análisis bibliográficos que permiten identificar los beneficios, desafíos y aplicaciones prácticas de estas tecnologías en el sector.

La investigación está estructurada en seis capítulos que abordan de manera integral los aspectos más relevantes del estudio.

En el primer capítulo se presentan las generalidades de la investigación, que incluyen los antecedentes, el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos, el alcance y las limitaciones del proyecto, estableciendo el marco conceptual necesario para el análisis.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico, profundizando en conceptos como la gestión de proyectos, las metodologías tradicionales y ágiles, así como en los fundamentos de la RX y su impacto en el sector de la construcción.

Posteriormente, en el tercer capítulo se describe el marco metodológico, detallando el diseño de la investigación, las técnicas de recolección y análisis de datos, así como las herramientas seleccionadas para evaluar las capacidades de las tecnologías emergentes.

El cuarto capítulo se centra en la presentación de los resultados, exponiendo la comparación entre herramientas de RX y métodos tradicionales, así como las evaluaciones de expertos y los principales hallazgos de la investigación.

En el quinto capítulo se discuten los resultados obtenidos y se presentan recomendaciones para la implementación práctica de la RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción.

Finalmente, en el sexto capítulo se presentan las conclusiones del trabajo, destacando los aportes principales, las implicaciones de las tecnologías emergentes y las recomendaciones para futuras investigaciones en este campo.

Este trabajo busca aportar un marco analítico que permita a la industria de la construcción aprovechar las ventajas de las tecnologías emergentes, promoviendo una gestión de proyectos más eficiente, precisa y sostenible.

Capítulo 1 Generalidades de la investigación

Este primer capítulo presenta el marco conceptual y contextual de la investigación, que se centra en la gestión de la planificación en proyectos de construcción y la aplicación de tecnologías emergentes como la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA).

Se exploran los antecedentes teóricos que sustentan la transformación digital en la industria de la construcción, destacando cómo las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han revolucionado la eficiencia y la creación de nuevos modelos de negocio.

El capítulo también aborda los desafíos actuales que enfrentan los proyectos de construcción al incorporar estas innovaciones tecnológicas, considerando la gestión de costos, cronogramas, calidad y recursos humanos.

Este capítulo también revisa los métodos tradicionales y emergentes en la gestión de proyectos, subrayando la transición hacia metodologías ágiles facilitadas por herramientas avanzadas como el *Building Information Modeling* (BIM).

Finalmente, se analizan las implicaciones e impactos potenciales de la RA y la RV en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, estableciendo la base para la formulación de la hipótesis y los objetivos de la investigación.

Este enfoque integral permite comprender de manera profunda cómo la integración de tecnologías emergentes puede optimizar la gestión de proyectos de construcción, promoviendo una mayor precisión, colaboración y sostenibilidad en un entorno global dinámico.

1.1 Antecedentes de la investigación (Estado del arte)

El mundo ha experimentado cambios rápidos y profundos en las últimas décadas, en gran parte debido al impacto de las TIC y otras innovaciones tecnológicas emergentes.

Estas aplicaciones han transformado la economía mundial, la vida cotidiana de la sociedad y diversas industrias. Según Carayannis et al. (2021), las TIC han mejorado la conectividad y acelerado los canales de comunicación, permitiendo la automatización de procesos en diversos sectores.

Este avance ha impulsado la eficiencia y facilitado la creación de nuevos modelos de negocio adaptables a entornos digitales en constante evolución.

Las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT) y la realidad extendida (RX), que incluye la RA y la RV, han permitido a las empresas

evolucionar en sus respectivos sectores. En particular, áreas como la gestión de datos, la toma de decisiones y la ejecución de tareas complejas y áreas de infraestructura se han transformado.

Estas tecnologías no solo han automatizado procesos repetitivos, sino que también han ayudado a reducir los costos operativos, disminuyendo tanto tiempos como costos, dos factores clave para cualquier empresa (Lu et al., 2020).

En el contexto del sector de la construcción, Sacks et al. (2020) destacan que las nuevas tecnologías han comenzado a jugar un papel importante en la modernización y optimización de los proyectos.

Herramientas digitales, como el modelado de información de construcción (BIM) y las plataformas integradas con TIC, han mejorado la coordinación y planificación de proyectos a gran escala. La integración de la RX, por su parte, ha facilitado la visualización de proyectos en tiempo real, permitiendo a los equipos prever problemas y realizar ajustes antes de la fase de construcción física, lo que minimiza errores costosos (Li et al., 2022).

La aplicación de la inteligencia artificial en la construcción es crucial para fomentar la automatización de procesos y mantener la eficiencia en las operaciones.

Por otro lado, la innovación de los *digital twins* (gemelos digitales), que son réplicas virtuales de objetos, sistemas o procesos físicos, permite simular y analizar su comportamiento en tiempo real. Esto facilita la homologación de un proyecto físico a uno digital, visualizando todas las etapas de desarrollo y aplicando metodologías que optimizan la productividad en la construcción (Li et al., 2020).

En resumen, la adopción de las TIC y tecnologías emergentes en la industria de la construcción y a nivel empresarial ha permitido una mayor precisión y eficiencia en la ejecución de proyectos, lo que favorece la competitividad y sostenibilidad en un entorno global donde las demandas y necesidades del usuario deben ser resueltas de manera rápida y efectiva.

Según Masood et al. (2021), la capacidad de estas tecnologías para mejorar la colaboración entre equipos y optimizar el uso de los recursos está transformando la industria de la construcción hacia un modelo más ágil y resiliente.

1.1.1 Evolución de la adopción de tecnologías en proyectos de construcción.

La industria de la construcción ha experimentado una evolución significativa en las herramientas y tecnologías utilizadas para la planificación y ejecución de proyectos.

Esta evolución puede dividirse en tres fases principales: herramientas manuales, la era de digitalización con *software* especializado como CAD y BIM, y la integración de tecnologías emergentes como la RA y la RV.

Fase de herramientas manuales: En los inicios de la construcción moderna, los procesos de planificación y ejecución se llevaban a cabo de forma manual, utilizando planos impresos y técnicas rudimentarias.

La coordinación entre los equipos y la precisión en los proyectos dependían en gran medida de la habilidad individual de los arquitectos e ingenieros, lo que hacía que los errores en la planificación fueran comunes y costosos de corregir (Kerzner, 2020).

Fase de digitalización inicial: Con la introducción del Diseño Asistido por Computadora (CAD) en la década de 1980, la industria dio un gran salto hacia la digitalización. CAD permitió a los arquitectos y diseñadores crear modelos más precisos y detallados de los proyectos, facilitando la visualización y coordinación de las fases de construcción (Azhar et al., 2021).

Esto redujo errores y mejoró la precisión en la ejecución. Sin embargo, aunque CAD ofrecía una herramienta potente para el diseño, no proporcionaba una integración completa de todas las disciplinas involucradas en un proyecto de construcción.

Fase de integración con *Building Information Modeling* (BIM): En la década de 2000, el *Building Information Modeling* (BIM) revolucionó la industria al ofrecer un enfoque integrador que permite gestionar información tridimensional (3D) y de múltiples dimensiones (4D, 5D) de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida. BIM no solo mejoró la precisión y eficiencia en la planificación y ejecución, sino que también permitió una mayor colaboración entre los distintos actores de un proyecto, como arquitectos, ingenieros, contratistas y propietarios (Succar et al., 2020). Este modelo centralizado facilitó la detección de conflictos antes de la fase de construcción física, reduciendo significativamente los aumentos de costos y los retrasos.

Fase de tecnologías emergentes: Más recientemente, la adopción de tecnologías emergentes como la RA y la RV ha abierto nuevas posibilidades en la gestión de proyectos. Estas tecnologías permiten a los equipos proyectar modelos virtuales sobre sitios reales, facilitando la visualización inmersiva de los proyectos en tiempo real.

Esto ha permitido detectar problemas potenciales de diseño o ejecución antes de que ocurran, optimizando aún más los procesos y mejorando la colaboración entre los equipos multidisciplinarios (García & López, 2021).

La combinación de BIM con RA y RV ha permitido a la industria avanzar hacia una digitalización completa, donde la planificación y ejecución son procesos cada vez más precisos y colaborativos.

Estas herramientas han demostrado su eficacia en la reducción de costos y tiempos, así como en la mejora de la calidad de los proyectos. No obstante, su adopción no ha sido uniforme, lo que crea una brecha significativa en su implementación efectiva en la industria global de la construcción.

1.1.2 Desafíos contemporáneos en la gestión de proyectos de construcción.

En los últimos años, la integración de tecnologías emergentes ha transformado significativamente la gestión de proyectos, especialmente en las áreas clave identificadas por el *Project Management Institute* (PMI), tales como la gestión de la integración, el alcance, el tiempo, los costos, la calidad, los recursos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y las partes interesadas.

Estas tecnologías han proporcionado nuevas formas de visualizar, planificar y gestionar. Según Khan et al. (2021), la aplicación de estas herramientas en la gestión de proyectos ha permitido una mayor precisión en la ejecución y una mejor integración de los procesos.

Estudios recientes han demostrado que estas tecnologías no solo facilitan la coordinación de equipos y la planificación de cronogramas, sino que también optimizan costos y recursos, transformando la industria de la construcción y otros sectores productivos (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2023).

Según El Khatib (2024), la disrupción digital ha modificado los comportamientos, necesidades y expectativas en la sociedad, el mercado y la industria de la gestión de proyectos. El autor señala que la RX ha sido protagonista de estos cambios, creando nuevas demandas por parte de los consumidores, quienes influyen directamente en las decisiones de los proyectos.

El PMI, en su guía del cuerpo de conocimiento (PMBOK), establece y agrupa las áreas de un proyecto en diez categorías fundamentales para el desarrollo de cualquier iniciativa.

Si a estas áreas se les aplica la integración de tecnologías emergentes, se pueden experimentar cambios significativos. Diversos autores han señalado que estas áreas reciben un impacto considerable con la adopción de estas tecnologías, transformando la manera en que se gestionan los proyectos.

- **Gestión de la integración:** Según Elghaish et al., (2020), estas tecnologías permiten una toma de decisiones más informada y una mejor coordinación general del proyecto.

Un desafío significativo radica en la integración de múltiples sistemas y plataformas tecnológicas, lo que puede generar problemas de compatibilidad y requerir una capacitación extensa del personal.
- **Gestión del alcance:** Wang et al., (2020) demostraron que, mediante el uso de la RA, se redujeron significativamente los cambios de alcance durante la ejecución del proyecto.

Los interesados pueden “caminar” virtualmente por el edificio y, a su vez, identificar posibles cambios o mejoras en el diseño. Esto puede presentar problemas debido a la resistencia al cambio de los *stakeholders* y a la necesidad de una infraestructura tecnológica avanzada.
- **Gestión de cronograma:** Getuli et al., (2020) mostraron que el uso de estas tecnologías en la planificación de la construcción mejora el control del cronograma mediante la secuenciación de actividades y la detección temprana de conflictos, lo que resulta en una reducción de hasta un 15 % en los tiempos de ejecución. No obstante, la implementación de estas tecnologías puede ser costosa y requerir una inversión significativa en *software* y *hardware*.
- **Gestión de costos:** Hasan et al., (2022) encontraron que el uso de modelos 3D en RA permite estimaciones presupuestarias más precisas y reduce el riesgo de aumento de costos, disminuyendo los errores de estimación en un 40 %. Uno de los principales problemas que se enfrenta es la alta inversión inicial y la necesidad de personal capacitado para manejar estas tecnologías.
- **Gestión de la calidad:** Li et al., (2021) demostraron el impacto de la RA en la mejora de los procesos de control de calidad al desarrollar herramientas que permiten a los inspectores identificar y documentar defectos de construcción con mayor precisión.

La falta de estandarización y la necesidad de formación especializada pueden ralentizar la adopción de estas tecnologías.
- **Gestión de recursos humanos:** Sacks et al., (2019) destacaron que la RV ofrece nuevas posibilidades para la capacitación del personal en temas de seguridad en la construcción, lo que resultó en una reducción del 25 % en accidentes laborales. La aceptación y

adaptación del personal a nuevas formas de capacitación y la inversión en equipos de RV pueden presentarse como desafíos dentro de la organización.

- **Gestión de la comunicación:** Brito et al. (2019) encontraron que el uso de modelos 3D en RA mejoró la toma de decisiones colaborativas y redujo los malentendidos en un 40 % durante las reuniones de proyectos, mejorando significativamente la comunicación entre los *stakeholders*. Una brecha importante que se presenta en esta área de conocimiento es asegurar que todos los participantes tengan acceso y estén familiarizados con las tecnologías utilizadas.
- **Gestión de riesgos:** Li et al., (2021) demostraron que el uso de simulaciones de RV para la planificación de seguridad permite una mejor identificación y evaluación de riesgos, reduciendo hasta en un 60 % la ocurrencia de accidentes en proyectos de construcción. El desafío para la organización es la integración de estas simulaciones en los procesos de planificación existentes y la aceptación por parte del personal.
- **Gestión de adquisiciones:** Hou et al., (2021) indicaron que el uso de RA en la gestión de inventarios mejora la precisión de los pedidos y la eficiencia del almacenamiento, reduciendo errores en un 30 %. Uno de los principales problemas que se presenta en esta área es la implementación de sistemas de RA en entornos de almacenamiento tradicionales y la capacitación del personal.
- **Gestión de interesados:** Du et al., (2020) mostraron que el uso de modelos de RV disminuye los cambios y conflictos entre los interesados durante la ejecución, mejora su comprensión de los diseños y aumenta su satisfacción en un 55 %. El desafío que se puede presentar es la resistencia al cambio y la necesidad de una infraestructura tecnológica adecuada.

Los estudios mencionados han demostrado que la integración de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos tiene un impacto significativo en diversas áreas de conocimiento del PMBOK, optimizando múltiples aspectos de la gestión de proyectos.

Noghabaei et al., (2020) identificaron brechas importantes en la implementación de estas tecnologías en el sector de la construcción.

Aunque las tecnologías emergentes como la RA y la RV han mostrado un impacto positivo en la planificación y gestión de proyectos de construcción, existe una falta de estudios empíricos que comparen directamente su efectividad con las metodologías tradicionales.

Esta brecha es especialmente notable en la aplicación de la RX en la optimización de la precisión en cronogramas y reducción de costos asociados.

Noghabaei et al., (2020) señalaron que, a pesar de los beneficios potenciales, la capacitación del personal y la inversión inicial requerida son obstáculos para la adopción generalizada de estas tecnologías en la industria. En particular, el desafío de la aceptación por parte de todos los *stakeholders* se ha identificado como un factor crítico para la adopción efectiva de las tecnologías emergentes. Destacaron la falta de estándares y marcos de trabajo unificados, lo que dificulta una implementación efectiva.

A pesar de que las herramientas mejoran la visualización y planificación de los proyectos, persisten desafíos relacionados con la interoperabilidad de los sistemas y la resistencia al cambio por parte de los usuarios.

A pesar de los obstáculos para la adopción completa de las tecnologías emergentes, el desarrollo de nuevas herramientas y la expansión de estudios es un indicio de que estas tecnologías probablemente desempeñarán un papel cada vez más importante en la modernización del sector de la construcción.

A pesar de los desafíos identificados, como la falta de estándares y la resistencia al cambio, los estudios demuestran que estas tecnologías aportan mejoras significativas en áreas claves. La adopción de estas tecnologías no solo ayudará a cerrar la brecha entre el ámbito académico y profesional, sino que también permitirá a las empresas mantenerse competitivas en un entorno global en constante cambio (Noghabaei et al., 2020; Skanska, 2023).

1.1.3 Comparación entre métodos tradicionales y emergentes en la gestión de proyectos.

En los últimos años, los proyectos de construcción han experimentado una evolución significativa en las metodologías de gestión empleadas.

Tradicionalmente, estos proyectos se gestionaban bajo enfoques predictivos, también conocidos como modelos en cascada o *waterfall*, donde la planificación se realizaba de manera secuencial y detallada, desde el inicio hasta el final.

Este enfoque se presentaba en entornos establecidos, donde sus condiciones eran constantes en todo el ciclo de vida del proyecto.

La rigidez de estos modelos fue un punto crítico, ya que enfrentaban como su mayor desafío los cambios inesperados o modificaciones en los requisitos del proyecto que se desarrollaban a medida que este avanzaba.

Estos obstáculos revelaron la necesidad de adoptar metodologías más flexibles y adaptables para gestionar con mayor eficacia los proyectos de construcción en entornos cambiantes (Melo et al., 2021).

Con el tiempo, la necesidad de una mayor flexibilidad en la gestión de proyectos, especialmente en sectores con constante dinamismo como la construcción, impulsó la adopción de enfoques ágiles.

Inspirado en la metodología *Agile*, utilizada en el desarrollo de *software*, que se centra en la adaptabilidad, permitiendo que los proyectos se desarrollen de manera iterativa e incremental.

En lugar de definir cada detalle desde el comienzo, los equipos pueden ajustar el curso del proyecto en función de la retroalimentación continua, cambios en los requisitos o nuevos descubrimientos a medida que el proyecto avanza (Conforto et al., 2020).

Este enfoque ha demostrado ser especialmente útil en proyectos de construcción, donde los ajustes durante el desarrollo son comunes debido a factores como las condiciones en sitio o cambios en las especificaciones por parte de los interesados. Así, las metodologías ágiles han permitido que los proyectos sean más receptivos y eficaces frente a los desafíos que surgen a lo largo de su ejecución (Gao et al., 2020).

El cambio hacia las metodologías ágiles en el sector de la construcción ha sido apoyado por la integración de tecnologías avanzadas que permiten mayor transparencia y colaboración en tiempo real.

Una de las principales innovaciones en este ámbito es el BIM, que ha transformado la forma de gestionar los proyectos.

Este modelo no solo ofrece proyectos tridimensionales (3D), sino que también integra información relevante sobre el ciclo de vida de los activos, desde etapas como la planificación hasta el mantenimiento o control.

Al reunir datos visuales y técnicos en una plataforma centralizada, BIM facilita la toma de decisiones informadas y la colaboración entre los actores del proyecto, como arquitectos, ingenieros, contratistas y propietarios (Wu et al., 2019).

La adopción de esta nueva tecnología ha podido facilitar la transición de los enfoques predictivos hacia ágiles, ya que permite identificar problemas antes de la construcción física y simular diferentes escenarios.

BIM promueve una mayor alineación entre los involucrados en el proyecto, ya que todos pueden acceder a un modelo digital actualizado, lo que fomenta la colaboración y reduce malentendidos (Succar et al., 2020).

La gestión de proyectos de construcción ha pasado de metodologías secuenciales a enfoques más flexibles y adaptativos. Esta evolución ha sido impulsada por la necesidad de ajustarse a un entorno cada vez más complejo y cambiante, donde la precisión y la capacidad de respuesta son esenciales.

Este avance ha mejorado el camino para la integración de tecnologías aún más innovadoras, como la RV y la RA, en la gestión de proyectos de construcción (Migilinskas et al., 2019).

Dentro de las metodologías aplicadas en la gestión de proyectos que existen en el sector de la construcción más común, que facilitan la implementación y seguimiento de los procesos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto, están las siguientes:

1. **Scrum**: Esta metodología se basa en la entrega continua de productos, dividiendo el proyecto en fases cortas llamadas *sprints*. Cada *sprint* incluye un inicio, desarrollo y cierre, entregando un producto con funcionalidad completa al finalizar. Es utilizada en proyectos complejos, donde la gestión de cambios y riesgos es una constante, ya que estos proyectos suelen enfrentar múltiples ajustes a lo largo de su desarrollo (Schwaber & Sutherland, 2020).
2. **Kanban**: Se enfoca en la priorización de las tareas más importantes o críticas para un proyecto, centrando la atención en generar valor al cliente sin incurrir en gastos adicionales. A través de herramientas como *Trello* y el Diagrama de *Gantt*, *Kanban* facilita la visualización de las tareas y el flujo de trabajo, permitiendo una gestión más ágil (Ahmad et al., 2019).
3. **Lean construction**: Esta metodología busca maximizar el desempeño del equipo y minimizar los desperdicios tanto en los procesos como en el producto final. Utiliza herramientas como el Mapa de Cadena de Valor (*Value Stream Mapping*, VSM) y el Sistema del Último Planificador (*Last Planner System*) para mejorar la eficiencia y eliminar actividades que no añaden valor (Sacks et al., 2020).
4. **Building Information Modeling (BIM)**: Es una de las metodologías más populares en el sector de la construcción. BIM permite gestionar proyectos en todas sus fases mediante la creación de modelos digitales 3D, lo que facilita la coordinación entre los diferentes

equipos y disciplinas. Entre sus beneficios destacan la detección temprana de errores y la reducción de costos y tiempos (Azhar et al., 2021).

5. **Six Sigma:** Esta metodología se enfoca en la mejora continua de los procesos, reduciendo la posibilidad de errores y minimizando la variabilidad en la ejecución de proyectos. Las fases de Six Sigma incluyen la definición, medición, análisis, mejora y control (DMAIC), lo que ayuda a asegurar la calidad en cada etapa del proyecto (Taghizadegan et al., 2019).

Finalmente, la evolución de las metodologías de gestión de proyectos en el sector de la construcción ha sido impulsada por la necesidad de adaptarse a un entorno cada vez más dinámico y complejo.

El cambio de enfoques tradicionales, como el modelo predictivo o en cascada, hacia metodologías ágiles, ha permitido mejorar la capacidad de respuesta ante cambios inesperados y ha facilitado la colaboración efectiva entre los actores involucrados en el proyecto.

Tecnologías emergentes, como el BIM, han jugado un papel importante en esta transformación, al ofrecer herramientas que permiten una gestión más eficiente y precisa a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (Li et al., 2020).

La evolución no se detiene aquí; la integración de innovaciones tecnológicas más avanzadas, como la RA y la RV, promete llevar la gestión de proyectos a un siguiente paso.

El siguiente apartado analiza cómo la RA y la RV están revolucionando la gestión de proyectos, abriendo nuevas posibilidades para enfrentar los retos y las complejidades de los entornos contemporáneos en la construcción.

1.1.4 La RA y la RV en proyectos de construcción.

La RA y la RV han demostrado ser herramientas valiosas en diversas áreas del mercado, a pesar de su potencial, estas tecnologías aún no han sido plenamente exploradas en muchos contextos (Sidani et al., 2021).

Estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para transformar la manera en que se gestionan y ejecutan los proyectos. En los siguientes estudios se puede visualizar como la aplicación de RA y RV en la construcción ofrece múltiples beneficios, algunas de las ventajas que se puede dar son las siguientes:

- **Ahorro en planos y maquetas físicas:** Lovreglio et al. (2020) realizaron una investigación sobre cómo las empresas constructoras en Nueva Zelanda redujeron significativamente el uso de maquetas físicas debido a la implementación de la RV. Al

visualizar proyectos de construcción complejos en entornos virtuales, las empresas lograron disminuir los costos de producción de maquetas y planos en un 40 %.

- **Interacción física y virtual con el diseño:** El proyecto *Collaborative Design Review in Virtual Reality* de la Universidad de Stanford (2021) documentó la interacción de los usuarios con los modelos de diseño en RV, permitiendo que los equipos ajustaran elementos como el mobiliario y la iluminación en tiempo real. Este estudio destacó una mejora del 25 % en la colaboración entre arquitectos y clientes.
- **Supervisión y control de avances operativos:** Zhang et al. (2019) mostraron en su estudio cómo las tecnologías de RA, empleadas para mejorar la supervisión de proyectos de construcción en China, permitieron monitorear las obras en tiempo real, reduciendo el tiempo de respuesta en hasta un 30 % en problemas operativos.
- **Adaptación de cambios en tiempo real:** Shen y Wu (2020), en su estudio, documentaron cómo una constructora en Hong Kong utilizó la RA para hacer ajustes en tiempo real durante la fase de construcción, lo que resultó en hasta un 15 % de ahorro en tiempos de corrección de errores. Esto fue posible gracias a la capacidad de la tecnología para superponer modelos digitales sobre las superficies físicas del sitio a intervenir.
- **Generación de expectativas reales para el cliente:** El caso de estudio de Lin et al. (2019) analizó cómo las empresas en Taiwán utilizan la RV para que los clientes experimenten de forma inmersiva los diseños antes de la construcción. Esto logró mejorar en la satisfacción del cliente hasta un 40 %, lo cual trajo como resultado la reducción de los conflictos en la entrega de los proyectos.
- **Mejora en la toma de decisiones:** Choi et al. (2021), en su estudio, observaron que la implementación de RV en proyectos residenciales en Corea del Sur permitió que los clientes tomaran decisiones más fundamentadas y con mayor rapidez, lo que a su vez redujo los retrasos en el proceso de construcción en un 20 %.

El uso de tecnologías emergentes como la RA y la RV en el sector de la construcción ha demostrado ser prometedor, pero la adopción de estas herramientas aún enfrenta varios desafíos.

Estos obstáculos incluyen tanto barreras tecnológicas como organizacionales dentro de las áreas de conocimiento de una gestión de proyectos, lo que dificulta su implementación plena y

efectiva. Entre los principales retos en las áreas de conocimiento tradicionales que se ven afectadas por estos desafíos se encuentran:

- **Cultura organizacional:** Hartmann y Levitt (2020), en su estudio sobre empresas constructoras en los Países Bajos, revelaron que el 65 % de las empresas considera la resistencia organizacional como una de las principales barreras para la aceptación de la RV y la RA.

El estudio destacó que muchas empresas tradicionales temen la implementación de estas tecnologías, lo que provoca ineficiencias en las primeras etapas de adaptación. La investigación concluyó que el éxito del 35 % en la adopción depende de un enfoque gradual, acompañado de un cambio cultural liderado desde la alta dirección.

- **Capacitaciones técnicas:** En un estudio realizado por Bessa et al. (2021) en Brasil, se observó que la capacitación constante del personal es uno de los principales desafíos para la adopción de tecnologías como la RA en los proyectos de construcción. El 70 % de las empresas que participaron en el estudio indicaron que la curva de aprendizaje inicial aumentó los costos en un 25 % y retrasó la implementación.

La investigación concluyó que, a pesar de ello, las empresas invirtieron en programas de formación, logrando una eficiencia del 20 % a nivel operativo a largo plazo.

- **Costos:** Wang et al. (2019), en un estudio realizado con empresas de construcción en el Reino Unido, encontraron que el 60 % de las empresas afirmó que el costo inicial de adquisición de tecnologías de RV y RA era una de las principales barreras.

Los desafíos no solo incluían los altos costos de *hardware* y *software*, aproximadamente £50,000 por proyecto, sino también los costos recurrentes de mantenimiento y actualización.

El estudio se enfocó en la aplicación que fue utilizada por las empresas; un 15 % de ellas sí invirtió en estas tecnologías, logrando una reducción de costos operativos en las etapas de planificación y ejecución de proyectos, lo que resultó en un ahorro total de hasta £100,000 por proyecto a largo plazo.

- **Gestión de calidad:** El estudio realizado por Dossick y Neff (2019) en Estados Unidos destacó la importancia de disponer de herramientas de *software* capaces de manejar grandes volúmenes de datos generados por la RV y la RA.

El 55 % de las empresas no contaban con plataformas robustas, lo que generaba problemas de eficiencia y calidad en la ejecución de proyectos. En cambio, las empresas que invirtieron en estas tecnologías lograron mejoras del 30 % en la gestión de calidad y una reducción del 20 % en los errores durante la etapa de planificación.

- **Gestión de recursos:** Un estudio realizado por Karan et al. (2021) investigó cómo la integración de la RA y la RV con los sistemas tradicionales de gestión de recursos en proyectos de construcción en Canadá generó complicaciones iniciales en el 40 % de los casos. Las plataformas tradicionales utilizadas no siempre eran compatibles con las nuevas herramientas digitales, lo que ralentizó la integración.

El estudio encontró que el 10 % de las organizaciones que implementaron soluciones integradas lograron superar estos desafíos técnicos y mejorar la gestión de recursos en sus proyectos en un 25 %.

Los avances tecnológicos, como la RA y la RV, están marcando un antes y un después en el sector de la construcción. A medida que continúen desarrollándose y adoptándose más ampliamente, RA y RV seguirán transformando el sector de la construcción, ofreciendo soluciones a problemas tradicionales y mejorando las experiencias para los usuarios.

1.1.5 Impactos potenciales de la RA y RV en el sector de la construcción.

Las tecnologías de RA y RV están transformando las necesidades de los usuarios finales en la gestión de proyectos de construcción.

Este cambio ha llevado a las organizaciones a enfrentar desafíos operacionales, organizacionales y económicos para adaptarse a los nuevos avances tecnológicos.

Según El Khatib (2024), la transformación digital ha mejorado significativamente la experiencia del consumidor, destacando el uso de dispositivos móviles, aplicaciones, aprendizaje continuo y automatización como elementos clave en la interacción con tecnologías como la RA y la RV.

Es importante señalar que, hasta la fecha, los estudios realizados se han centrado en elementos específicos de estas tecnologías, analizando casos particulares y aplicaciones puntuales, pero no han abordado de manera integral todas las implicaciones y el impacto global de la RA y la RV en la industria de la construcción.

La implementación de estas tecnologías ha acelerado la disrupción digital en la industria, provocando un cambio en las expectativas de los consumidores y patrocinadores, y generando nuevas demandas y tendencias de inversión.

Un estudio realizado en Emiratos Árabes Unidos entrevistó a tres gerentes que utilizaron RA y RV en la toma de decisiones en la gestión de proyectos, reportando beneficios como el uso de análisis de big data, inteligencia artificial para la segmentación de clientes, Internet de las Cosas (IoT), metaverso, tecnologías 5G, reconocimiento facial, computación en la nube, automatización robótica de procesos (RPA) y plataformas de drones.

Estas tecnologías no solo han alterado las herramientas y métodos utilizados en el sector de la gestión de proyectos, sino que también han impactado la industria y la sociedad en general, modificando comportamientos, expectativas y necesidades dentro de la comunidad, el mercado y las empresas.

Diversas industrias ya han incorporado la RA y la RV en sus operaciones. En el sector automotor, empresas como Unity colaboran con Audi para pruebas de automóviles, con *Volkswagen* para la formación, y con *Cadillac* para crear salas de exposición virtual.

En educación, *Google Expeditions* ha permitido a los profesores realizar viajes inmersivos utilizando estas tecnologías. Asimismo, en la gestión de proyectos virtuales, Mihić, Petrović y Obradović (2020) destacan la importancia de la comunicación y la colaboración entre equipos.

Estas herramientas son tendencias tecnológicas dominantes con proyecciones de crecimiento significativas. Según GutCheck (2021), el mercado de RA se estimaba en 120 mil millones de dólares para 2020, mientras que el mercado combinado de RA y RV alcanzaría los 150 mil millones de dólares.

Zaher et al. (2022) realizaron un estudio que integró tecnologías de RA móvil con Microsoft Project y Primavera, demostrando su eficacia en la programación y el monitoreo de cronogramas en proyectos de construcción.

Este enfoque permitió mejorar la precisión en la programación, un área clave dentro del PMBOK. De manera similar, Hui et al. (2021) confirmaron que la RA puede ser utilizada efectivamente para la gestión de tareas de seguridad, proporcionando un enfoque visual y dinámico para la identificación y mitigación de riesgos en un proyecto de construcción.

En cuanto a monitoreo y control, Meža et al. (2020) destacaron que la RA en dispositivos móviles, como tabletas, es más eficiente que otros métodos, como los diagramas de *Gantt* o los modelos 3D.

La RA facilita la visualización y la estimación del progreso en el sitio de trabajo en tiempo real, lo que mejora significativamente el cumplimiento del cronograma y el control de costos, áreas esenciales dentro del PMBOK. Bae et al. (2019) señalaron que los sistemas de RA permiten un acceso rápido a la información, lo que ayuda a los directores de proyectos a tomar decisiones correctivas con mayor rapidez, minimizando retrasos y el aumento de costos.

En el área de control de calidad y aseguramiento de calidad, Kwon et al. (2020) desarrollaron una herramienta de RA basada en marcadores que mejora la identificación y corrección de defectos en la construcción.

Esto no solo facilita la gestión de defectos durante la fase de construcción, sino que también optimiza los procesos de mantenimiento.

Wong et al. (2021) demostraron que la implementación de RA puede ahorrar tiempo y dinero al reducir la necesidad de realizar doble trabajo derivado de errores en la interpretación de planos, impactando directamente las áreas de gestión de costos y cronogramas. Kumaran et al. (2021) resaltaron que entre un 9 % y un 13 % del tiempo, y entre un 14 % y un 19 % de los costos, se desperdician debido a errores en la interpretación de planos.

En cuanto a la RV, Liu et al. (2021) desarrollaron una aplicación para reportar defectos en tiempo real, conectando el lugar de trabajo con la oficina central sin pérdida de tiempo ni mano de obra, lo que mejora la gestión de la comunicación y la integración de equipos.

Wong et al. (2021) utilizaron la RV para crear modelos automáticos que optimizan la gestión de la calidad y los defectos en proyectos de construcción.

La integración de estas tecnologías está transformando la gestión de proyectos de construcción al ofrecer soluciones más eficientes en las áreas de conocimiento tradicionales del PMBOK.

A pesar de los beneficios significativos demostrados por los estudios existentes en áreas específicas, aún se requiere un análisis más completo para entender todas las implicaciones y el impacto global de la RA y la RV en la industria de la construcción.

Lejos de ser solo una tendencia emergente, estas tecnologías se han consolidado como herramientas fundamentales en la gestión de proyectos.

A medida que continúan evolucionando, es probable que su adopción siga expandiéndose, redefiniendo las prácticas de gestión y brindando nuevas oportunidades para mejorar el desempeño de los proyectos.

1.2 Definición y planteamiento de la hipótesis de la investigación

En la sección anterior se discutió cómo la aplicación de tecnologías como la RV y la RA puede generar beneficios en diversas áreas del conocimiento dentro de la gestión de proyectos de construcción.

Estas tecnologías, junto con otras, se agrupan bajo el término de realidad extendida (RX), que abarca herramientas que combinan el mundo físico con elementos digitales, como la RV y la RA (Milgram et al., 2021).

A pesar de los avances en la adopción de estas tecnologías, la ausencia de estudios empíricos que comparen de manera directa la efectividad de estas tecnologías con las metodologías tradicionales ha generado una brecha en la comprensión de su impacto en la eficiencia y precisión de la planificación de proyectos de construcción.

En el análisis, se presentaron varios casos de estudio exitosos en diferentes países, donde las empresas han implementado estas tecnologías para lograr proyectos de manera efectiva.

Aunque persisten ciertos desafíos, es relevante señalar que, con un enfoque adecuado en la planificación y los requisitos del proyecto, se puede alcanzar el éxito y mejorar la competitividad de las empresas en el mercado.

La falta de estudios empíricos que analicen el impacto concreto de la RX en los proyectos de construcción impulsa la necesidad de esta investigación, la cual busca llenar este vacío proporcionando datos que demuestren cómo la RX puede reducir errores, aumento de costos y retrasos en los cronogramas de construcción.

Hoy en día, la rápida evolución tecnológica ha transformado significativamente la forma en que diversas profesiones operan, especialmente en el ámbito de la gestión de proyectos.

Herramientas como la RX están comenzando a integrarse tanto en funciones operativas como administrativas, impulsadas por la Revolución Industrial 4.0.

Esta revolución no solo ha traído la automatización de procesos mediante inteligencia artificial (IA), sino también una revisión profunda de las prácticas en la gestión de proyectos, con

el objetivo de mejorar la planificación, ejecución y control en áreas clave como el alcance, la calidad y la optimización de los recursos.

A pesar de los avances en la adopción de tecnologías emergentes, la falta de una integración generalizada de RA y RV sigue generando retrasos, aumento de costos y errores que podrían evitarse.

Esta brecha impacta directamente en la capacidad de los gestores de proyectos para anticipar problemas en etapas tempranas, lo que provoca desviaciones significativas en los cronogramas y presupuestos.

Hasan et al. (2022) señalan que el uso de modelos 3D mediante RA ha reducido los errores de estimación en un 40 %, lo que permite concluir que la implementación de RX puede reducir notablemente los sobrecostos y aumentar la eficiencia.

La hipótesis de este trabajo es que la implementación de RX optimiza estos aspectos, reduciendo los problemas actuales relacionados con la planificación y ejecución de proyectos.

Si se comprueba, esta hipótesis permitirá a los gestores de proyectos optimizar la gestión de recursos y aumentar la precisión en la planificación de los cronogramas de construcción.

Al integrar tecnologías de RX en la planificación, los gerentes de proyectos podrán prever problemas con mayor anticipación, lo que reducirá significativamente el aumento de costos y los tiempos de ejecución.

En última instancia, estos resultados contribuirán a una planificación más eficiente, menos propensa a errores imprevistos, y permitirán una gestión de proyectos de construcción más precisa y competitiva.

A pesar de los avances, aún se requiere investigación concreta sobre los beneficios y comparaciones directas entre las tecnologías emergentes y las metodologías tradicionales en las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos.

Este vacío en la investigación plantea un desafío que este proyecto se propone abordar. La falta de investigaciones que definan de manera precisa los beneficios de la RX en la gestión de proyectos de construcción representa un reto para el avance del conocimiento en este campo, y es precisamente la brecha que esta investigación busca cerrar.

La hipótesis del proyecto es: “La integración de tecnologías de realidad extendida en la gestión de proyectos de construcción permite optimizar el proceso de planificación, desde los

requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos, en comparación con las metodologías tradicionales”.

En conclusión, la incorporación de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción ofrece una oportunidad significativa para optimizar procesos clave, especialmente en la planificación.

A pesar de los desafíos y la falta de investigaciones concluyentes sobre su efectividad frente a los métodos tradicionales, los casos de estudio revisados destacan el potencial de estas tecnologías para mejorar la visualización, simulación y toma de decisiones.

Este proyecto busca abordar las brechas existentes en la investigación, con el objetivo de proporcionar una comprensión más clara de los beneficios que estas tecnologías pueden ofrecer a nivel empresarial.

Al abordar estas cuestiones, se espera contribuir al desarrollo de un marco más definido que permita a las empresas adoptar estas herramientas con mayor confianza y mejorar su competitividad en un mercado en constante evolución.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar el potencial de la realidad extendida en la planificación de proyectos de construcción mediante un análisis comparativo de sus capacidades y la opinión de expertos, para la determinación de sus beneficios y viabilidad de integración en la gestión de proyectos.

1.3.2 Objetivos específicos.

1. Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción en sectores residencial y gubernamental mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos, con el fin de obtener los requisitos críticos que deben cumplir las aplicaciones de Realidad Extendida.
2. Seleccionar al menos tres aplicaciones de realidad extendida mediante la comparación de sus capacidades frente a los requisitos críticos, para la evaluación de su aplicabilidad en la planificación de proyectos de construcción.
3. Determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos de construcción, en comparación con los métodos tradicionales, mediante la evaluación de sus capacidades para cumplir con los requisitos críticos e identificar las

ventajas y desventajas específicas de su adopción, con el objetivo de proponer mejoras en la planificación de proyectos de construcción.

4. Elaborar recomendaciones para la integración y uso de herramientas de realidad extendida en los procesos de planificación de proyectos de construcción, basadas en el estudio realizado, con el fin de mejorar la gestión de proyectos.

1.4 Alcance y limitaciones

Durante el desarrollo de la investigación, se identificaron diversas limitaciones que impactaron la recopilación y análisis de datos. Uno de los principales desafíos fue el acceso a expertos en la aplicación de RX en la construcción.

A pesar de los esfuerzos por contactar a profesionales del sector, algunos especialistas no pudieron participar debido a la carga laboral o restricciones organizacionales.

Para mitigar esta situación, se recurrió a entrevistas en línea y a la recopilación de datos mediante cuestionarios estructurados enviados por medios digitales.

Otra limitación significativa fue la disponibilidad de estudios recientes sobre la implementación de RX en la planificación de proyectos de construcción. Aunque se encontraron investigaciones relevantes en bases de datos académicas, muchas estaban orientadas a sectores distintos, como la manufactura y la educación.

Como estrategia de solución, se realizó un análisis comparativo con metodologías aplicadas en estos sectores, identificando principios adaptables a la industria de la construcción.

Asimismo, la variabilidad en los niveles de adopción tecnológica entre las empresas consultadas generó un desafío al comparar los resultados.

Mientras algunas compañías habían integrado RX en sus procesos con éxito, otras aún operaban bajo metodologías tradicionales sin planes inmediatos de adopción.

Esto afectó la uniformidad de las respuestas obtenidas y requirió una segmentación cuidadosa de los datos para analizar tendencias de manera precisa.

La evolución constante de las tecnologías de RX también representó un reto en la estabilidad de los hallazgos.

Durante la investigación, se identificaron actualizaciones en herramientas y nuevos desarrollos que podrían modificar las conclusiones a largo plazo. Para abordar esta situación, se enfocó el análisis en tendencias consolidadas y en soluciones con un historial de implementación comprobado.

Finalmente, la resistencia al cambio por parte de algunos participantes en el estudio afectó la disposición para proporcionar información detallada sobre sus experiencias con RX.

En ciertos casos, se detectó escepticismo sobre los beneficios de la tecnología o preocupaciones sobre su impacto en la operatividad tradicional.

Para contrarrestar esta limitación, se estructuraron entrevistas enfocadas en casos concretos de mejoras operativas y reducción de costos obtenidas en proyectos reales.

A pesar de estas limitaciones, la investigación logró recopilar información clave que permitió analizar el impacto de la RX en la planificación de proyectos de construcción.

Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y la formulación de estrategias que faciliten la integración efectiva de estas tecnologías en el sector.

1.4.1 Alcance.

El alcance de este proyecto es la evaluación del potencial que tiene la realidad extendida en la etapa de planificación o requerimientos de proyectos de construcción.

En este alcance no incluye la creación de una implementación de la tecnología en específico, este se delimita a un análisis comparativo de máximo tres herramientas de la RX. La investigación abarca la valoración y comparación de las perspectivas de expertos y las capacidades de las tecnologías aplicadas.

Para lograr el alcance general del proyecto se plantean los siguientes entregables:

Informe de requisitos de planificación de proyectos de construcción críticos a incorporar en aplicaciones de realidad extendida.

Este informe incluye un análisis detallado de marcos de referencia actuales en la planificación de proyectos de construcción, la identificación de brechas en los métodos tradicionales y una lista de requisitos críticos para las aplicaciones de RX.

Se presenta una matriz comparativa que evalúe los requisitos en función de su aplicabilidad en diferentes tipos de proyectos (habitacionales y gubernamentales), gráficos que muestren los resultados obtenidos en las encuestas a expertos, y estudios de caso de proyectos que ya han implementado tecnologías emergentes.

Asimismo, se incorporarán transcripciones y resúmenes de entrevistas con expertos en gestión de proyectos y profesionales con experiencia en la implementación de tecnologías de RX en la construcción.

Lista comparativa de aplicaciones de realidad extendida para la planificación de proyectos de construcción.

Este informe incluirá una descripción detallada de tres aplicaciones de RX seleccionadas para su análisis, junto con una matriz comparativa que evaluará las capacidades de cada herramienta en términos de tiempo, costos y precisión.

Se desarrollan gráficas que comparen la efectividad de las aplicaciones frente a los requisitos críticos identificados en el informe anterior.

También se incorporarán estudios de caso que demuestren cómo estas aplicaciones han sido utilizadas en proyectos reales, junto con comparativas detalladas de los beneficios obtenidos en términos de eficiencia y reducción de errores.

Este análisis también presentará los resultados de pruebas de usuario y entrevistas con representantes de las aplicaciones y sus usuarios en el sector de la construcción.

Análisis comparativo de realidad extendida vs. métodos tradicionales en la planificación de proyectos de construcción.

Este análisis incluirá una matriz comparativa detallada que mostrará las diferencias entre los métodos tradicionales de planificación y las herramientas de RX en términos de tiempo, costos y precisión.

Se desarrollarán gráficos que representen el impacto de cada enfoque en diferentes áreas, como la gestión del alcance, la optimización de recursos y la calidad del proyecto. Los datos serán obtenidos a través de encuestas y entrevistas con directores de proyectos, planificadores y usuarios de las aplicaciones de RX.

El informe incluirá estudios de caso que comparen la implementación de RX frente a metodologías tradicionales, resaltando las ventajas y desventajas específicas de cada enfoque, así como recomendaciones prácticas derivadas de los resultados del análisis (Azhar et al., 2012).

Guía de implementación de herramientas de realidad extendida en la planificación de proyectos de construcción.

Esta guía proporcionará recomendaciones prácticas para la integración de herramientas de RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción.

Incluirá gráficos que ilustren flujos de trabajo optimizados, estudios de caso que demuestren la implementación exitosa de RX en diferentes proyectos, y métricas para evaluar el impacto de estas tecnologías en la planificación.

Se ofrecerán comparativas visuales que contrasten las metodologías tradicionales con las nuevas propuestas basadas en RX, acompañadas de ejemplos de buenas prácticas obtenidos a partir de entrevistas con consultores y directores de proyectos.

La guía también presenta gráficas comparativas que muestren el impacto de la implementación de RX en términos de tiempos de planificación y costos del proyecto. Se incluirán estudios de caso que servirán como ejemplos concretos de cómo estas tecnologías han sido integradas exitosamente en el sector.

Adicionalmente, se proporcionan métricas de evaluación del impacto de la RX en la eficiencia de los proyectos, así como ejemplos prácticos que demuestren cómo estas herramientas han mejorado la precisión y la colaboración.

Las recomendaciones estarán respaldadas por pruebas de usuario, análisis de especificaciones técnicas y revisiones bibliográficas pertinentes (Succar et al., 2020; Saunders et al., 2019).

Exclusiones de la investigación: Dentro de esta investigación se excluyen los siguientes aspectos:

- El desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas de RX.
- La implementación práctica de las herramientas tecnológicas seleccionadas.
- La ejecución de las recomendaciones sugeridas dentro del proyecto.
- La compra de *software* de herramientas tecnológicas para evaluaciones o comparaciones.

1.4.2 Limitaciones.

En esta investigación se identificaron diversas limitaciones que impactaron el desarrollo del estudio. A pesar de estos desafíos, se implementaron estrategias para mitigar su impacto y asegurar la validez de los hallazgos.

Estas restricciones no impidieron la realización del proyecto, pero sí influyeron en la recopilación y el análisis de datos.

Acceso y disponibilidad de expertos: La dependencia de encuestas y cuestionarios dirigidos a expertos en el sector de la construcción se vio afectada por la falta de disponibilidad y disposición de estos profesionales.

El acceso limitado a expertos en tecnologías emergentes, como la RX, dificultó la recolección de datos. Para abordar esta limitación, se recurrió a entrevistas en línea y a la recopilación de datos mediante cuestionarios estructurados enviados por medios digitales.

Asimismo, se contactaron profesionales en sectores relacionados, como la ingeniería civil y la arquitectura, para asegurar la relevancia de la información recopilada.

Complejidad en la recolección y validación de datos: La recopilación de datos mediante revisiones documentales y bibliográficas se vio restringida por la disponibilidad de estudios recientes, con una vigencia no mayor a cinco años.

Muchos proyectos reales no comparten información detallada o presentan limitaciones en la divulgación de resultados específicos, lo que dificultó la validación de datos a través de estudios de caso en el ámbito de la construcción.

Para abordar esta limitación, se realizó un análisis comparativo con metodologías aplicadas en otros sectores, identificando principios adaptables a la industria de la construcción.

Evolución tecnológica: La rápida evolución de las tecnologías de RX representó un reto, ya que algunas herramientas y métodos analizados quedaron obsoletos antes de su implementación en los proyectos.

Durante la investigación, se identificaron actualizaciones en herramientas y nuevos desarrollos que podrían modificar las conclusiones a largo plazo.

Para enfrentar este desafío, el estudio se centró en tendencias consolidadas y en soluciones con un historial de implementación comprobado, asegurando así que los resultados fueran relevantes y útiles a largo plazo.

Variabilidad en la adopción tecnológica: La heterogeneidad en los niveles de adopción tecnológica entre las empresas consultadas generó dificultades en la comparación de resultados.

Mientras algunas compañías habían integrado RX en sus procesos con éxito, otras aún operaban bajo metodologías tradicionales sin planes inmediatos de adopción.

Esto afectó la uniformidad de las respuestas obtenidas y requirió una segmentación cuidadosa de los datos para analizar tendencias de manera precisa.

Resistencia al cambio: Algunos participantes mostraron escepticismo sobre los beneficios de la tecnología RX y expresaron preocupaciones sobre su impacto en la operatividad tradicional.

Esta resistencia influyó en la disposición para proporcionar información detallada.

Para contrarrestar esta limitación, se diseñaron entrevistas centradas en ejemplos tangibles de mejoras operativas y reducción de costos en proyectos reales.

A pesar de estas limitaciones, la investigación logró recopilar información clave que permitió analizar el impacto de la RX en la planificación de proyectos de construcción. Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y la formulación de estrategias que faciliten la integración efectiva de estas tecnologías en el sector.

Capítulo 2 Marco teórico

En el presente capítulo se establece el marco teórico que sustentará la investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de RX en la gestión de proyectos de construcción.

Este marco proporciona una base sólida para comprender conceptos fundamentales, metodologías y herramientas empleadas en la planificación y ejecución de proyectos de construcción contemporáneos.

Se exploran tanto los enfoques tradicionales como las metodologías ágiles, destacando cómo la integración de la RX puede superar las limitaciones de los métodos convencionales, optimizando los procesos de gestión y aumentando la eficiencia operativa en el sector de la construcción.

Entre los conceptos desarrollados se abordan la gestión de proyectos de construcción, el ciclo de vida de un proyecto, los factores críticos de éxito y las principales métricas utilizadas para evaluar la eficacia de la planificación.

Posteriormente, se realiza una revisión exhaustiva de los conceptos básicos de la Realidad Extendida, abarcando sus componentes principales: Realidad Aumentada (RA), Realidad Virtual (RV) y Realidad Mixta (RM).

Se examinan las diferencias y similitudes entre estas tecnologías, así como su evolución y aplicaciones actuales en la industria de la construcción.

Este fundamento teórico es esencial para comprender cómo la RX puede transformar la planificación de proyectos al mejorar la visualización, la coordinación entre equipos multidisciplinarios y la toma de decisiones informadas.

El impacto de la cultura organizacional en la adopción de nuevas tecnologías es analizado, identificando barreras culturales y proponiendo estrategias para facilitar la incorporación de la RX en los procesos de gestión de proyectos.

Este enfoque integral permite una comprensión profunda de los beneficios y desafíos asociados con la implementación de tecnologías de RX en el ámbito de la construcción.

En el contexto actual de la industria, la optimización de recursos y la precisión en la planificación son esenciales para cumplir con los estándares de eficiencia y sostenibilidad.

La RX surge, entonces, como una tecnología disruptiva que permite superar las limitaciones de los métodos tradicionales mediante visualizaciones inmersivas y la interacción en tiempo real.

2.1 Gestión de proyectos de construcción

La gestión de proyectos de construcción se basa en enfoques y prácticas diseñados para garantizar la planificación y ejecución eficiente de proyectos de infraestructura.

Tradicionalmente, los métodos lineales, como la metodología en cascada, han sido ampliamente utilizados debido a su estructura predecible, donde cada fase del proyecto se desarrolla de forma secuencial a la anterior.

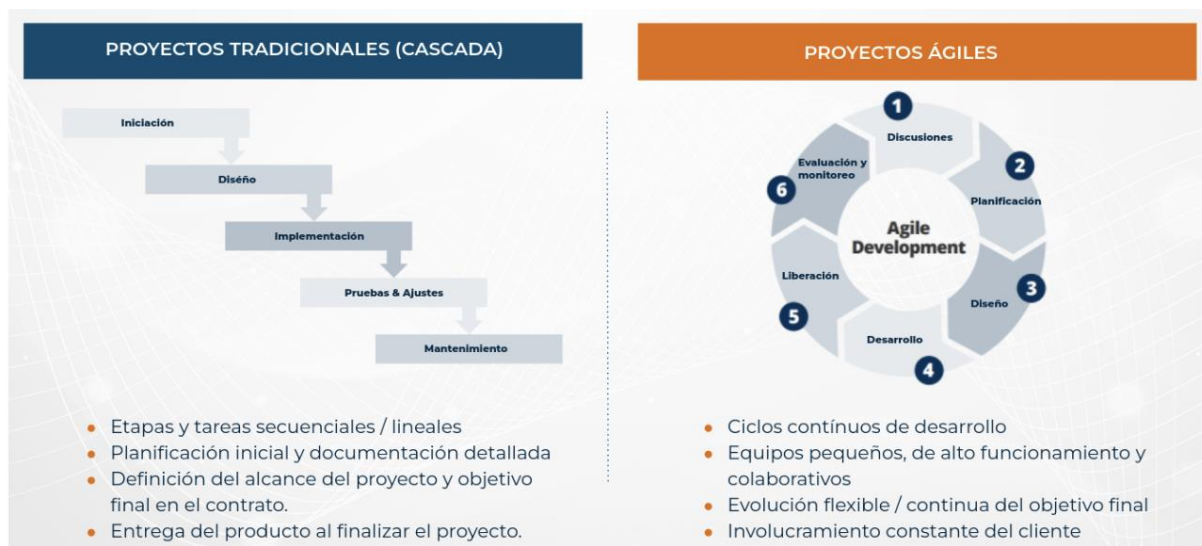
No obstante, con el aumento de la complejidad y el dinamismo en el sector de la construcción, estas metodologías han demostrado limitaciones significativas.

Su incapacidad para adaptarse rápidamente y responder de manera efectiva a los cambios en tiempo real puede generar sobrecostos y retrasos, afectando negativamente el desempeño del proyecto.

Como se muestra en la figura 2.1, las metodologías ágiles han surgido como una alternativa a los enfoques tradicionales, permitiendo una mayor flexibilidad y adaptabilidad en la gestión de proyectos de construcción.

Figura 2.1.

Diagrama comparativo entre metodologías tradicionales y ágiles.



Nota. Adaptado de Diagrama comparativo de metodologías de gestión de proyectos, por R. Castro, 2022, Systec Consulting.

En respuesta a las limitaciones de los métodos tradicionales, las metodologías ágiles han sido incorporadas en la gestión de proyectos de construcción como un enfoque más flexible, capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes del sector.

Estas metodologías fomentan la colaboración y la adaptabilidad, permitiendo una gestión de proyectos más dinámica y eficiente (Kerzner, 2020). Al combinar métodos tradicionales con enfoques ágiles, se busca optimizar los recursos y el tiempo, y mejorar la calidad en cada fase del proyecto.

La aplicación de tecnologías emergentes, como la RX, está transformando la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

Estas tecnologías permiten la visualización y simulación inmersiva de proyectos antes de su ejecución física, lo que facilita la identificación temprana de errores y promueve una toma de decisiones informada.

Según García y López (2021), la RX crea entornos colaborativos en tiempo real que permiten la interacción entre equipos multidisciplinarios, mejorando la precisión en la gestión y ejecución de proyectos.

Este enfoque no solo optimiza los recursos y el tiempo, sino que también minimiza los costos asociados con modificaciones durante la construcción, al anticipar problemas potenciales en etapas tempranas.

En resumen, la integración de metodologías ágiles y tecnologías emergentes, como la RX, en la gestión de proyectos de construcción, se centra en optimizar la eficiencia operativa y la colaboración entre los equipos de trabajo.

La adopción de estas innovaciones no solo implica la actualización de metodologías de gestión, sino también un cambio en la cultura organizacional, promoviendo la implementación de nuevas herramientas y procesos tecnológicos que aseguren el éxito de los proyectos en el sector de la construcción (Li & Chen, 2019).

La gestión de proyectos de construcción es un proceso complejo que incorpora diversas metodologías y prácticas diseñadas para garantizar la planificación y ejecución exitosa de obras.

Estas prácticas se basan en el desarrollo estructurado del proyecto a través de un ciclo de vida, que organiza las fases del proyecto para optimizar recursos y asegurar el cumplimiento de objetivos.

A continuación, se aborda el ciclo de vida de un proyecto de construcción, detallando cómo cada etapa contribuye al desarrollo del proyecto, desde la conceptualización hasta su entrega final.

2.1.1 Ciclo de vida de un proyecto de construcción

Las fases de un proyecto son fundamentales para organizar y gestionar las actividades de manera estructurada, permitiendo que los recursos se asignen de forma óptima y que los objetivos del proyecto se alcancen en tiempo, costo y calidad.

De acuerdo con el PMBOK® Guide Séptima Edición, los proyectos pueden desarrollarse bajo diferentes enfoques de desarrollo, los cuales determinan la estructura y dinámica del ciclo de vida del proyecto.

Estos enfoques incluyen el predictivo, adaptativo, iterativo, incremental e híbrido (Project Management Institute [PMI], 2021).

El enfoque de desarrollo predictivo es un método estructurado en el cual el alcance, el cronograma y los costos del proyecto se establecen en las etapas iniciales y se mantienen con mínimos cambios a lo largo del desarrollo del proyecto.

Como se muestra en la figura 2.2, este enfoque se caracteriza por fases secuenciales y una planificación detallada, lo que lo hace especialmente adecuado para proyectos con requisitos claramente definidos y bajo riesgo de modificaciones.

Figura 2.2.

Enfoque de desarrollo predictivo en proyectos de construcción.



Nota. Tomado de *Metodologías de gestión de proyectos*, por Araneda, O., 2022, Atenos [<https://atenos.com/gestion-de-proyecto/metodologias-de-gestion-de-proyectos/>].

En este tipo de enfoque, cada fase depende de la finalización completa de la anterior, permitiendo un control riguroso y asegurando la alineación con los objetivos del proyecto desde su inicio hasta su cierre (PMI, 2021).

La predictibilidad y estabilidad de este método han facilitado su implementación en sectores con procesos bien definidos, como la construcción, la manufactura y el desarrollo de infraestructura.

No obstante, su rigidez ante cambios inesperados ha llevado a muchas organizaciones a explorar modelos híbridos, combinando elementos predictivos y adaptativos para gestionar mejor la incertidumbre sin comprometer la estructura metodológica del proyecto (PMI, 2021).

2.1.2 Enfoques de desarrollo y grupos de procesos en la gestión de proyectos de construcción.

El desarrollo de un proyecto de construcción sigue un ciclo de vida estructurado, compuesto por fases interdependientes que guían su evolución desde la concepción hasta su finalización.

Es fundamental diferenciar el ciclo de vida de un proyecto de los grupos de procesos de gestión de proyectos, ya que estos últimos organizan las actividades necesarias para gestionar el proyecto en cada una de sus fases (Project Management Institute [PMI], 2021).

Ciclo de Vida del Proyecto y Enfoques de Desarrollo

Como se muestra en la figura 2.3, el ciclo de vida predictivo proporciona una estructura clara para la planificación y ejecución de cada fase del proyecto.

Según el PMBOK® Guide Séptima Edición, el ciclo de vida de un proyecto puede adoptar diferentes enfoques de desarrollo, dependiendo de la naturaleza del proyecto y su nivel de incertidumbre (PMI, 2021). Los principales enfoques incluyen:

- **Predictivo:** Se basa en una planificación detallada desde el inicio del proyecto, con una estructura secuencial donde cada fase debe completarse antes de pasar a la siguiente.

Es adecuado para proyectos con requisitos bien definidos y bajo riesgo de cambios, como suele ser el caso en la construcción (Kerzner, 2022).

- **Adaptativo:** Se caracteriza por una planificación progresiva y ciclos iterativos donde los entregables evolucionan conforme se obtiene nueva información.

Este enfoque es común en entornos de alta incertidumbre, como el desarrollo de *software* o innovación tecnológica (PMI, 2021).

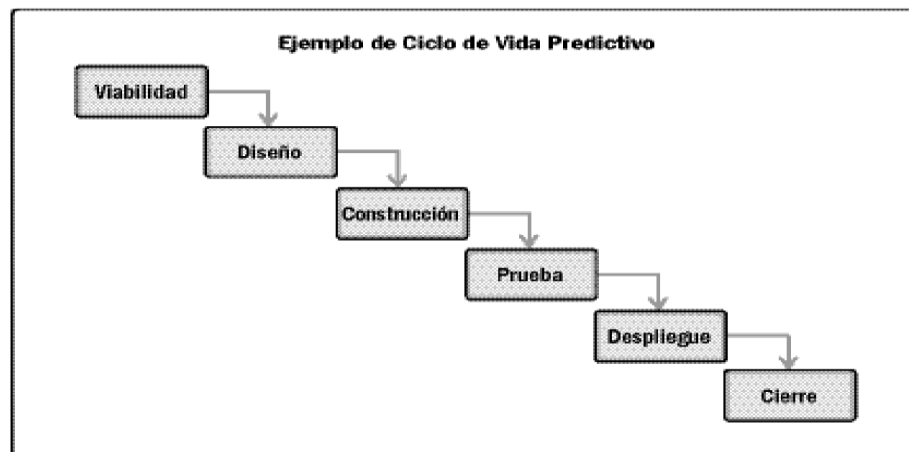
- **Híbrido:** Combina elementos del enfoque predictivo y adaptativo, permitiendo estructurar el proyecto de manera más flexible.

Se utiliza en proyectos donde ciertas partes requieren planificación detallada, mientras que otras pueden beneficiarse de iteraciones incrementales (Kerzner, 2022).

En el contexto de la construcción, el enfoque más utilizado es el ciclo de vida predictivo, donde las fases del proyecto se desarrollan en secuencia y están claramente definidas desde el inicio (PMI, 2021).

Figura 2.3.

Ejemplo de ciclo de vida predictivo.



Nota. Adaptado de *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.)*, por Project Management Institute (PMI), 2021.

Grupos de Procesos de Gestión de Proyectos

Los grupos de procesos de gestión de proyectos organizan las actividades de administración y control en todas las fases del ciclo de vida.

Estos grupos no son secuenciales, sino que interactúan de manera continua a lo largo del proyecto (PMI, 2021).

1. **Inicio:** En esta fase se define la viabilidad del proyecto, se establecen los objetivos generales y se identifican los principales actores y recursos necesarios. La correcta identificación de los interesados en el proyecto es crucial para su éxito (Kerzner, 2022).
2. **Planificación:** Se desarrolla un plan integral que incluye el alcance, cronograma, presupuesto, calidad, riesgos y comunicaciones del proyecto. En el sector de la

construcción, una planificación detallada es fundamental para prever costos y tiempos de ejecución (PMI, 2021).

3. **Ejecución:** Durante esta fase, se asignan recursos y se realizan las actividades para construir el proyecto según lo establecido en la planificación. La comunicación efectiva y el control de calidad juegan un papel clave en la construcción (Kerzner, 2022).
4. **Monitoreo y Control:** Se supervisa el desempeño del proyecto para garantizar el cumplimiento de los objetivos definidos en la planificación. Este proceso incluye la gestión de cambios y la identificación temprana de riesgos para minimizar desviaciones (PMI, 2021).
5. **Cierre:** Implica la finalización del proyecto, la entrega del producto final y la recopilación de lecciones aprendidas para futuros proyectos. Un cierre estructurado ayuda a documentar las mejores prácticas y áreas de mejora (PMI, 2021).

A diferencia del ciclo de vida del proyecto, los grupos de procesos se repiten y se interrelacionan en cada fase, asegurando que la gestión sea continua y eficiente.

Importancia de la Gestión Estructurada en Proyectos de Construcción

La gestión efectiva en cada fase del ciclo de vida de un proyecto es un factor determinante para garantizar su éxito.

En el sector de la construcción, una gestión inadecuada puede provocar sobrecostos, retrasos significativos y conflictos con las partes interesadas (PMI, 2021).

Es crucial que cada fase del proyecto sea gestionada de manera profesional, utilizando herramientas y metodologías estandarizadas.

En este contexto, el PMBOK® Guide Séptima Edición ofrece un marco de referencia para estructurar la planificación, optimizar el uso de recursos y garantizar una ejecución eficiente del proyecto (PMI, 2021).

Adicionalmente, autores como Kerzner (2022) destacan que la aplicación de modelos híbridos en la gestión de proyectos de construcción puede mejorar la capacidad de adaptación a cambios e imprevistos, sin comprometer la estabilidad del ciclo de vida predictivo.

El ciclo de vida de un proyecto de construcción está compuesto por fases interrelacionadas que guían su desarrollo desde la iniciación hasta su cierre.

No obstante, la gestión del proyecto va más allá de estas fases, pues requiere la aplicación de procesos continuos de planificación, ejecución, monitoreo y control para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

El uso de marcos metodológicos sólidos, como los propuestos por PMI (2021) y Kerzner (2022), permite una gestión más estructurada, garantizando que cada fase se desarrolle con eficiencia y calidad.

A su vez, la aplicación de enfoques híbridos en la gestión de proyectos de construcción es una estrategia viable para optimizar el rendimiento sin comprometer la estabilidad del proyecto.

Los factores críticos de éxito en la planificación y ejecución de proyectos de construcción serán explorados en la siguiente sección, con el fin de identificar las mejores prácticas para maximizar la eficiencia y sostenibilidad en este tipo de proyectos.

2.1.3 Determinantes clave para el éxito en proyectos de construcción

La identificación y análisis de los factores críticos de éxito (FCE) son fundamentales para garantizar que los proyectos de construcción se completen dentro del presupuesto, el tiempo y los estándares de calidad establecidos.

Los FCE representan aquellos elementos o condiciones que, si se gestionan adecuadamente, aumentan significativamente las probabilidades de éxito del proyecto.

Según el PMBOK® Guide Séptima Edición, el éxito de un proyecto depende de la capacidad del equipo de gestión para alinear los objetivos del proyecto con las expectativas de los interesados, gestionar los riesgos de manera efectiva y asegurar la entrega continua de valor a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Project Management Institute [PMI], 2021).

Ahsan y Sattar (2021) destacan que factores como la gestión eficiente de recursos, la comunicación efectiva y el control de calidad son pilares esenciales que no solo garantizan la alineación con los objetivos establecidos, sino que también minimizan riesgos y evitan desviaciones significativas.

Gestión eficiente de recursos: La gestión de recursos abarca los aspectos humanos, materiales y financieros necesarios para el desarrollo de los proyectos.

La asignación y el uso adecuados de estos recursos son esenciales para prevenir sobrecostos y retrasos. Saifan, El-Gohary y Khalil (2022) subrayan que la falta de control en este aspecto puede generar desperdicio de materiales, tiempos de espera innecesarios y una asignación ineficiente de los recursos, afectando negativamente el desempeño global del proyecto.

Por ello, es fundamental implementar sistemas de gestión de recursos que permitan un seguimiento y control precisos, ajustando la disponibilidad según las necesidades del proyecto.

Comunicación efectiva: Una comunicación clara y constante entre los miembros del equipo y las partes interesadas es clave para garantizar la alineación con los objetivos del proyecto y la toma oportuna de decisiones.

Según Ahsan y Sattar (2021), una comunicación deficiente puede generar malentendidos, retrasos en la ejecución de tareas y errores que impactan el cronograma y el presupuesto.

Establecer canales de comunicación eficientes y protocolos claros, facilita la transmisión de información clave y mejora la colaboración entre los actores del proyecto.

Control de calidad: El control de calidad asegura que los trabajos realizados cumplan con las especificaciones técnicas y los requerimientos del cliente.

Saifan et al. (2022) destacan que implementar estándares de calidad desde las primeras fases del proyecto reduce la necesidad de reprocesos, minimizando costos y tiempos adicionales.

Un sistema de gestión de calidad efectivo, que incluya inspecciones periódicas y revisiones exhaustivas, es indispensable para garantizar la consistencia y calidad de los resultados.

En resumen, los factores críticos de éxito en la gestión de proyectos de construcción, como la gestión eficiente de recursos, la comunicación efectiva y el control de calidad, son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y la satisfacción de las partes interesadas.

Estudios recientes demuestran que una gestión inadecuada de estos factores puede incrementar los costos en un 20-25 % y retrasar los cronogramas en un 30 % (Saifan et al., 2022).

Por el contrario, implementar controles rigurosos de calidad desde el inicio puede reducir los reprocesos en un 15 %, mientras que la comunicación eficiente disminuye en un 17 % los errores operativos relacionados con la falta de alineación entre equipos (Ahsan & Sattar, 2021).

Integrar estos factores mediante un enfoque estratégico incrementa significativamente las probabilidades de éxito del proyecto, asegurando su ejecución dentro de los plazos y presupuestos establecidos y mejorando la satisfacción de los *stakeholders*.

2.1.4 Gestión y fases clave de la planificación en proyectos de construcción

La gestión de la planificación en proyectos de construcción es un proceso esencial que determina el éxito de la ejecución del proyecto y su capacidad para cumplir con los objetivos establecidos en términos de tiempo, costo y calidad.

La planificación efectiva requiere una organización meticulosa que contemple desde la definición de objetivos hasta la gestión de riesgos, pasando por la asignación precisa de recursos y la elaboración de cronogramas detallados.

Según Ahmed y Al-Hammad (2020), la adopción de tecnologías como BIM ha sido fundamental en esta etapa, ya que permite una mayor precisión y coordinación en el proceso de planificación.

BIM facilita la visualización y evaluación temprana de posibles conflictos, optimizando así la toma de decisiones.

A continuación, se presentan las fases clave de la planificación, acompañadas de una exploración de cómo la integración de tecnologías emergentes, como la RX y las herramientas tradicionales, está transformando la gestión de estos procesos.

2.1.4.1 Fases de la planificación en proyectos de construcción.

- **Definición de objetivos:** Establece metas específicas del proyecto y los recursos para lograrlos.
- **Asignación de recursos:** Asegura que cada actividad cuente con los insumos y la mano de obra requeridos.
- **Elaboración de cronogramas:** Facilita una visualización clara de las etapas y tiempos asignados para cada tarea.
- **Gestión de riesgos:** Identifica problemas potenciales y desarrolla estrategias de mitigación para mantener el control de recursos y tiempos (Ahmed & Al-Hammad, 2020).

2.1.5 Comparación entre herramientas tradicionales y tecnologías emergentes

En la planificación de proyectos de construcción, las herramientas tradicionales, como los diagramas de *Gantt*, los *software* de gestión de proyectos y los análisis de riesgos mediante matrices, han sido ampliamente utilizadas.

La integración de tecnologías emergentes, como la RX, está transformando este proceso, ofreciendo nuevas oportunidades para optimizar la planificación.

Según Saleh y Mohamad (2023), el uso de tecnologías como la RA en la fase de planificación permite una visualización detallada de las obras en un entorno virtual, facilitando la simulación de escenarios y la toma de decisiones informadas.

Esto no solo mejora la precisión de los cronogramas y la asignación de recursos, sino que también permite una gestión de riesgos más efectiva al anticipar problemas antes de que ocurran en el sitio de construcción.

En la industria de la construcción, las metodologías tradicionales, también conocidas como modelos en cascada o waterfall, han predominado durante décadas debido a su estructura secuencial, que permite una planificación exhaustiva de cada fase antes de comenzar la siguiente (Kerzner, 2021).

No obstante, estos enfoques presentan limitaciones significativas en entornos donde los cambios son frecuentes y las necesidades evolucionan rápidamente (Melo et al., 2021).

En este contexto, las metodologías ágiles, inspiradas en el desarrollo de *software*, ofrecen una alternativa más flexible y adaptativa, permitiendo a las empresas de construcción responder eficazmente a cambios imprevistos y mantener la calidad del proyecto (Conforto et al., 2020).

Un ejemplo de esta transición es la constructora Skanska, que implementó un enfoque ágil para mejorar su capacidad de respuesta.

Inicialmente, utilizaba un modelo en cascada para gestionar proyectos de gran envergadura, lo que requería una planificación detallada al inicio y minimizaba cambios durante la ejecución.

Al enfrentar problemas de adaptabilidad ante solicitudes de cambios de los clientes y limitaciones de recursos, Skanska migró hacia un enfoque híbrido, combinando las bases estructuradas del modelo en cascada con la flexibilidad de las metodologías ágiles (Skanska, 2022).

En la práctica, esta migración implicó dividir los proyectos en *sprints* cortos e iterativos, facilitando revisiones frecuentes y permitiendo ajustes en tiempo real (Schwaber & Sutherland, 2020).

Los beneficios fueron significativos: la empresa logró reducir los tiempos de entrega en un 20 %, minimizar los costos asociados con cambios tardíos en el diseño y aumentar la satisfacción de los clientes al permitirles participar activamente en el desarrollo del proyecto (Ahmad et al., 2021).

Se implementaron herramientas de BIM para mejorar la comunicación entre equipos, facilitando la colaboración y la visualización en tiempo real de los avances y posibles problemas (Azhar et al., 2021).

La adopción de un enfoque ágil permitió a Skanska abordar de manera efectiva los desafíos y complejidades de sus proyectos, demostrando que una combinación de metodologías tradicionales y ágiles puede ser clave para optimizar los resultados en proyectos de construcción (Wu et al., 2021).

2.1.6 Impacto de la RX y los factores críticos en la planificación de proyectos de construcción

La RX transforma la planificación de proyectos al optimizar la eficiencia y precisión de las actividades.

La capacidad de visualizar modelos 3D y simular procesos en un entorno inmersivo permite a los equipos de planificación evaluar múltiples escenarios y optimizar sus estrategias.

Saleh y Mohamad (2023) destacan que la implementación de RX en la planificación no solo facilita la colaboración entre los miembros del equipo, sino que también reduce los errores y costos asociados con modificaciones tardías.

Esta tecnología, al integrarse con herramientas tradicionales y sistemas BIM, proporciona una base sólida para la gestión eficiente y precisa de la planificación en proyectos de construcción.

La planificación en proyectos de construcción establece el marco detallado de las actividades, tiempos y recursos para alcanzar los objetivos.

Este proceso incluye la identificación de riesgos y la asignación estratégica de recursos, brindando una visión integral para anticipar y resolver problemas.

Existen factores externos e internos que pueden influir en el éxito de esta planificación, los cuales analizamos en el siguiente apartado.

2.1.6.1 Factores que influyen en el éxito de la planificación en proyectos de construcción.

La planificación de proyectos de construcción es una de las etapas más críticas para garantizar el éxito de cualquier obra.

Varios factores pueden influir en la efectividad de esta fase, lo que frecuentemente provoca desviaciones del cronograma, aumento de costos o problemas de calidad.

Estos factores abarcan desde la precisión en las estimaciones hasta la capacidad de gestionar riesgos y adaptarse a cambios imprevistos.

El análisis de estos elementos es esencial para mejorar la gestión de los proyectos y asegurar que se desarrollen dentro de los límites establecidos.

Según Ofori y Akintoye (2021), factores como la incertidumbre en los costos y los tiempos, así como las fluctuaciones en la disponibilidad de recursos, son determinantes para el éxito o fracaso de la planificación.

Por otro lado, Zhang y Huang (2020) destacan el papel de tecnologías avanzadas, como el BIM y la RX, para mejorar la precisión en las estimaciones y la capacidad de adaptación frente a imprevistos.

A partir de estas investigaciones, se identifican tres áreas clave que serán desarrolladas para comprender su impacto en la planificación eficaz de proyectos: la precisión en las estimaciones, la gestión de riesgos y la adaptabilidad a cambios imprevistos.

2.1.6.2 Precisión en las estimaciones.

La precisión en las estimaciones es uno de los factores más importantes que afectan la planificación de un proyecto de construcción.

La correcta predicción de costos, tiempos y recursos es esencial para elaborar un plan viable y realista que guíe el desarrollo del proyecto.

Cuando las estimaciones iniciales no reflejan adecuadamente las condiciones reales del proyecto, se incrementa el riesgo de enfrentar retrasos, sobrecostos o incluso el fracaso del proyecto.

Zhang y Huang (2020) destacan que la adopción de herramientas avanzadas de planificación, como la tecnología BIM y el análisis de datos, ha mejorado significativamente la capacidad para generar estimaciones más precisas.

Este enfoque no solo reduce las desviaciones durante la ejecución, sino que también optimiza el uso de los recursos y aumenta las probabilidades de éxito del proyecto.

2.1.6.3 Gestión de riesgos.

La gestión de riesgos es un factor clave que influye directamente en el éxito de la planificación de proyectos de construcción.

Esta actividad está inherentemente expuesta a riesgos debido a la naturaleza impredecible del entorno, lo que incluye factores como condiciones climáticas, fluctuaciones en los costos de materiales y problemas logísticos.

Identificar y mitigar estos riesgos durante la fase de planificación es fundamental para minimizar los impactos negativos en la ejecución del proyecto.

Según Ofori y Akintoye (2021), una estrategia robusta de gestión de riesgos debe incluir la identificación temprana de posibles contingencias, así como el desarrollo de planes de acción efectivos para mitigar estos riesgos.

La capacidad de anticipar problemas permite una respuesta rápida y eficiente, lo que contribuye a reducir interrupciones en el cronograma y asegura un desarrollo más fluido del proyecto.

2.1.7 Adaptabilidad en la gestión de proyectos frente a cambios imprevistos

La adaptabilidad a cambios imprevistos es un aspecto crítico en la planificación de proyectos de construcción.

Estos cambios pueden surgir en diversas áreas, como diseños, especificaciones o recursos disponibles, y la capacidad de responder rápidamente a ellos es esencial para minimizar impactos negativos en el proyecto.

Zhang y Huang (2020) destacan que las tecnologías emergentes, como la RX, pueden mejorar significativamente la adaptabilidad al permitir a los equipos de planificación visualizar y simular distintos escenarios antes de que ocurran.

Esto facilita la preparación de respuestas más efectivas y permite ajustar la planificación en tiempo real.

La efectividad de la planificación de proyectos de construcción está influenciada por varios factores clave, como la precisión en las estimaciones, la gestión proactiva de riesgos y la capacidad de adaptarse a cambios inesperados.

Cuando estos factores se gestionan adecuadamente, incrementan las probabilidades de éxito del proyecto y reducen las desviaciones significativas en términos de tiempo, costos y calidad.

La incorporación de tecnologías avanzadas y estrategias efectivas de gestión de riesgos representa una solución fundamental para optimizar la planificación y garantizar que los proyectos de construcción se completen de manera eficiente y dentro de los parámetros establecidos.

Finalmente, la precisión en las estimaciones, la gestión de riesgos y la adaptabilidad ante cambios inesperados condicionan directamente la efectividad de la planificación. La capacidad de anticiparse y responder a estos elementos es determinante para el éxito del proyecto.

En las siguientes secciones, se analizan las principales métricas utilizadas para evaluar la efectividad de la planificación, proporcionando indicadores cuantitativos que permiten monitorear y controlar el desempeño del proyecto.

2.1.7.1 Principales métricas en la planificación de proyectos de construcción.

En la gestión de proyectos de construcción, la medición de la eficacia de la planificación es fundamental para asegurar el éxito del proyecto.

Para ello, se utilizan indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés) que permiten evaluar distintos aspectos del proceso de planificación y su impacto en la ejecución.

Los siguientes indicadores se fundamentan en los estudios de He y Harris (2020) y Zhou y Li (2021), quienes analizan de manera exhaustiva la importancia de los KPI en la planificación de proyectos de construcción.

A partir de sus investigaciones, se identifican tres elementos clave para evaluar la efectividad de la planificación: la precisión en la asignación de recursos, la eficiencia en la ejecución de tareas y la satisfacción de los *stakeholders*.

Estos puntos serán desarrollados y justificados en función de la literatura existente, proporcionando una comprensión detallada de cómo estos factores influyen en el éxito de la gestión de la planificación.

Estos indicadores proporcionan una visión clara sobre cómo se gestionan los recursos, la eficiencia con la que se realizan las tareas, y el grado de satisfacción de los *stakeholders* involucrados en el proyecto.

Según He y Harris (2020), los KPI juegan un papel crucial para garantizar que los objetivos del proyecto se cumplan en tiempo, costo y calidad, y para identificar áreas que requieren ajustes a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

2.1.7.2 Precisión en la asignación de recursos.

La precisión en la asignación de recursos es uno de los indicadores más relevantes en la evaluación de la planificación de proyectos.

Este KPI mide la capacidad del equipo de planificación para estimar de manera adecuada los recursos necesarios, tanto humanos como materiales, en cada fase del proyecto.

Una asignación precisa es esencial para evitar retrasos o sobrecostos que puedan afectar significativamente la eficiencia general del proyecto.

Zhou y Li (2021) señalan que la falta de precisión en este aspecto a menudo resulta en un uso ineficiente de los recursos, lo que impacta negativamente tanto en el cronograma como en los costos.

Por lo tanto, una gestión adecuada de este KPI es fundamental para garantizar una planificación exitosa en cualquier proyecto de construcción.

2.1.7.3 Eficiencia en la ejecución de tareas.

La eficiencia en la ejecución de tareas es un indicador clave que mide la capacidad para completar las actividades planificadas dentro de los plazos establecidos.

Este KPI es esencial para monitorear el progreso del proyecto y asegurar que las actividades se desarrollen conforme al cronograma definido.

La capacidad de ejecutar las tareas de manera eficiente está directamente relacionada con la calidad de la planificación inicial.

Según He y Harris (2020), la eficiencia en la ejecución no solo depende de una planificación detallada, sino también de una supervisión adecuada y la capacidad de realizar ajustes durante la ejecución.

Estas acciones permiten mantener el proyecto alineado con sus objetivos, incluso frente a imprevistos o cambios en las condiciones del proyecto.

2.1.7.4 Indicadores clave de desempeño (KPI) y satisfacción de los stakeholders.

La satisfacción de los *stakeholders* es un indicador fundamental para medir la eficacia de la planificación en proyectos de construcción.

Este KPI evalúa cómo los resultados del proyecto cumplen con las expectativas y necesidades de las partes interesadas, incluidos clientes, inversores y equipos de trabajo.

Zhou y Li (2021) destacan que la satisfacción de los *stakeholders* está estrechamente vinculada con la capacidad del proyecto para entregar resultados dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad, así como con la gestión de cambios y la comunicación durante el proceso.

Un proyecto bien planificado no solo alcanza sus objetivos técnicos, sino que también asegura que todas las partes interesadas estén satisfechas con los resultados.

Los indicadores clave de desempeño, como la precisión en la asignación de recursos, la eficiencia en la ejecución de tareas y la satisfacción de los *stakeholders*, son esenciales para evaluar la planificación de proyectos.

Estas métricas proporcionan una base sólida para tomar decisiones informadas y ajustar las estrategias en función de los resultados obtenidos.

La integración de métricas como el control de tiempos, costos y satisfacción de *stakeholders* en la planificación permite mejorar el control del proyecto y aumentar las probabilidades de éxito en un sector caracterizado por su complejidad y constantes imprevistos.

Estos indicadores facilitan el monitoreo del cumplimiento de los objetivos en cada fase del proyecto, permitiendo ajustar la planificación según sea necesario.

Por último, la efectividad de estas métricas está influenciada por la cultura organizacional, la cual determina cómo se gestionan los recursos y la toma de decisiones dentro de la organización. Este tema será desarrollado en el siguiente apartado.

2.1.8 Definición y tipos de cultura organizacional en proyectos de construcción

Este marco teórico se fundamenta en los estudios de Schein (2020) sobre los componentes esenciales de la cultura organizacional y el liderazgo, así como en la clasificación de los tipos de culturas desarrollada por Cameron y Quinn (2021) a partir del marco de valores competitivos.

Estos enfoques permiten comprender cómo las culturas organizacionales pueden influir en la adopción de nuevas tecnologías y en la disposición de una organización para implementar cambios que mejoren su eficiencia y capacidad de innovación.

2.1.8.1 Definición de la cultura organizacional.

Se compone de un conjunto de valores, creencias, normas y prácticas que determinan el comportamiento y las interacciones dentro de una organización. Schein (2020) define la cultura organizacional como el «patrón de suposiciones básicas» que los miembros de una organización desarrollan a medida que resuelven problemas de adaptación externa e integración interna.

Estos valores y creencias no solo guían la conducta de los empleados, sino que también establecen las bases para la toma de decisiones estratégicas, como la adopción de tecnologías emergentes.

En las organizaciones donde la cultura favorece la innovación y el cambio, la adopción de tecnologías como la RX tiende a ser más rápida y efectiva.

2.1.8.2 Tipos de cultura organizacional.

El marco de valores competitivos desarrollado por Cameron y Quinn (2021) clasifica las culturas organizacionales en cuatro tipos: jerárquica, de clan, de mercado y adhocrática.

Cada tipo de cultura tiene un impacto diferente en la disposición de la organización para adoptar nuevas tecnologías.

- **Cultura jerárquica:** Valora la estabilidad y el control, lo que tiende a generar mayor resistencia a los cambios tecnológicos debido a su rigidez.
- **Cultura adhocrática:** Caracterizada por la flexibilidad e innovación, muestra mayor disposición para experimentar con nuevas tecnologías y adaptarse rápidamente a los avances, como la implementación de RX (Cameron & Quinn, 2021).

Deal y Kennedy (2021) aportan otra perspectiva al mostrar cómo los ritos y rituales de la cultura corporativa influyen en la actitud de las organizaciones frente al cambio, a través de sus prácticas diarias y normas establecidas.

2.1.8.3 Impacto de la cultura organizacional en la adopción de nuevas tecnologías.

La disposición de una organización para adoptar tecnologías innovadoras, como la RX, depende en gran medida del tipo de cultura organizacional predominante.

Hofstede, Hofstede y Minkov (2021) destacan que los valores culturales influyen en cómo las organizaciones perciben el riesgo asociado al cambio tecnológico.

- **Cultura de mercado:** Asociada con valores individualistas y orientados a resultados, facilita la adopción tecnológica para aumentar la competitividad.
- **Cultura jerárquica:** Priorizando la estabilidad, enfrenta mayores barreras en la adopción de tecnologías como la RX.

La cultura organizacional establece los valores, normas y comportamientos que influyen en la gestión de los proyectos de construcción.

Según Schein (2020) y Cameron y Quinn (2021), diagnosticar y, si es necesario, modificar esta cultura es crucial para integrar efectivamente nuevas tecnologías y mantener la competitividad en el mercado.

En el contexto actual, la RX surge como una herramienta revolucionaria en la industria de la construcción. Comprender sus fundamentos es esencial para evaluar su aplicación en este sector y para aprovechar su potencial transformador en la planificación y ejecución de proyectos.

En la siguiente sección, se explorarán los conceptos y aplicaciones de la RX, proporcionando un marco que permite entender su papel en la transformación digital de la industria de la construcción.

La RX ofrece herramientas avanzadas para abordar factores críticos en proyectos, como la gestión eficiente de recursos, la comunicación efectiva y el control de calidad.

Desde la planificación hasta la ejecución, estas tecnologías inmersivas facilitan una mayor precisión en la gestión y contribuyen significativamente a la minimización de riesgos.

Saleh y Mohamad (2023) subrayan que la RX no solo optimiza procesos operativos, sino que también fomenta la colaboración y la toma de decisiones informadas en todas las etapas del proyecto.

2.2 Realidad Extendida (RX)

La RX se presenta como una herramienta revolucionaria en el sector de la construcción. Comprender sus fundamentos, que incluyen la RA, la RV y la RM, resulta esencial para evaluar su aplicación y potencial en esta industria.

Estas tecnologías transforman diversas industrias, incluida la construcción, al mejorar la visualización y simulación de entornos complejos.

Cada una de estas herramientas ofrece distintos niveles de interacción con el mundo real y virtual, haciéndolas aplicables a diferentes fases y necesidades en la gestión de proyectos de construcción.

Según Li y Chen (2019), la adopción de RX en la construcción permite a los equipos de trabajo tomar decisiones más informadas, optimizar la planificación y mejorar el uso de recursos.

2.2.1 Realidad Aumentada (RA)

La RA consiste en superponer información digital sobre el mundo físico en tiempo real, permitiendo la interacción con datos visuales mientras los usuarios mantienen conexión con su entorno real.

En el contexto de la construcción, la RA se utiliza para proyectar planos directamente sobre el sitio, facilitando la identificación de problemas potenciales antes de que se materialicen.

Según García y López (2020), la RA mejora la precisión en la ejecución de proyectos al proporcionar información detallada directamente en el lugar de trabajo.

Esto minimiza errores y reduce la necesidad de ajustes durante la ejecución, optimizando los recursos y tiempos en la construcción.

2.2.2 Realidad Virtual (RV)

La RV sumerge al usuario en un entorno completamente generado por computadora, permitiendo la simulación de espacios y procesos antes de su implementación en el mundo real.

En el sector de la construcción, la RV se utiliza principalmente durante la fase de planificación y diseño, brindando la posibilidad de recorrer virtualmente los edificios antes de su construcción.

Esto permite a arquitectos y clientes visualizar el producto final, identificar errores en etapas tempranas y mejorar la colaboración entre los actores involucrados en el proyecto (Li & Chen, 2019).

2.2.3 Realidad Mixta (RM)

La RM combina características de la RA y la RV, permitiendo que objetos reales y elementos virtuales coexistan e interactúen en tiempo real.

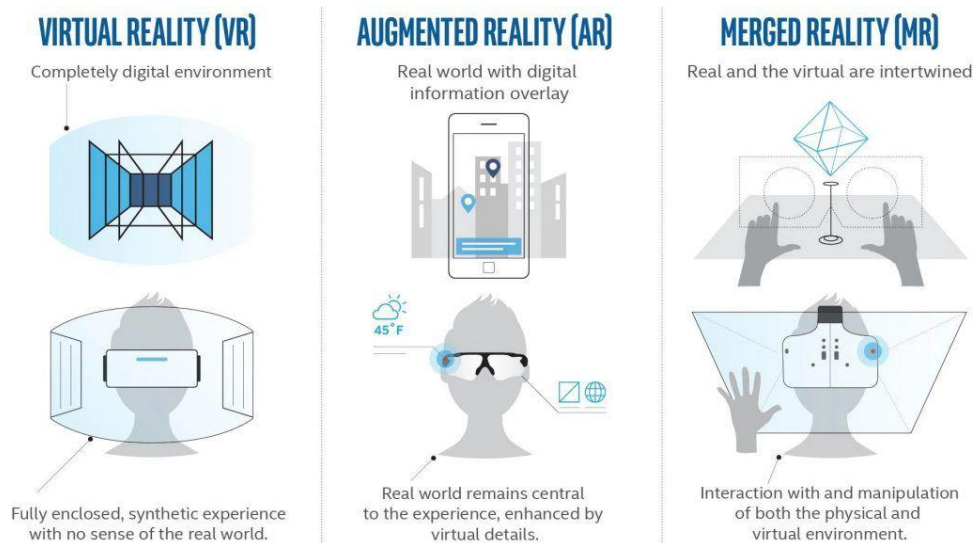
En la construcción, esta tecnología se aplica para realizar simulaciones avanzadas, donde ingenieros y arquitectos manipulan modelos virtuales mientras trabajan en el sitio físico.

Esto proporciona una mayor flexibilidad para adaptar el proyecto a ajustes inesperados durante la fase de ejecución, optimizando así los resultados finales (García & López, 2020).

Como se muestra en la figura 2.4, la RX engloba tecnologías como la RA, la RV y la RM, proporcionando nuevas formas de visualizar, planificar y ejecutar proyectos de construcción.

Figura 2.4.

Realidad extendida.



Nota: Tomado de *Realidad extendida*, por IEBS Business & Tech. (n.d.).

Según García y López (2021), la RA, la RV y la RM mejoran la precisión y eficiencia en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación hasta la ejecución.

La adopción de estas tecnologías emergentes optimiza la toma de decisiones y reduce costos y tiempos al minimizar errores y permitir simulaciones detalladas antes de la construcción física.

La implementación de RX en el sector de la construcción es una tendencia creciente que promete transformar la manera en que se gestionan los proyectos en el futuro cercano.

Como destacan Wong y Fan (2020), estas tecnologías permiten una mejor planificación y ejecución mediante simulaciones inmersivas, facilitando la identificación temprana de errores y mejorando la colaboración entre los equipos.

La RX engloba tecnologías como la RA y la RV, que ofrecen nuevas formas de interactuar y visualizar proyectos de construcción.

Estas tecnologías brindan beneficios significativos al permitir simulaciones detalladas, lo que facilita la toma de decisiones informadas y optimiza los recursos en el ámbito de la construcción.

2.2.4 Fundamentos de la RX

Los principios fundamentales de la RX se basan en el concepto de continuidad entre la realidad y la virtualidad, propuesto por Milgram y Kishino (2020).

Este continuo, conocido como el “continuo realidad-virtualidad”, describe un espectro que abarca desde entornos completamente reales hasta entornos totalmente virtuales, ubicando la RA y la RM en posiciones intermedias dentro de este rango.

2.2.5 Componentes técnicos de la RX

Las tecnologías de RX están respaldadas por varios componentes técnicos esenciales, como dispositivos de visualización (*headsets* y gafas inteligentes), sensores, cámaras y *software* avanzado de procesamiento de imágenes y datos.

Estos componentes permiten la superposición de información digital en el entorno físico en el caso de la RA, y la creación de entornos completamente simulados en la RV.

La integración de estos elementos es clave para proporcionar experiencias inmersivas y precisas, facilitando una interacción fluida entre el usuario y el entorno (Azuma, 2021).

En el ámbito de la construcción, los dispositivos de RX permiten visualizar proyectos arquitectónicos en tiempo real y realizar simulaciones detalladas, mejorando la precisión en la planificación y ejecución de proyectos.

2.2.6 Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción

La integración de la RX en la gestión de proyectos de construcción representa un avance significativo en la manera en que se diseñan, planifican y ejecutan los proyectos.

Según Azuma (2021), la RX permite la creación de modelos digitales superpuestos en el sitio físico de construcción, lo que facilita la identificación temprana de problemas y mejora la toma de decisiones.

Este nivel de interacción inmersiva no solo optimiza la precisión de los proyectos, sino que también reduce errores y modificaciones durante las fases de ejecución.

La capacidad de simular escenarios en tiempo real mediante la RX proporciona a los gestores de proyectos la oportunidad de prever dificultades y realizar ajustes con antelación.

Milgram y Kishino (2020) destacan que esta tecnología fomenta la colaboración entre equipos multidisciplinarios, permitiendo que arquitectos, ingenieros y constructores trabajen de manera más eficiente.

Esto resulta en una sincronización optimizada de actividades y un ahorro significativo de tiempo y recursos.

Un ejemplo de éxito en la integración de RX es su uso en la construcción del Aeropuerto Internacional de Los Ángeles (LAX), donde se implementaron simulaciones en tiempo real para planificar la instalación de sistemas mecánicos y eléctricos.

Según Wong y Fan (2020), esta tecnología permitió identificar y resolver conflictos entre sistemas antes de la ejecución, logrando una reducción del 30 % en errores de diseño y una mejora significativa en la coordinación entre equipos.

Los principios técnicos y componentes subyacentes de la RX, como la visualización inmersiva y la integración de datos en tiempo real, permiten una toma de decisiones más informada y colaborativa.

Aunque la adopción de RX presenta desafíos iniciales, como los altos costos de implementación y la resistencia al cambio organizacional (García & López, 2021), su potencial para transformar la gestión de proyectos de construcción es innegable.

Esta tecnología proporciona mejoras significativas en precisión, eficiencia y reducción de costos.

La RX se basa en la integración de entornos virtuales con la realidad física, ofreciendo herramientas avanzadas para la visualización y coordinación en proyectos.

Estas capacidades abren nuevas oportunidades en el sector de la construcción, optimizando la planificación y mejorando la precisión de las actividades.

Por ejemplo, en el estadio *SoFi*, la RX facilitó la gestión en tiempo real de tareas críticas, reduciendo los tiempos de entrega en un 20 % y minimizando costos asociados a cambios tardíos en el diseño (Ahmad et al., 2021).

Estos resultados destacan el valor de la RX como una herramienta transformadora en la industria de la construcción.

2.2.7 Aplicaciones de la RX en la industria de la construcción

La RX ofrece aplicaciones significativas en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de construcción: iniciación, planificación, ejecución y cierre.

Estas tecnologías permiten a los profesionales del sector optimizar procesos clave, mejorar la comunicación entre los equipos, reducir errores y facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

En particular, la fase de ejecución del proyecto se beneficia enormemente de estas herramientas, mejorando la precisión y eficiencia del trabajo, lo que contribuye al cumplimiento de los plazos y presupuestos establecidos (Azhar, 2011).

2.2.7.1 Aplicaciones en la planificación y diseño de proyectos.

En la fase de planificación y diseño, la RA y el BIM han revolucionado la conceptualización y desarrollo de los proyectos de construcción.

Tradicionalmente, los diseños y planos arquitectónicos eran interpretados en formatos bidimensionales, lo que dificultaba a los equipos de trabajo y clientes visualizar el resultado final.

La integración de RA y BIM permite proyectar modelos tridimensionales directamente sobre el entorno real, proporcionando una comprensión clara y precisa del proyecto una vez construido.

Según Wong y Fan (2020), esta capacidad de superponer modelos 3D sobre el sitio de construcción es esencial para identificar de manera temprana posibles conflictos entre sistemas constructivos, como tuberías, estructuras de soporte o sistemas eléctricos.

En los métodos tradicionales, estos problemas suelen detectarse en fases avanzadas de la construcción, generando costos adicionales y retrasos.

Con la combinación de RA y BIM, los equipos pueden anticiparse a estos errores, ajustando los planos y soluciones antes de iniciar la ejecución física, optimizando tanto los recursos como el tiempo.

La visualización de los planos directamente en el entorno real facilita la colaboración entre arquitectos, diseñadores, clientes y otros *stakeholders*.

Este enfoque interactivo permite a los arquitectos demostrar visualmente cómo las decisiones de diseño impactan el espacio final.

Los clientes, a su vez, pueden participar activamente en el proceso, ofreciendo retroalimentación en tiempo real. Este nivel de interacción es crucial para proyectos grandes y complejos, donde la comprensión visual de los detalles puede prevenir cambios costosos en etapas posteriores (Wong & Fan, 2020).

2.2.7.2 Mejora en la precisión del diseño y toma de decisiones informadas.

Uno de los beneficios clave de integrar RA y BIM es la mejora en la precisión del diseño.

En proyectos de construcción, pequeñas inexactitudes en los planos pueden generar grandes problemas durante la fase de ejecución.

La combinación de estas tecnologías permite a los diseñadores validar sus decisiones en un entorno virtual inmersivo que se superpone al mundo real, reduciendo significativamente los errores de diseño.

Estas tecnologías otorgan a los clientes y stakeholders la capacidad de tomar decisiones más informadas antes de iniciar la construcción.

La RA facilita una visualización detallada del proyecto en su contexto real, lo que permite al cliente comprender cómo los elementos de diseño se integrarán en el espacio físico.

Según Wong y Fan (2020), la mejora en la visualización y la capacidad de anticipar problemas promueven una colaboración más efectiva y aseguran que el diseño final cumpla con los objetivos del cliente, optimizando recursos y tiempo.

2.2.7.3 Optimización del tiempo y los recursos.

La integración de RA y BIM en la planificación y diseño también contribuye a la optimización de recursos y tiempo.

Al identificar errores y conflictos de diseño antes de la construcción, los equipos evitan los costos asociados a trabajos duplicados. Esto es particularmente relevante en proyectos de gran escala, donde incluso un pequeño error puede tener consecuencias económicas y logísticas significativas.

La gestión eficiente de los recursos abarca no solo la fase de construcción, sino también los materiales y el capital humano.

Con herramientas como BIM y RA, los responsables de planificación pueden prever con mayor precisión los materiales necesarios en cada fase, reduciendo el desperdicio y asegurando que los recursos estén disponibles cuando se necesiten.

Este enfoque permite un control riguroso del presupuesto y previene interrupciones en la construcción por falta de materiales o sobrecarga de los equipos de trabajo.

Las aplicaciones de la RX en construcción también incluyen la visualización de diseños, la supervisión de obras y la capacitación en entornos seguros.

Estas herramientas mejoran la precisión y reducen los riesgos en la ejecución de proyectos. La adopción de estas tecnologías depende de factores como la inversión en infraestructura y la capacitación, los cuales se detallan en la próxima sección.

2.2.8 Factores que influyen en la adopción de tecnologías.

La adopción de nuevas tecnologías dentro de las organizaciones, como la RX en el sector de la construcción, depende de factores internos y externos que pueden facilitar o dificultar su implementación.

Comprender estos factores es esencial para gestionar de manera eficiente la transición hacia herramientas tecnológicas innovadoras y asegurar su integración exitosa en la gestión de proyectos.

Según Venkatesh, Thong y Xu (2020), la adopción tecnológica está influenciada por la interacción de múltiples elementos organizacionales y personales. Esto requiere una evaluación integral del entorno en el que se introduce la tecnología.

2.2.8.1 Factores internos: Liderazgo.

Entre los factores internos, el liderazgo desempeña un papel central en la adopción de nuevas tecnologías. Los líderes de proyecto y gerentes que promueven activamente el uso de innovaciones como la RX fomentan una cultura de apertura y aprendizaje, lo que facilita la transición tecnológica.

La disposición de los equipos a adaptarse a cambios también es un factor relevante, ya que las resistencias al cambio pueden ralentizar el proceso de adopción.

Según Oliveira, Martins y Silva (2020), la estructura organizacional y la capacitación del personal influyen significativamente en la disposición de la organización para adoptar nuevas herramientas. Una estructura rígida y poco flexible puede generar barreras internas que dificultan la implementación tecnológica.

2.2.8.2 Capacitación y formación del personal.

La capacitación del personal es fundamental para garantizar que la implementación de tecnologías innovadoras, como la RX, sea efectiva y sostenible.

Las organizaciones deben invertir en programas de formación que permitan a los empleados desarrollar las habilidades necesarias para utilizar las nuevas herramientas de manera eficiente.

Venkatesh, Thong y Xu (2020) destacan que la falta de competencias tecnológicas genera frustración entre los empleados y aumenta la resistencia al cambio, lo que puede comprometer la adopción exitosa de la tecnología.

Por lo tanto, un enfoque proactivo en la capacitación ayuda a superar estas barreras y mejora la experiencia del usuario con las nuevas herramientas.

2.2.8.3 Factores externos: Tendencias del mercado y regulaciones.

Entre los factores externos, las tendencias del mercado y las regulaciones industriales tienen un impacto determinante en la adopción de tecnologías emergentes.

En el sector de la construcción, la presión del mercado por mejorar la eficiencia y la competitividad impulsa a las organizaciones a adoptar herramientas como la RX.

Asimismo, las regulaciones y normativas pueden incentivar o restringir el uso de nuevas tecnologías, especialmente en proyectos de infraestructura que deben cumplir con estándares específicos.

Oliveira, Martins y Silva (2020) subrayan que un entorno regulatorio favorable facilita la adopción tecnológica, mientras que la ausencia de políticas claras puede generar incertidumbre y frenar la innovación.

La adopción de tecnologías como la RX en la gestión de proyectos de construcción está influenciada por factores internos y externos.

Entre ellos destacan el liderazgo, la disposición al cambio, la capacitación del personal, las tendencias del mercado y las regulaciones industriales. Estos factores interactúan para facilitar o dificultar la implementación de herramientas innovadoras.

Comprender estas dinámicas es esencial para diseñar estrategias de adopción que minimicen resistencias, maximicen los beneficios de las nuevas tecnologías y aseguren una integración exitosa en las operaciones organizacionales.

Para implementar la RX de manera efectiva en los proyectos de construcción, es necesario un análisis detallado de estos factores, lo que permitirá explorar herramientas y métodos prácticos de integración.

2.3 Aplicación de la RX en la gestión de proyectos de construcción

La RX está transformando la gestión de proyectos en el sector de la construcción al optimizar procesos y mejorar la eficiencia operativa.

Estas herramientas brindan nuevas oportunidades para la planificación, ejecución y seguimiento, permitiendo a los gestores anticipar problemas, asignar recursos de manera eficiente y fomentar la colaboración entre equipos.

Según Wong y Fan (2020), la integración de la RX con modelos digitales avanzados, como el BIM, optimiza la precisión en la visualización y la coordinación de proyectos.

Esta integración minimiza errores desde la fase de diseño y facilita la toma de decisiones informadas, lo que reduce la probabilidad de modificaciones costosas durante la ejecución.

Las capacidades inmersivas de la RV también han demostrado ser fundamentales para mejorar la comunicación y colaboración entre los participantes del proyecto.

Zhang y Teizer (2022) subrayan que las reuniones virtuales permiten a los equipos interactuar con modelos tridimensionales en entornos colaborativos, asegurando que todos los involucrados comprendan claramente los planes y objetivos.

Esta interacción anticipada con los modelos también permite a los *stakeholders* alinear expectativas desde el inicio, reduciendo la necesidad de cambios durante las etapas finales del proyecto.

En la fase de ejecución, la RX ha revolucionado la supervisión en tiempo real y la detección de desviaciones con respecto al plan original.

La RA, en particular, se emplea para proporcionar instrucciones precisas directamente en el sitio de construcción, minimizando errores humanos y mejorando la eficiencia operativa (Zhang & Teizer, 2022).

La capacidad de identificar y resolver problemas de inmediato garantiza que el proyecto avance conforme al cronograma y se cumplan los objetivos previstos.

La RX se ha consolidado como una herramienta indispensable en la industria de la construcción, proporcionando un enfoque innovador para la gestión integral de proyectos.

Su implementación permite optimizar recursos, facilitar la toma de decisiones y mejorar la colaboración, asegurando un desempeño eficiente en cada fase del proyecto.

2.3.1 Optimización en la planificación y asignación de recursos.

Una de las ventajas más significativas de la RX en la gestión de proyectos es su capacidad para anticipar problemas antes de que ocurran, permitiendo así optimizar la asignación de recursos.

Las simulaciones inmersivas mediante RA permiten superponer modelos 3D sobre el sitio de construcción real, identificando conflictos entre sistemas estructurales, eléctricos y mecánicos de manera anticipada (Wong & Fan, 2020).

Esto minimiza la necesidad de modificaciones durante la ejecución, reduciendo significativamente los costos y los retrasos.

Los cronogramas interactivos creados mediante BIM y RX facilitan una planificación más precisa de la secuencia de actividades, asegurando que los recursos estén disponibles cuando se necesiten.

2.3.1.1 Mejora en la comunicación y colaboración entre equipos.

Las tecnologías inmersivas, como la RV, promueven una colaboración más efectiva entre los actores del proyecto, al permitir que los equipos participen en reuniones virtuales donde se visualizan los planos y modelos en un entorno 3D.

Esta forma de trabajo facilita la alineación entre los equipos de diseño, ingeniería y construcción, asegurando que todos compartan una comprensión clara del proyecto y de las especificaciones técnicas (Zhang & Teizer, 2022).

Los *stakeholders* también se benefician de esta tecnología, ya que pueden interactuar con el proyecto antes de la construcción física, proporcionando retroalimentación en etapas tempranas y reduciendo la posibilidad de cambios costosos más adelante.

2.3.1.2 Ejecución eficiente y monitoreo en tiempo real.

Durante la fase de ejecución, la RX permite comparar en tiempo real el progreso del proyecto con el plan original, lo que ayuda a los gestores a identificar desviaciones y realizar ajustes inmediatos.

La RA también se utiliza para proporcionar instrucciones precisas a los trabajadores en el sitio, superponiendo información relevante sobre las estructuras en construcción.

Según Zhang y Teizer (2022), esta capacidad reduce los errores humanos y mejora la eficiencia operativa, al garantizar que las tareas se realicen de acuerdo con las especificaciones establecidas.

La RX facilita un monitoreo continuo del proyecto, lo que permite detectar y resolver problemas antes de que afecten significativamente el cronograma o el presupuesto.

La RX se aplica en la gestión de proyectos de construcción mediante herramientas que permiten la planificación inmersiva, la supervisión en tiempo real y la optimización de los recursos.

Estas herramientas facilitan una integración más precisa y colaborativa, lo cual se analiza a continuación para entender sus ventajas en la mejora de la eficiencia y precisión en la planificación y ejecución de proyectos.

2.3.2 Herramientas de la RX en la gestión de proyectos de construcción

Cada herramienta de RX tiene funcionalidades específicas que aportan ventajas significativas al sector.

Según Lee y Park (2021), las herramientas de RX permiten visualizar el desarrollo del proyecto en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas y minimizando errores durante la ejecución.

2.3.2.1 Herramientas de RA.

Las herramientas de RA se utilizan principalmente para superponer modelos tridimensionales en el entorno real del proyecto, lo que permite a los equipos detectar conflictos y ajustar las actividades con precisión.

Esta funcionalidad es especialmente útil en la planificación y coordinación de sistemas complejos, como las instalaciones eléctricas y mecánicas.

Lee y Park (2021) destacan que la RA facilita la revisión del proyecto en sitio, reduciendo la posibilidad de errores costosos mediante la validación temprana de planos y diseños.

La RA proporciona instrucciones visuales a los trabajadores en tiempo real, mejorando la precisión de las tareas operativas y minimizando los errores humanos.

2.3.2.2 Herramientas de RV.

Las herramientas de RV permiten la creación de entornos inmersivos en los que los equipos pueden recorrer virtualmente las estructuras proyectadas antes de la construcción física.

Esta tecnología es especialmente útil en las fases de diseño y planificación, ya que permite a los interesados visualizar el proyecto completo y proporcionar retroalimentación antes de que se inicie la obra.

Nguyen y Tran (2022) señalan que la RV mejora significativamente la colaboración entre los equipos multidisciplinarios, ya que permite que arquitectos, ingenieros y clientes interactúen con los modelos de manera conjunta y anticipen problemas potenciales.

La RV se utiliza para capacitar a los trabajadores en escenarios simulados, lo que los prepara para situaciones reales sin exponerlos a riesgos.

2.3.2.3 Casos de uso en la planificación y ejecución.

La combinación de RA y RV ha demostrado ser efectiva para optimizar tanto la planificación como la ejecución de proyectos.

- **Etapa de planificación:** Estas herramientas permiten crear cronogramas visuales interactivos que ayudan a prever la secuencia de actividades y a garantizar que los recursos estén disponibles en el momento adecuado.
- **Etapa de ejecución:** Proporcionan un monitoreo continuo del progreso al comparar el trabajo físico con los modelos digitales, lo que permite realizar ajustes inmediatos en caso de desviaciones.

Nguyen y Tran (2022) destacan que la integración de estas herramientas en la gestión de proyectos ha reducido los tiempos de ejecución y mejorado el control sobre los costos y plazos del proyecto.

En el ámbito de la construcción, diversas herramientas de RA y RV están facilitando la planificación y ejecución de proyectos, generando beneficios significativos. Entre las soluciones más utilizadas se encuentran:

- **Trimble's SiteVision:** Herramienta de RA que permite a los equipos visualizar modelos 3D superpuestos en el sitio de construcción, asegurando mayor precisión y reduciendo errores durante la ejecución.
- **Akular AR:** Plataforma que optimiza los modelos BIM para ser visualizados en dispositivos móviles, permitiendo revisiones colaborativas en tiempo real entre distintos equipos sin importar su ubicación física (Gyata, 2024; BigRentz, 2024).

La implementación de estas tecnologías ha demostrado mejorar la eficiencia operativa. Por ejemplo:

- **Costos:** Han reducido aproximadamente un 30 % los costos asociados con doubles trabajos, al identificar conflictos de diseño antes de que se produzcan (BigRentz, 2024).
- **Colaboración:** Permiten realizar reuniones virtuales inmersivas que aceleran la toma de decisiones, mejorando la alineación de los equipos y disminuyendo el riesgo de malentendidos (Nsflow, 2024).
- **Seguridad:** Facilitan prácticas de seguridad en entornos controlados, reduciendo incidentes y mejorando la preparación en situaciones de emergencia (Nguyen & Tran, 2022).

La adopción de estas tecnologías, aunque requiere una inversión inicial considerable, ha demostrado generar ahorros sustanciales en términos de tiempo y costos a largo plazo.

Al integrar la RA y la RV en la gestión de proyectos, las organizaciones pueden optimizar recursos, minimizar riesgos y mejorar la precisión, facilitando el cumplimiento de los plazos y la satisfacción del cliente (Lee & Park, 2021).

2.3.3 Integración de la RX en la gestión de proyectos de construcción.

La integración de herramientas de RX en la gestión de proyectos de construcción requiere un enfoque estratégico para maximizar sus beneficios.

Esta integración implica alinear las nuevas tecnologías con los sistemas existentes, capacitar al personal y adaptar los flujos de trabajo, asegurando que las innovaciones tecnológicas complementen y optimicen los procesos tradicionales.

Según Kim y Kim (2023), una implementación efectiva de RX mejora la eficiencia operativa, incrementa la precisión en la planificación y facilita la toma de decisiones informadas.

2.3.3.1 Compatibilidad con sistemas existentes.

Un paso clave para la adopción de RX es asegurar su compatibilidad con los sistemas actuales utilizados en la gestión de proyectos.

La integración de estas herramientas permite que los modelos digitales y los datos del proyecto fluyan sin problemas entre las plataformas, evitando interrupciones y la duplicidad de esfuerzos (Martínez & López, 2020).

Kim y Kim (2023) señalan que una estrategia eficaz implica establecer un marco de interoperabilidad entre la RX y los sistemas tradicionales para garantizar que la información sea consistente y accesible en todas las fases del proyecto.

2.3.3.2 Capacitación del personal y adopción cultural.

La capacitación del personal es fundamental para el éxito de la implementación de RX. Los equipos de trabajo deben desarrollar habilidades para utilizar estas herramientas de manera eficiente y adaptarse a los nuevos procesos tecnológicos.

La adopción de RX puede generar resistencia al cambio si no se gestiona adecuadamente la transición cultural dentro de la organización.

Martínez y López (2020) destacan que un enfoque gradual y los programas de formación continua son esenciales para facilitar la integración de estas tecnologías y fomentar una actitud abierta hacia la innovación.

2.3.3.3 Adaptación de los flujos de trabajo.

La implementación de RX también requiere adaptar los flujos de trabajo tradicionales para aprovechar al máximo sus funcionalidades.

En este sentido, es importante rediseñar los procesos de comunicación y toma de decisiones para incorporar las ventajas de la visualización inmersiva y la colaboración en tiempo real que ofrecen la RA y la RV.

Según Kim y Kim (2023), esto implica redefinir roles y responsabilidades dentro de los equipos, permitiendo que la tecnología facilite una gestión más ágil y eficiente del proyecto.

La integración efectiva de herramientas de RX en la gestión de proyectos de construcción requiere desarrollar los siguientes aspectos dentro de la organización:

- Un enfoque estructurado que contemple la compatibilidad con los sistemas existentes.
- La capacitación del personal y la adaptación de los flujos de trabajo.

Estas estrategias aseguran que las innovaciones tecnológicas se integren de manera fluida, mejorando la precisión, la eficiencia y la colaboración en los proyectos.

Al abordar tanto los aspectos técnicos como culturales de la implementación, las organizaciones pueden maximizar los beneficios de la RX y transformar sus procesos de gestión de proyectos.

La integración de la RX en la gestión de proyectos implica su incorporación en los flujos de trabajo y la capacitación del equipo para maximizar su efectividad. Este proceso transforma la gestión tradicional, proporcionando un enfoque más colaborativo y adaptativo.

A pesar de los beneficios potenciales, la adopción de RX también enfrenta desafíos, los cuales se examinan a continuación.

2.3.3.4 Beneficios y desafíos de la RX en la planificación de proyectos de construcción.

La incorporación de la RX en la planificación de proyectos de construcción ofrece importantes beneficios, pero también presenta desafíos técnicos y organizacionales.

Estas tecnologías facilitan la colaboración entre equipos, mejoran la precisión en la toma de decisiones y optimizan el uso de recursos.

Su adopción implica superar barreras técnicas y culturales que pueden afectar su implementación efectiva.

Según Brown y Green (2021), es esencial evaluar tanto las ventajas como las limitaciones para maximizar el impacto positivo de estas tecnologías.

La inclusión de investigaciones recientes que aborden aplicaciones específicas de RX en el sector de la construcción es crucial, dada la evolución constante de esta tecnología y la diversificación de sus aplicaciones.

Estudios recientes (2022-2024) muestran avances significativos en términos de reducción de costos, mejoras en seguridad y aumento de la eficiencia operativa.

Por ejemplo, investigaciones de Wang et al. (2022) destacan que el uso de simulaciones visuales en tiempo real mediante RA permite identificar problemas antes de la construcción física, reduciendo errores de diseño y costos hasta en un 30 %.

Esto demuestra que la RX no solo optimiza la planificación y ejecución, sino que también tiene un impacto significativo en el control de calidad y la comunicación entre los interesados.

Los estudios realizados en 2023 describen cómo empresas de construcción en Europa y Asia implementan dispositivos móviles con RA para supervisar avances en el sitio de construcción.

Esta práctica permite revisiones constantes y precisas de la calidad de la obra, facilitando correcciones inmediatas ante desviaciones del cronograma (Khan et al., 2023).

Estos hallazgos subrayan la importancia de la RX en la modernización de la industria, especialmente en proyectos complejos donde la precisión y rapidez son esenciales.

Finalmente, investigaciones de 2024 destacan el uso de la realidad virtual (RV) en la capacitación del personal. Esta herramienta ha mejorado significativamente la seguridad en proyectos de alta complejidad, al permitir que los trabajadores experimenten situaciones de riesgo en entornos controlados.

Según El Khatib (2024), esto ha reducido en un 25 % los incidentes laborales durante las etapas iniciales de implementación de proyectos.

Estos estudios recientes fortalecen el marco teórico al demostrar el impacto positivo de la RX en la gestión de riesgos y en la planificación eficiente de recursos en el sector de la construcción

2.3.3.5 Beneficios: Mejora en la eficiencia y colaboración.

Entre los principales beneficios del uso de la RX en la planificación de proyectos de construcción destacan mejoras significativas en la eficiencia operativa y la colaboración multidisciplinaria.

Estas ventajas no solo optimizan el desempeño de los equipos, sino que también reducen riesgos durante la ejecución al anticipar problemas y facilitar la alineación de expectativas entre las partes involucradas. A continuación, se presentan los beneficios más relevantes:

- Permite que los equipos de trabajo visualicen los modelos en tiempo real, facilitando la identificación de problemas antes de la ejecución física.
- Reduce los riesgos de errores y trabajos duplicados, mejorando la eficiencia operativa (Singh & Gupta, 2022).
- Fomenta la colaboración entre equipos multidisciplinarios, permitiendo que arquitectos, ingenieros y clientes interactúen simultáneamente en entornos virtuales.
- Facilita la alineación de expectativas, minimizando la necesidad de cambios durante la ejecución.

2.3.3.6 Desafíos técnicos y organizacionales.

A pesar de sus múltiples ventajas, la implementación de RX en la planificación de proyectos presenta varios desafíos, entre los que destacan:

- Las herramientas de RX requieren infraestructura tecnológica avanzada y una fuerte inversión inicial, lo que puede limitar su adopción, especialmente en empresas pequeñas o con presupuestos restringidos (Brown & Green, 2021).
- La integración con sistemas existentes, como BIM, puede presentar dificultades técnicas que afecten la interoperabilidad y el flujo de trabajo.
- Singh y Gupta (2022) señalan que la falta de personal capacitado también es un desafío significativo, ya que la adopción efectiva de estas herramientas requiere habilidades específicas y una curva de aprendizaje considerable.

2.3.4 Adaptación cultural y gestión del cambio.

Un aspecto clave en la adopción de la RX es la resistencia al cambio organizacional. La incorporación de estas tecnologías implica una transformación en los flujos de trabajo tradicionales, lo que puede generar reticencias entre los equipos de trabajo.

Según Brown y Green (2021), la gestión del cambio es fundamental para superar estas barreras culturales y garantizar la implementación exitosa de la RX.

Para mitigar esta resistencia, las organizaciones deben desarrollar estrategias de capacitación continua y establecer una comunicación clara.

Esto permitirá fomentar una cultura de innovación que facilite la adopción de nuevas herramientas tecnológicas.

La RX ofrece ventajas significativas en la planificación de proyectos de construcción, como la mejora en la colaboración, la reducción de riesgos y el aumento de la eficiencia operativa.

No obstante, su implementación también enfrenta desafíos relacionados con la infraestructura, la capacitación del personal y la resistencia al cambio.

Un enfoque integral que contemple tanto los beneficios como los desafíos permitirá a las organizaciones maximizar el impacto positivo de estas tecnologías.

Este enfoque debe centrarse en la optimización de recursos, la superación de barreras culturales y la generación de mejores resultados en la gestión de proyectos.

Si bien los beneficios de la RX incluyen la reducción de errores y la mejora en la coordinación entre equipos, su adopción enfrenta desafíos como la inversión inicial y las barreras culturales.

La siguiente sección aborda las principales barreras culturales asociadas con la implementación de estas tecnologías y su impacto en los procesos organizacionales.

2.3.4.1 Barreras culturales en la adopción de RX.

La adopción de RX en el sector de la construcción puede enfrentar múltiples barreras culturales que dificultan su implementación efectiva.

Entre estas barreras destacan la resistencia al cambio, la falta de conocimiento tecnológico, el temor a la pérdida de empleo y la oposición a modificar dinámicas internas preestablecidas.

Estas barreras culturales representan un desafío significativo para las organizaciones que buscan integrar tecnologías emergentes, como la RA y la RV, en sus procesos de gestión de proyectos (Al-Sakkaf & Campbell, 2022).

2.3.4.2 Resistencias al cambio y falta de entendimiento tecnológico.

La resistencia al cambio es una de las barreras más comunes en las organizaciones que buscan implementar nuevas tecnologías.

Los empleados suelen mostrarse reacios a adoptar nuevas herramientas por temor a salir de su zona de confort y a la necesidad de adquirir nuevas competencias.

Lee y Wong (2021) destacan que esta resistencia se intensifica en entornos donde no se proporciona suficiente formación sobre el uso de las herramientas, lo que genera un ambiente de incertidumbre y frustración.

La falta de comprensión tecnológica por parte de los trabajadores puede aumentar la desconfianza hacia las tecnologías emergentes, dificultando su adopción.

2.3.4.3 Miedos relacionados con la pérdida de empleo.

Otro factor importante es el temor a la automatización y la posible pérdida de empleo. La introducción de herramientas de RX a menudo genera inquietudes entre los trabajadores, ya que perciben estas tecnologías como una amenaza que podría hacer obsoletos sus roles.

Al-Sakkaf y Campbell (2022) subrayan que este tipo de temor no solo impacta la moral del equipo, sino que también genera una resistencia activa a la adopción de nuevas herramientas.

En respuesta a este desafío, las organizaciones deben desarrollar estrategias de comunicación que refuercen la idea de que la RX complementa las habilidades humanas en lugar de reemplazarlas.

2.3.4.4 Dinámicas internas y gestión del cambio.

Las dinámicas internas dentro de las organizaciones también juegan un papel fundamental en la adopción de RX. Los equipos que han trabajado durante años bajo sistemas tradicionales pueden resistirse a reestructurar sus flujos de trabajo, lo que genera fricciones durante la transición.

Lee y Wong (2021) enfatizan la importancia de contar con un liderazgo sólido y programas de capacitación continua para superar estas barreras.

La gestión del cambio debe incluir tanto incentivos como formación técnica para fomentar una actitud positiva hacia la innovación y garantizar una adopción fluida de las herramientas.

La adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción enfrenta múltiples barreras culturales, incluidas la resistencia al cambio, la falta de conocimiento tecnológico, los temores relacionados con la pérdida de empleo y las dinámicas organizacionales rígidas.

Para superar estos desafíos, es fundamental desarrollar estrategias de gestión del cambio que promuevan la capacitación continua, fortalezcan la comunicación interna y ofrezcan incentivos claros para la adopción de nuevas tecnologías.

La superación de estas barreras permitirá a las organizaciones aprovechar plenamente los beneficios de la RX, optimizando la planificación y ejecución de sus proyectos.

Las barreras culturales, como la resistencia al cambio y las percepciones tradicionales, pueden dificultar la adopción de la RX en la construcción.

Superar estos obstáculos requiere estrategias específicas que faciliten la aceptación de nuevas tecnologías, tema que se desarrolla a continuación como un conjunto de recomendaciones para mejorar la integración de la RX.

2.3.5 Estrategias para facilitar la adopción de tecnologías.

La implementación de tecnologías emergentes como la RA y la RV en la gestión de proyectos de construcción requiere un enfoque estratégico para garantizar una transición fluida y minimizar la resistencia al cambio.

Diversas teorías y modelos de gestión del cambio ofrecen marcos útiles para entender cómo las organizaciones pueden adoptar estas tecnologías de manera efectiva.

Entre las estrategias clave destacan la formación continua, la promoción de una cultura de innovación, el liderazgo efectivo y el desarrollo de políticas organizacionales que faciliten el cambio tecnológico (Armenakis & Bedeian, 2021).

2.3.5.1 Liderazgo y gestión del cambio.

El modelo de gestión del cambio propuesto por Kotter (2020) identifica ocho pasos fundamentales para liderar con éxito la transformación organizacional:

1. **Crear un sentido de urgencia:** Convencer a los empleados de la necesidad inmediata del cambio para evitar la complacencia.
2. **Formar una coalición directiva:** Reunir un grupo de líderes clave que respalden el proceso de cambio.
3. **Desarrollar una visión y estrategia:** Establecer una dirección clara para orientar los esfuerzos de cambio.
4. **Comunicar la visión del cambio:** Difundir ampliamente la visión para que todos en la organización la entiendan y adopten.
5. **Facultar a los empleados para la acción:** Eliminar obstáculos y empoderar a los empleados para que actúen en línea con la visión.
6. **Asegurar triunfos a corto plazo:** Identificar y impulsar éxitos tempranos que motiven a continuar con el proceso.
7. **Consolidar los logros y producir más cambios:** Usar los éxitos iniciales para impulsar cambios adicionales.
8. **Anclar los cambios en la cultura organizacional:** Integrar los nuevos comportamientos en la cultura de la organización, asegurando su sostenibilidad a través del involucramiento activo del personal en el proceso.

La implementación de RA y RV en proyectos de construcción requiere un liderazgo que motive a los empleados y promueva la colaboración durante todo el proceso. Esto garantiza que la adopción de la tecnología sea vista como una oportunidad y no como una amenaza para los equipos de trabajo.

2.3.5.2 Formación y capacitación continua.

La formación continua es esencial para asegurar que los empleados adquieran las habilidades necesarias para utilizar nuevas tecnologías.

La capacitación efectiva no solo incrementa la competencia técnica del personal, sino que también genera confianza en el uso de herramientas emergentes.

Armenakis y Bedeian (2021) sostienen que la capacitación debe ser constante y práctica, especialmente en sectores como la construcción, que requieren alta precisión. Esto ayuda a reducir la resistencia al cambio y facilita la integración de la tecnología en los flujos de trabajo existentes.

2.3.5.3 Promoción de la innovación y modelo TAM.

El Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) de Rogers (2020) sugiere que la adopción de nuevas tecnologías está influenciada por dos factores principales: la percepción de utilidad y la facilidad de uso.

Para que los *stakeholders* acepten herramientas como RA y RV, estas deben percibirse como beneficiosas para sus tareas diarias y fáciles de integrar en sus rutinas.

Fomentar una cultura de innovación dentro de la organización es clave para incentivar el uso de estas herramientas, estableciendo un entorno propicio para la experimentación y el aprendizaje continuo.

2.3.5.4 Políticas organizacionales y Sostenibilidad del cambio.

El desarrollo de políticas organizacionales que respalden el cambio tecnológico es esencial para asegurar la sostenibilidad de las innovaciones a largo plazo.

Estas políticas deben incluir incentivos para el uso de nuevas tecnologías, así como mecanismos de evaluación y retroalimentación que permitan realizar ajustes durante el proceso de implementación.

Armenakis y Bedeian (2021) destacan que las políticas claras brindan estabilidad al proceso de cambio y aseguran que los recursos necesarios estén disponibles para apoyar la transformación.

La adopción de tecnologías emergentes en la gestión de proyectos de construcción requiere una combinación de liderazgo efectivo, formación continua, promoción de la innovación y desarrollo de políticas organizacionales alineadas con el cambio.

Teorías como las de Kotter y modelos como el TAM ofrecen marcos útiles para diseñar estrategias que minimicen la resistencia y maximicen los beneficios de la RA y la RV.

Con una implementación bien gestionada, estas tecnologías optimizan la planificación y ejecución de proyectos, asegurando resultados más eficientes y colaborativos.

La integración de la RX con inteligencia artificial permite análisis predictivos que impulsan una planificación dinámica y adaptativa, transformando los procesos tradicionales en soluciones tecnológicas avanzadas.

Capítulo 3 Marco metodológico

Este capítulo expone el diseño metodológico que fundamenta la investigación, describiendo en detalle los procesos de recolección, análisis e interpretación de datos requeridos para alcanzar los objetivos planteados.

La investigación adoptó un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener una visión integral del problema de estudio.

Este enfoque equilibró la objetividad de los datos numéricos con la profundidad interpretativa de los datos cualitativos, facilitando un análisis exhaustivo de los factores que influyen en la incorporación de tecnologías de RX en la gestión de planificación de los proyectos de construcción.

Se emplearon instrumentos como entrevistas semiestructuradas y cuestionarios estructurados para captar tanto las percepciones de expertos como datos específicos sobre la aplicabilidad de la RX.

Estos instrumentos se diseñaron cuidadosamente para alinearse con los objetivos del estudio y garantizar la validez y confiabilidad de los datos recolectados.

El análisis de datos incluyó técnicas de triangulación para asegurar la coherencia y precisión de los hallazgos.

Adicionalmente, se consideraron las implicaciones éticas y las limitaciones del estudio. Esto incluyó la confidencialidad y voluntariedad de los participantes, así como la objetividad en la presentación de resultados.

Este capítulo metodológico estableció una base sólida para estructurar y validar la investigación, facilitando la generación de conclusiones significativas y recomendaciones prácticas para la gestión de proyectos de construcción.

3.1 Tipos de investigación

Para abordar los objetivos planteados, se empleó un enfoque metodológico mixto que combina elementos cualitativos y cuantitativos.

Este enfoque permitió una comprensión integral del fenómeno investigado al integrar diferentes perspectivas y técnicas de análisis (Tashakkori & Teddlie, 2019).

3.1.1 Investigación cualitativa.

La investigación cualitativa se enfoca en comprender fenómenos complejos desde una perspectiva subjetiva, explorando experiencias y percepciones a través de métodos como

entrevistas y análisis de contenido (Silverman, 2020). En este estudio, las entrevistas semiestructuradas y análisis de casos permitieron captar matices y perspectivas sobre el uso de herramientas tradicionales y avanzadas en la gestión de proyectos.

3.1.2 Investigación cuantitativa.

La investigación cuantitativa recolectó y analizó datos numéricos para medir variables específicas y establecer relaciones causales o correlacionales (Creswell & Creswell, 2020).

En este caso, cuestionarios estructurados evaluaron la efectividad de herramientas basadas en inteligencia artificial, generando datos cuantificables para respaldar las conclusiones.

3.1.3 Investigación mixta.

Este enfoque integró la objetividad de los métodos cuantitativos con la profundidad de los cualitativos, proporcionando una perspectiva integral sobre la adopción de tecnologías RX en la gestión de proyectos.

La triangulación de datos incrementó la validez de los resultados, abordando el problema desde múltiples perspectivas.

3.2 Técnicas de análisis

Las técnicas de análisis incluyeron la triangulación de datos, el análisis comparativo y el análisis de contenido.

Estas metodologías aseguran una interpretación rigurosa y estructurada de los datos, permitiendo validar los resultados y generar hallazgos representativos.

- **Triangulación de datos:** Combinó información de entrevistas, cuestionarios y revisiones bibliográficas para garantizar la validez de los hallazgos. Identificó coincidencias y divergencias clave entre fuentes.
- **Análisis comparativo:** Evaluó herramientas RX frente a métodos tradicionales mediante una matriz que considera costos, precisión y eficiencia, facilitando la selección de tecnologías.
- **Análisis de contenido:** Interpretó datos cualitativos, desglosando respuestas en temas clave relacionados con los desafíos y requisitos de la planificación en construcción.
- **Estudios de caso:** Analizó proyectos emblemáticos como el Aeropuerto de Los Angeles (*LAX*), el Estadio SoFi y la Torre *Salesforce*, destacando logros como reducción de costos y optimización de procesos.

El análisis de la información recopilada en esta investigación se llevó a cabo mediante un enfoque mixto, que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas.

A nivel cualitativo, se realizaron entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido de las respuestas obtenidas de expertos en gestión de proyectos y tecnologías emergentes.

En la parte cuantitativa, se aplicaron cuestionarios estructurados y se analizaron los datos estadísticamente para identificar tendencias y correlaciones relevantes.

El proceso de análisis también incluyó la comparación entre las capacidades de herramientas de RX y los métodos tradicionales de planificación de proyectos, mediante matrices de evaluación y estudios de caso.

Estos insumos fueron triangulados para garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos.

Adicionalmente, la investigación se basó en marcos de referencia reconocidos en la gestión de proyectos, utilizando como estándar principal la Guía del *PMBOK® del Project Management Institute (PMI®)*, que proporciona lineamientos en las diez áreas clave de conocimiento para la gestión efectiva de proyectos.

Complementariamente, se tomaron en consideración metodologías ágiles como *Scrum* y *Kanban*, así como principios de *Lean Construction*, que se aplican a proyectos de construcción para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios.

Estos marcos de buenas prácticas sirvieron como criterio para estructurar la comparación entre los métodos tradicionales y las tecnologías de RX, asegurando la alineación del estudio con estándares globales y facilitando la interpretación de los resultados en el contexto profesional.

3.3 Productos esperados

Los productos esperados representan los resultados principales que se generarán a partir del análisis detallado de la información recopilada.

Cada producto estaba diseñado para ofrecer insumos claros y útiles que respalden las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Estos productos incluyen diagnósticos, comparaciones, y guías prácticas, todos ellos alineados con los objetivos específicos.

- **Diagnóstico de requisitos críticos:** Identificación de barreras culturales, económicas y tecnológicas para la adopción de RX en construcción, presentado mediante gráficos y cuadros sinópticos.

- **Comparación de herramientas RX:** Evaluación de herramientas según facilidad de uso, costos y resultados, apoyada por estudios de caso.
- **Guía de implementación:** Recomendaciones prácticas organizadas en pasos claros, complementadas con diagramas de flujo para facilitar su aplicación.

El cuadro 3.1 presenta las principales categorías utilizadas en esta investigación, definiendo cada una de ellas junto con sus respectivas subcategorías, preguntas generadoras, técnicas e instrumentos empleados.

Estas categorías constituyeron el marco conceptual y metodológico para abordar la incorporación de tecnologías de RX en la planificación y gestión de proyectos de construcción.

El cuadro presentó cómo se articulan conceptos clave, como herramientas de RX, procesos de gestión y métricas de evaluación, ofreciendo una visión estructurada que facilita el análisis y la interpretación de los datos.

Este enfoque permitió una comprensión integral del impacto de la RX, destacando tanto los beneficios como los desafíos asociados con su implementación en el contexto del sector de la construcción.

Cuadro 3.1.

Categorías de la investigación.

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
<p>Categoría A: Herramientas de realidad extendida para la planificación de proyectos.</p>	<p>Se refiere a las tecnologías emergentes como la realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) aplicadas para optimizar la planificación y ejecución de proyectos, especialmente en el sector de la construcción, para visualizar, simular y colaborar en entornos virtuales o híbridos que combinan el mundo físico y el digital.</p>	<p>RA para la planificación de proyectos de construcción.</p>	<p>Se refiere al uso de tecnologías de realidad aumentada para proyectar modelos digitales en entornos físicos, facilitando la visualización y simulación de proyectos en tiempo real.</p>	<p>A1.1 ¿De qué manera las herramientas de RA influyen en la eficiencia de tiempo, costos y precisión en la planificación de proyectos de construcción, y cuáles son los principales desafíos en su aplicación frente a métodos tradicionales?</p>	<p>Revisión bibliográfica. Entrevistas a expertos. Análisis de casos.</p>	<p>Apéndice A: Entrevista semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción. Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Apéndice F: Revisión bibliográfica.</p>
		<p>RV para la planificación de proyectos de construcción.</p>	<p>Se refiere al uso de entornos virtuales inmersivos donde los equipos de trabajo pueden interactuar con el modelo digital del proyecto, reduciendo errores en</p>	<p>A1.2 ¿Cómo mejora la RV la visualización y colaboración en la fase de planificación de proyectos de construcción y cuáles son los retos específicos que</p>	<p>Revisión bibliográfica. Entrevistas.</p>	<p>Apéndice A: Entrevista semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción. Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas</p>

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
			la fase de planificación.	enfrenta su implementación en comparación con métodos tradicionales?		tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Apéndice F: Revisión bibliográfica.
		Adaptación de prácticas internacionales exitosas.	Identificación y análisis de casos internacionales destacados en la implementación de RX, evaluando factores de éxito y ajustes necesarios para su aplicación local.	A1.3 ¿Qué prácticas internacionales exitosas en la integración de RX podrían ser adaptadas al contexto local y qué ajustes requerirían para ser implementadas?	Revisión bibliográfica. Entrevistas con expertos internacionales y locales. Análisis comparativo.	Apéndice A: Entrevista semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción. Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Apéndice F: Revisión bibliográfica. Apéndice D: Instrumento de evaluación de herramientas

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
						tradicionales vs. herramientas con aplicaciones de RX en la gestión de proyectos de construcción.
Categoría B: Procesos de gestión de proyectos de construcción en áreas de planificación	Se refiere a los enfoques y prácticas de gestión utilizadas para planificar proyectos de construcción. Estos incluyen tanto métodos tradicionales como metodologías ágiles, adaptadas a las necesidades específicas de la industria.	Metodologías tradicionales de planificación.	Conjunto de enfoques secuenciales y estructurados utilizados para planificar proyectos de construcción.	B1.1 ¿Qué limitaciones específicas enfrentan las metodologías tradicionales en la gestión de proyectos de construcción en términos de tiempo y precisión en el contexto actual y cómo se compara esto con las capacidades de la RX?	Revisión bibliográfica. Encuestas estructuradas.	Apéndice F: Revisión bibliográfica. Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción.
Metodologías ágiles de planificación.	Enfoques flexibles y adaptativos utilizados para planificar y gestionar proyectos de construcción, permitiendo	B1.2 ¿Cómo pueden las metodologías ágiles facilitar la integración de RX en la planificación y qué prácticas específicas superarían los desafíos				

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
			iteraciones rápidas y ajustes continuos en respuesta a cambios y nuevas necesidades del proyecto.	de flexibilidad en la gestión de proyectos?		
Categoría C: Métricas de evaluación para la gestión de proyectos de construcción.	Se refiere a los indicadores y criterios utilizados para medir y evaluar la efectividad y eficiencia de la implementación de tecnologías de RA y RV en la gestión de proyectos de construcción, considerando variables como tiempos, costos, calidad y satisfacción de los interesados.	Métricas de precisión y calidad en la planificación.	Herramientas esenciales para garantizar que los proyectos cumplan con los estándares y expectativas establecidas. Estas métricas permiten evaluar la precisión de las estimaciones iniciales, el cumplimiento de los cronogramas y presupuestos, así como la calidad de los resultados obtenidos en relación con los objetivos definidos.	C1.1 ¿Cómo pueden las métricas de precisión y calidad ser utilizadas para evaluar la efectividad de la RX en proyectos de construcción, y qué desafíos surgen al comparar estos datos con los de metodologías tradicionales?	Revisión bibliográfica. Entrevistas. Análisis comparativo.	Apéndice F: Revisión bibliográfica. Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción.

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
		Métricas de eficiencia en la planificación.	Indicadores clave que evalúan la capacidad para optimizar el uso de recursos, tiempo y costos con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto. Estas métricas analizan cómo se gestionan y distribuyen los recursos disponibles, además de medir la eficacia de los procesos y metodologías implementadas en la planificación.	C1.2 ¿Qué procesos específicos de optimización de recursos pueden evaluarse mediante las métricas de eficiencia de RX en comparación con métodos tradicionales, y cómo pueden adaptarse estas métricas a los desafíos del sector?		
		Métricas de colaboración en la planificación.	Indicadores que miden la efectividad de la comunicación y el trabajo conjunto entre los diferentes equipos y partes interesadas. Estas métricas evalúan el	C1.3 ¿De qué forma las métricas de colaboración pueden utilizarse para medir el impacto de la RX en la mejora de la comunicación y cooperación en		

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
			<p>nivel de integración, coordinación y resolución de conflictos durante la planificación, asegurando que todos los actores contribuyan al éxito del proyecto de manera alineada y eficiente.</p>	<p>proyectos de construcción, y qué desafíos específicos se presentan al compararlas con los enfoques tradicionales?</p>		
		<p>Métricas de optimización de recursos en la planificación.</p>	<p>Indicadores que evalúan la eficiencia en la asignación y uso de materiales, mano de obra y equipos. Su objetivo es maximizar el rendimiento y minimizar el desperdicio, asegurando que los recursos disponibles se utilicen de manera estratégica y rentable</p>	<p>C1.4 ¿Cómo pueden las métricas de optimización de recursos evaluar la eficacia de la RX en la asignación y utilización de materiales y mano de obra en proyectos de construcción, y cuáles son los desafíos específicos que presenta su implementación en</p>		

Categoría	Definición conceptual de la categoría	Subcategoría	Definición Conceptual	Pregunta generadora	Técnicas	Instrumentos
			durante la ejecución del proyecto.	comparación con metodologías tradicionales?		

Nota: Todas las definiciones conceptuales fueron tomadas del mismo documento donde se han expuesto la descripción de estos.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Para analizar la estructura de las categorías, subcategorías y preguntas generadoras en el cuadro 3.1, se describieron cómo cada una se relaciona con los objetivos del proyecto de investigación sobre la aplicación de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción.

Esto permitió una visión integral de cómo se alinean los elementos investigativos para alcanzar los propósitos de la investigación.

Como se mostró en el cuadro 3.2, cada pregunta generadora se relaciona directamente con los objetivos de la investigación, asegurando que las actividades y técnicas de análisis estén alineadas con los propósitos del estudio.

Cuadro 3.2.

Relación de objetivos con preguntas generadoras.

Objetivo de la tesis	Pregunta generadora
<p>Objetivo 1: Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción en sectores residencial y gubernamental mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos, con el fin de obtener los requisitos críticos que deben cumplir las aplicaciones de Realidad Extendida.</p>	<p>A1.1: ¿De qué manera las herramientas de RA influyen en la eficiencia de tiempo, costos y precisión en la planificación de proyectos de construcción, y cuáles son los principales desafíos en su aplicación frente a métodos tradicionales?</p>
	<p>B1.1: ¿Qué limitaciones específicas enfrentan las metodologías tradicionales en la gestión de proyectos de construcción en términos de tiempo y precisión en el contexto actual y cómo se compara esto con las capacidades de la RX?</p>
	<p>C1.1: ¿Cómo pueden las métricas de precisión y calidad ser utilizadas para evaluar la efectividad de la RX en proyectos de construcción, y qué desafíos surgen al comparar estos datos con los de metodologías tradicionales?</p>
<p>Objetivo 2: Seleccionar al menos tres aplicaciones de realidad extendida, a través de la comparación de sus capacidades frente a los requisitos críticos, para la evaluación de su</p>	<p>A1.2: ¿Cómo mejora la RV la visualización y colaboración en la fase de planificación de proyectos de construcción y cuáles son los retos específicos que enfrenta su implementación en comparación con métodos tradicionales?</p>
	<p>B1.2: ¿Cómo pueden las metodologías ágiles facilitar la integración de RX en la planificación y qué prácticas</p>

Objetivo de la tesis	Pregunta generadora
aplicabilidad en la planificación de proyectos de construcción.	específicas superarían los desafíos de flexibilidad en la gestión de proyectos?
<p>Objetivo 3: Determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos de construcción en comparación con los métodos tradicionales mediante la evaluación de sus capacidades para el cumplimiento de los requisitos críticos e identificar las ventajas y desventajas específicas de su adopción con el fin de optimizar la gestión de proyectos.</p>	<p>C1.2: ¿Qué procesos específicos de optimización de recursos pueden evaluarse mediante las métricas de eficiencia de RX en comparación con métodos tradicionales, y cómo pueden adaptarse estas métricas a los desafíos del sector?</p>
	<p>C1.3: ¿De qué forma las métricas de colaboración pueden utilizarse para medir el impacto de la RX en la mejora de la comunicación y cooperación en proyectos de construcción, y qué desafíos específicos se presentan al compararlas con los enfoques tradicionales?</p>
<p>Objetivo 4: Elaborar recomendaciones para la integración y el uso de las herramientas de realidad extendida en los procesos de planificación de proyectos de construcción, basándose en el estudio realizado para mejorar la gestión de proyectos.</p>	<p>C1.4: ¿Cómo pueden las métricas de optimización de recursos evaluar la eficacia de la RX en la asignación y utilización de materiales y mano de obra en proyectos de construcción, y cuáles son los desafíos específicos que presenta su implementación en comparación con metodologías tradicionales?</p>
	<p>C1.3: ¿De qué forma las métricas de colaboración pueden utilizarse para medir el impacto de la RX en la mejora de la comunicación y cooperación en proyectos de construcción, y qué desafíos específicos se presentan al compararlas con los enfoques tradicionales?</p>
	<p>A1.3 ¿Qué prácticas internacionales exitosas en la integración de RX podrían ser adaptadas al contexto local y qué ajustes requerirían para ser implementadas?</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En síntesis, el cuadro 3.2 mostró la correspondencia entre los objetivos de la investigación y las preguntas generadoras, asegurando que cada interrogante contribuya al cumplimiento de los propósitos del estudio.

Esta relación permitió estructurar el análisis de manera coherente, facilitando la recopilación de información relevante y alineando las metodologías empleadas con los aspectos críticos de la planificación de proyectos de construcción mediante RX.

De esta forma, se estableció un marco sólido para evaluar las capacidades, limitaciones y oportunidades de la realidad extendida en el sector, proporcionando una base fundamentada para la formulación de recomendaciones estratégicas.

3.4 Etapa de recolección de información

La obtención de datos constituyó una etapa fundamental en el presente análisis, ya que posibilitó reunir información crucial que facilitó el cumplimiento de los objetivos establecidos. A continuación, se describen los participantes, métodos y fuentes que se emplearon.

Esta etapa es crucial para el éxito del proyecto, ya que aseguró la obtención de datos precisos y relevantes que permitieron responder a los objetivos planteados.

A continuación, en el cuadro 3.3 se desarrolló una propuesta estructurada que mejoró la claridad y profesionalismo de esta sección:

Cuadro 3.3.

Organización de las técnicas de recopilación de datos.

Técnica	Objetivo	Instrumentos	Perfil de participantes	Definición de la muestra
Entrevistas semiestructuradas	Obtener percepciones y experiencias sobre barreras y beneficios de RX.	Guía de preguntas abiertas.	Gerentes de proyectos, arquitectos, ingenieros.	8-10 gerentes de proyectos con al menos 5 años de experiencia; seleccionados intencionalmente por su conocimiento en gestión y tecnologías emergentes.
Cuestionarios estructurados	Recopilar datos cuantitativos sobre la percepción de herramientas RX.	Encuestas en línea con preguntas cerradas.	Profesionales en construcción y tecnología.	6-8 arquitectos y diseñadores BIM con experiencia en proyectos que integran tecnologías avanzadas,

Técnica	Objetivo	Instrumentos	Perfil de participantes	Definición de la muestra
				seleccionados mediante criterio profesional.
Estudio de caso	Analizar aplicaciones de RX en proyectos reales.	Documentación de proyectos seleccionados.	Proyectos residenciales, comerciales, gubernamentales.	Selección dirigida de casos relevantes en proyectos que emplearon RX, considerando diversidad en el tipo de construcción y nivel de adopción tecnológica.
Revisión bibliográfica	Identificar estudios y avances previos en RX.	Bases de datos científicas, artículos indexados.	Fuentes relevantes y actuales (últimos cinco años).	Fuentes académicas revisadas por pares de bases reconocidas (Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect), seleccionadas por su relevancia al tema y los últimos avances tecnológicos.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

La etapa de recolección de información estableció un marco metodológico sólido que integra diversas técnicas cualitativas y cuantitativas, lo que aseguró un enfoque integral en la obtención de datos relevantes para el análisis.

Las entrevistas semiestructuradas, cuestionarios estructurados, estudios de caso y la revisión bibliográfica son herramientas complementarias que permitieron recopilar tanto percepciones subjetivas como métricas objetivas relacionadas con la adopción y uso de tecnologías de RX en proyectos de construcción.

Cada técnica descrita no solo responde a los objetivos específicos del estudio, sino que también ofreció una perspectiva multidimensional al análisis, permitiendo explorar barreras culturales, costos, beneficios, y su impacto en la planificación.

Este enfoque estructurado aseguró la validez y confiabilidad de los hallazgos, al combinar fuentes diversas que aportan tanto profundidad como amplitud al estudio.

En el siguiente apartado, se detalló con mayor precisión el perfil de los sujetos involucrados y las fuentes utilizadas en el proceso de recolección de información, destacando su relevancia en el contexto de esta investigación.

Esta descripción proporcionó un entendimiento más claro de cómo los participantes y las fuentes contribuyen al logro de los objetivos planteados y fortalecen la base de conocimiento del presente análisis.

3.4.1 Sujetos y fuentes de información.

La selección de los sujetos de información fue fundamental para garantizar la recolección de datos relevantes y representativos, permitiendo un análisis profundo sobre la integración de tecnologías de RX en la planificación de proyectos de construcción.

En esta sección se describieron las características de la población de estudio, el proceso de selección de la muestra y su justificación, asegurando que los datos recolectados fueran adecuados para responder a los objetivos de la investigación.

Para este estudio, se emplearon tres métodos principales: entrevistas semiestructuradas, revisión de literatura y encuestas basadas en una escala de *Likert*.

Estos instrumentos estuvieron dirigidos a especialistas en administración de proyectos de construcción que utilizaron herramientas convencionales o potenciadas por inteligencia artificial.

El muestreo fue de tipo no probabilístico e intencional, enfocado en la selección de expertos con experiencia y conocimientos pertinentes, con el objetivo de obtener información valiosa sobre el tema en estudio.

3.4.1.1 Justificación de los roles de los participantes.

Se seleccionaron participantes en roles estratégicos que pudieron aportar información clave para la investigación:

- **Gerentes de proyectos:** Proporcionaron perspectivas prácticas sobre la implementación de RX, evaluando su aplicabilidad en cronogramas, presupuestos y gestión de recursos.
- **Proveedores de RX:** Evaluaron la viabilidad técnica y la utilidad de las herramientas, destacando su comparación con métodos tradicionales.

Se seleccionaron entre 8 y 10 gerentes de proyectos y entre 6 y 8 arquitectos o diseñadores BIM para asegurar diversidad de perspectivas.

Aunque el tamaño de la muestra fue limitado y no representó la totalidad del sector, este enfoque intencional permitió profundizar en las experiencias de quienes poseían un conocimiento técnico específico en el uso de RX.

Este diseño equilibró las restricciones de tiempo y recursos con la calidad de los datos recolectados, garantizando un análisis detallado y representativo dentro de los alcances del estudio.

3.4.1.2 Características esperadas de los sujetos.

Los participantes seleccionados debían cumplir con los siguientes criterios para garantizar la pertinencia y profundidad de sus aportaciones.

Como se mostró en el cuadro 3.4, estos criterios aseguraron que los sujetos de estudio poseyeran la experiencia y conocimientos necesarios para contribuir significativamente a la investigación.

Cuadro 3.4.

Características esperadas de los participantes.

Experiencia mínima	Cada participante debe contar con al menos cinco años de experiencia en gestión de proyectos de construcción, específicamente en roles que hayan involucrado la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura.
Nivel educativo	Se priorizará a los profesionales con títulos universitarios en áreas como ingeniería civil, arquitectura, administración de proyectos, o disciplinas relacionadas con la industria de la construcción.
Sector laboral	Experiencia en sectores relevantes como infraestructura o edificaciones residenciales y comerciales.
Conocimiento en RX	Familiaridad básica o avanzada con aplicaciones de RX en construcción, ya sea por experiencia directa o interés práctico.
Toma de decisiones	Desempeñarse en roles que impliquen decisiones clave sobre la adopción de tecnologías emergentes.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Dado que la población total en este contexto fue específica y relativamente limitada a profesionales con experiencia relevante en RX en construcción, la investigación adoptó un enfoque de muestreo dirigido o intencional.

Como se evidenció en el cuadro 3.4, este método permitió seleccionar sujetos con conocimientos especializados, asegurando que cada participante pudiera aportar valor con sus respuestas y contribuyendo a un análisis más profundo y representativo dentro del estudio.

3.4.1.3 Muestra específica para cada perfil.

Se estimó seleccionar participantes en las siguientes categorías:

1. **Gerentes de proyectos:** Entre 8 y 10 profesionales con al menos cinco años de experiencia en proyectos de mediana y gran escala, conocimientos en gestión tecnológica y, preferentemente, certificaciones en metodologías ágiles.
2. **Arquitectos o diseñadores BIM:** Entre 6 y 8 profesionales con experiencia en diseño asistido por tecnología avanzada, como BIM y RA, y en la visualización de proyectos mediante RX.
3. **Proveedores de hardware y software de RX:** Entre 5 y 7 especialistas en RX con experiencia en la implementación y operatividad de estas tecnologías, preferiblemente en proyectos que integraron RX con otras herramientas como BIM.

Este desglose garantizó una representación adecuada de las áreas clave en la investigación, asegurando la recopilación de datos pertinentes para el análisis de la integración de RX en la planificación de proyectos de construcción.

3.4.1.4 Justificación de la selección de muestra dirigida.

El enfoque de muestreo no probabilístico e intencional se seleccionó debido a restricciones de tiempo y recursos, priorizando la inclusión de participantes con experiencia específica en tecnologías RX.

Aunque no pretende ser estadísticamente representativo, este método aseguró la pertinencia y profundidad de los datos recolectados.

La población de estudio se dividió en tres grupos principales:

1. **Gerentes de proyectos:** Profesionales con más de cinco años de experiencia, liderando proyectos significativos (≥ 2500 m²), con conocimientos en metodologías ágiles y herramientas tecnológicas avanzadas.
2. **Arquitectos y diseñadores BIM:** Profesionales con certificaciones en BIM y experiencia en proyectos innovadores (≥ 1500 m²), con competencias en diseño asistido por tecnología avanzada.

3. **Proveedores de RX:** Especialistas en *hardware* y *software* con experiencia en al menos tres proyectos aplicando RX y un portafolio diversificado.

La identificación de participantes se realizó mediante redes profesionales como *LinkedIn*, asociaciones de la industria y referencias académicas.

Una vez seleccionados, se envió una invitación formal explicando el propósito del estudio y la relevancia de su contribución.

3.4.1.5 Métodos de recolección.

La recolección de datos en esta investigación empleó una combinación de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios estructurados, diseñados para recopilar información cualitativa y cuantitativa que permitiera evaluar el impacto de las tecnologías de RX en el sector de la construcción.

3.4.1.6 Entrevistas semiestructuradas

Las entrevistas, dirigidas a gerentes de proyectos y proveedores de RX, se llevaron a cabo en sesiones de aproximadamente 45 minutos mediante plataformas virtuales como *Zoom* o *Google Meet*.

Estas sesiones abordaron temas como barreras, beneficios y recomendaciones para la integración de RX en la planificación y gestión de proyectos.

3.4.1.7 Cuestionarios estructurados

Los arquitectos y diseñadores BIM completaron cuestionarios diseñados con preguntas cerradas y escalas *Likert*, orientados a evaluar los beneficios, desafíos y la eficiencia del uso de RX en el diseño y la planificación.

Este enfoque aseguró la obtención de perspectivas especializadas, maximizando la calidad de los datos a pesar de las limitaciones en el tamaño de la muestra.

Como se muestra en el cuadro 3.5, se definieron fuentes de información primarias y secundarias que permitieron un análisis riguroso y fundamentado en estudios previos y datos empíricos.

Cuadro 3.5.

Fuentes de información.

Tipo	Fuente	Información para obtener
Primaria	Entrevistas semiestructuradas a expertos en gestión de proyectos de construcción.	Implementación y uso de herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción.
	Encuestas basadas en una escala de Likert.	Percepciones sobre la efectividad, eficiencia y desafíos de la implementación de RX en la planificación de proyectos de construcción.
Secundaria	Artículos académicos y revistas especializadas.	<p>Estudios previos, teorías y tendencias actuales sobre la aplicación de RX en la planificación de proyectos de construcción.</p> <p>algunos ejemplos: <i>Journal of Construction Engineering and Management</i>: Publica estudios relevantes sobre la innovación tecnológica en el sector de la construcción.</p> <p><i>Automation in Construction</i>: Aborda estudios empíricos sobre la automatización y digitalización en la construcción, incluyendo RX.</p> <p><i>International Journal of Project Management</i>: Ofrece artículos revisados por pares que tratan sobre metodologías de gestión de proyectos y adopción de tecnologías avanzadas.</p>
Secundaria	Libros y textos académicos	<p>Fundamentos teóricos, metodologías y marcos conceptuales relacionados con la gestión de proyectos y la integración de tecnologías RX. Algunos ejemplos:</p> <p><i>Project Management for Construction de Chris Hendrickson</i>: Proporciona una base teórica sobre la planificación y gestión de proyectos, con información relevante sobre la adopción de nuevas tecnologías.</p> <p><i>Augmented Reality and Virtual Reality in Industry</i> editado por M. Claudia Tom Dieck y Timothy Jung: Explora las</p>

Tipo	Fuente	Información para obtener
		<p>aplicaciones de RX en diversas industrias, incluyendo la construcción, y discute estudios de caso sobre implementación.</p> <p>Fundamentals of Building Construction de Edward Allen y Joseph Iano: Contiene conceptos de construcción que se pueden comparar con las innovaciones introducidas por la RX.</p>
Secundaria	Tesis de postgrados.	Metodologías utilizadas, hallazgos relevantes y aportaciones académicas sobre el tema.
Secundaria	Bases de Datos académicas y repositorios digitales.	<p>Artículos, estudios y documentos académicos que aporten información actualizada y pertinente sobre la aplicación de RX en la gestión de proyectos de construcción. Algunos ejemplos:</p> <p>Scopus: Para estudios sobre tecnologías de RX y su aplicación en proyectos de construcción, así como estudios comparativos entre metodologías tradicionales y emergentes.</p> <p>IEEE Xplore: Para artículos que aborden los avances en tecnología de realidad extendida (RX) y su implementación en la gestión de proyectos técnicos.</p> <p>ScienceDirect: Fuente para artículos revisados por pares que discuten las ventajas y desafíos de integrar RX en la planificación y ejecución de proyectos.</p>
Secundaria	Casos de estudio	<p>Experiencias prácticas, lecciones aprendidas y mejores prácticas en la integración de RX en la planificación de proyectos. Algunos ejemplos:</p> <p>Proyecto de renovación del Aeropuerto de Los Angeles (LAX): Utilizó RA para mejorar la planificación de construcciones en tiempo real.</p> <p>Implementación de realidad virtual en la construcción del estadio de Los Angeles Rams: Permitiendo simulaciones detalladas de planificación.</p> <p>Caso de estudio en BIM y RX en la Torre Salesforce en San Francisco: Comparar tiempos de ejecución y precisión de estimaciones.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Como se evidenció en el cuadro 3.5, la combinación de fuentes de información primarias y secundarias permitió obtener una visión integral sobre la aplicación de RX en la planificación de proyectos de construcción.

La recolección de datos a partir de entrevistas, encuestas y análisis de literatura especializada contribuyó a validar los hallazgos de la investigación y a generar recomendaciones fundamentadas para la integración efectiva de estas tecnologías en el sector.

3.4.2 Técnicas y herramientas para la recopilación de datos.

Este estudio combinó técnicas cualitativas y cuantitativas para analizar el impacto de las tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción.

Las herramientas seleccionadas aseguraron precisión y relevancia en la recolección de datos, facilitando un análisis integral que permitió evaluar barreras, beneficios y efectividad.

Como se muestra en el cuadro 3.6, estas técnicas permitieron abordar diferentes dimensiones del estudio, combinando enfoques complementarios para obtener una visión holística.

Cuadro 3.6.

Técnicas y herramientas para la recopilación de datos.

<p>Entrevistas semiestructuradas</p>	<p>Capturan experiencias y percepciones de expertos sobre la implementación de RX, proporcionando información cualitativa. Se adaptan según las respuestas para ofrecer un análisis profundo de barreras, efectividad y recomendaciones prácticas</p>
<p>Encuestas estructuradas</p>	<p>Recopilan datos cuantitativos sobre frecuencia de uso, satisfacción de usuarios e impacto en variables clave como tiempo y costos. Facilitan análisis estadísticos y comparaciones con metodologías tradicionales.</p>
<p>Análisis de casos de estudio</p>	<p>Examina implementaciones exitosas de RX, destacando desafíos y oportunidades en contextos específicos. Permite proyectar el impacto de la tecnología en aplicaciones futuras.</p>
<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Proporciona un marco teórico sólido mediante el análisis de fuentes secundarias confiables (IEEE, ScienceDirect, PMI). Identifica patrones y tendencias relevantes para sustentar la investigación.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Como se evidenció en el cuadro 3.6, el uso de múltiples técnicas de recolección de datos permitió un análisis integral del impacto de RX en la gestión de proyectos de construcción.

La combinación de entrevistas, encuestas, estudios de caso y revisión bibliográfica facilitó la identificación de mejores prácticas y la formulación de recomendaciones aplicables.

A continuación, se presentan los instrumentos específicos que fueron empleados en esta investigación.

3.4.2.1 Entrevistas semiestructuradas.

Las entrevistas semiestructuradas resultaron fundamentales para la recopilación de datos cualitativos detallados, proporcionando información sobre la percepción de expertos en la implementación de la RX.

Este enfoque permitió analizar en profundidad aspectos prácticos, así como identificar barreras y beneficios en contraste con los métodos tradicionales.

Propósito:

- Evaluar la efectividad de RX frente a enfoques convencionales.
- Recoger perspectivas prácticas y recomendaciones específicas.

Aplicación:

- Se entrevistó a cinco expertos seleccionados por su experiencia en tecnologías RX y gestión de proyectos.
- Las sesiones se realizaron en plataformas digitales (*Zoom o Google Meet*), con una duración de 45 minutos.
- Los datos fueron transcritos y analizados temáticamente para extraer patrones clave.

Pasos para su implementación:

1. **Selección de expertos:** Mediante redes profesionales como LinkedIn, considerando experiencia en RX.
2. **Invitación:** Se enviaron comunicaciones formales destacando el propósito del estudio.
3. **Realización de entrevistas:** Usando guías validadas, en un entorno digital para mayor flexibilidad.

4. **Análisis:** Las transcripciones se codificaron temáticamente para identificar hallazgos relevantes.
5. **Síntesis:** Los resultados se emplearon para formular recomendaciones prácticas.

3.4.2.2 Encuestas estructuradas.

Los cuestionarios estructurados complementaron las entrevistas al proporcionar datos cuantitativos que permitieron medir la adopción y efectividad de RX en la construcción.

Diseñados con preguntas cerradas y escalas Likert, permitieron identificar patrones y tendencias de forma objetiva.

Propósito:

- Evaluar el uso, satisfacción y barreras percibidas en la implementación de RX.

Aplicación:

- Se enviaron cuestionarios digitales a 10 profesionales del sector (arquitectos, ingenieros, diseñadores BIM).
- Los datos recolectados fueron analizados con herramientas como *Excel* para extraer factores clave.

Pasos para su implementación:

1. **Diseño del cuestionario:** Se incluyeron preguntas cerradas y escalas Likert adaptadas a los objetivos.
2. **Selección de participantes:** Se basó en experiencia previa en RX.
3. **Distribución:** Se realizó el envío digital mediante plataformas como *Google Forms*.
4. **Seguimiento:** Se aseguró una tasa de respuesta adecuada.
5. **Análisis:** Se interpretaron los resultados estadísticos y se desarrollaron recomendaciones.

La combinación de estas técnicas permitió obtener una visión integral sobre la adopción de RX en proyectos de construcción, equilibrando la profundidad cualitativa con el rigor cuantitativo.

Este enfoque facilitó la generación de recomendaciones prácticas basadas en datos sólidos, promoviendo la mejora continua en la gestión de proyectos.

3.4.2.3 Método de selección de herramientas de RX.

La elección de las herramientas de RX en esta investigación se basó en criterios técnicos, económicos y prácticos que garantizaron su funcionalidad y adaptabilidad a los procesos de gestión de proyectos actuales.

Este enfoque aseguró que las herramientas seleccionadas fueran relevantes y eficaces para alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

Como se muestra en el cuadro 3.7, los criterios utilizados permitieron una evaluación objetiva de las herramientas, optimizando su aplicabilidad en proyectos de construcción.

Cuadro 3.7.

Selección de herramientas de RX.

Criterio	Descripción	Justificación
Facilidad de uso	Analizó la curva de aprendizaje y la accesibilidad de cada herramienta.	Minimizó tiempo y recursos para capacitar al personal y aseguró una rápida adopción en los proyectos.
Costo	Evaluó costos de adquisición, implementación, mantenimiento y capacitación.	Garantizó la viabilidad económica, especialmente en proyectos con presupuestos ajustados.
Compatibilidad tecnológica	Consideró la capacidad de la herramienta para integrarse con sistemas y procesos existentes.	Evitó gastos adicionales y maximizó la eficiencia operativa.
Beneficios comprobados	Se basó en estudios previos y casos de éxito que demostraron mejoras tangibles en la planificación y gestión.	Redujo riesgos asociados con herramientas no probadas.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 3.7, la selección de herramientas de RX se fundamentó en criterios estratégicos que garantizaron su idoneidad para los objetivos de la investigación.

Este enfoque metódico no solo reforzó la pertinencia de las herramientas seleccionadas, sino que también respaldó su viabilidad técnica y económica en la implementación dentro de proyectos de construcción.

A continuación, se amplía el análisis de cada criterio descrito, proporcionando una evaluación detallada de su impacto en la gestión de proyectos.

Facilidad de uso: Este criterio evaluó la curva de aprendizaje y la accesibilidad de las herramientas seleccionadas, priorizando aquellas que requirieron una capacitación mínima para el personal involucrado.

Este enfoque no solo minimizó el tiempo y los recursos necesarios para entrenar a los equipos, sino que también aseguró una rápida adopción en los proyectos, facilitando la transición desde los métodos tradicionales hacia tecnologías emergentes.

La facilidad de uso fue particularmente crítica en sectores donde el tiempo de implementación era un factor clave para la productividad.

Costo: Se realizó una evaluación exhaustiva de los costos asociados con la adquisición, implementación, mantenimiento y capacitación relacionados con cada herramienta.

Este análisis permitió seleccionar tecnologías económicamente viables, especialmente en proyectos con restricciones presupuestarias.

Al priorizar herramientas con costos sostenibles, se aseguró que su implementación no comprometiera la estabilidad financiera del proyecto, optimizando la relación costo-beneficio.

Compatibilidad tecnológica: La capacidad de las herramientas para integrarse con los sistemas y procesos existentes fue fundamental para evitar gastos adicionales derivados de la adquisición de infraestructura complementaria.

La compatibilidad tecnológica no solo optimizó la eficiencia operativa, sino que también facilitó una transición fluida hacia metodologías más avanzadas al reducir interrupciones y problemas de interoperabilidad.

Beneficios comprobados: Este criterio se basó en la revisión de estudios previos y casos de éxito documentados, donde se identificaron mejoras tangibles en la planificación y gestión de proyectos gracias al uso de RX.

La incorporación de herramientas con beneficios demostrados redujo los riesgos asociados con la implementación de tecnologías no probadas, asegurando una base sólida de efectividad y resultados positivos.

El proceso de selección de herramientas de RX, descrito en el cuadro 3.7, estableció un marco robusto que combinó criterios técnicos, económicos y prácticos.

Este enfoque integral no solo garantizó la funcionalidad y adaptabilidad de las herramientas a los procesos actuales de gestión de proyectos, sino que también maximizó su impacto en términos de eficiencia, rentabilidad y reducción de riesgos.

Al fundamentarse en perspectivas cualitativas y cuantitativas, esta metodología fortaleció los resultados de la investigación y proporcionó directrices claras para la implementación de RX en proyectos de construcción.

3.4.2.4 Análisis comparativo de herramientas tradicionales y de IA.

Este análisis buscó identificar ventajas y desventajas de las herramientas tradicionales frente a aquellas basadas en IA y RX, considerando aspectos como funcionalidad, costo, facilidad de uso e integración tecnológica.

Objetivos del análisis comparativo:

- Identificar fortalezas y debilidades del uso de RX en la planificación de proyectos.
- Comparar instrumentos de RX predominantes con técnicas convencionales.
- Evaluar el impacto de las herramientas en eficiencia, precisión y usabilidad.

Pasos para su implementación:

- 1. Selección de herramientas:** Se identificó un conjunto representativo de herramientas tradicionales y basadas en IA utilizadas en la planificación y gestión de proyectos.
- 2. Definición de criterios de comparación:** Se establecieron parámetros como funcionalidad, costo, soporte técnico y capacidad de integración.
- 3. Recopilación de datos:** Se utilizaron entrevistas y revisión bibliográfica para obtener información relevante sobre cada herramienta.
- 4. Análisis comparativo:** Se aplicaron métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar el desempeño y efectividad de cada herramienta.
- 5. Documentación de resultados:** Se presentaron los hallazgos en tablas comparativas y resúmenes ejecutivos que respaldaron las conclusiones.

Justificación y aplicación:

Este enfoque permitió integrar criterios técnicos y económicos con datos cualitativos y cuantitativos. Los resultados fueron presentados en un informe que incluyó comparaciones

detalladas, análisis de casos de éxito y recomendaciones para la adopción de herramientas avanzadas.

La distribución de los pesos para cada criterio fue cuidadosamente asignada en función de su impacto relativo en la gestión de proyectos de construcción en el área de planificación.

Como se muestra en la tabla 3.1, la funcionalidad, la precisión y la eficiencia tuvieron los valores más altos, reflejando su importancia en la optimización de los procesos de planificación.

Tabla 3.1.

Distribución de pesos en los criterios de evaluación.

Criterio	Peso (%)	Justificación
Funcionalidad	25 %	Aseguró que la herramienta cumpliera con las necesidades específicas de planificación.
Precisión y eficiencia	20 %	Impactaron directamente en la calidad y rapidez de los proyectos.
Implementación e integración	15 %	Facilitó la adopción en diferentes entornos y procesos de trabajo.
Flexibilidad	15 %	Permitió ajustes dinámicos ante cambios en el proyecto.
Facilidad de uso	10 %	Mejóro la adopción por parte del equipo gracias a una curva de aprendizaje accesible.
Soporte técnico	10 %	Garantizó continuidad operativa al resolver problemas técnicos rápidamente.
Costo	5 %	Aunque relevante, se consideró menos crítico al evaluar beneficios funcionales y operativos.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En la tabla 3.1, se pudo observar que la priorización de criterios respondió a la necesidad de equilibrar factores técnicos, operativos y económicos en la evaluación de herramientas de RX.

La asignación de pesos permitió un análisis estructurado que optimizó la selección de tecnologías en función de su impacto en la planificación de proyectos.

Este enfoque aseguró que las herramientas evaluadas no solo fueran viables en términos de implementación, sino que también contribuyeran significativamente a la eficiencia y precisión en la gestión de proyectos de construcción.

En la gestión de proyectos de construcción, la selección de herramientas adecuadas fue un factor determinante para optimizar la planificación, la coordinación y la ejecución de tareas.

La combinación de metodologías tradicionales con tecnologías emergentes permitió mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos.

Como se detalla en el cuadro 3.8, se seleccionaron herramientas clave que abarcaron desde plataformas consolidadas en la industria hasta innovaciones en RX, proporcionando un enfoque integral para la gestión de proyectos en entornos dinámicos y altamente exigentes.

Cuadro 3.8.

Resumen de herramientas seleccionadas.

Tipo de herramienta	Nombre de la herramienta	Descripción
Tradicional	<i>Microsoft Project</i>	Herramienta ampliamente utilizada para la planificación, programación y gestión de recursos en proyectos.
	<i>Primavera P6 (Oracle)</i>	Plataforma avanzada para la gestión de proyectos complejos y múltiples, con fuertes capacidades de análisis.
Realidad Extendida	<i>Autodesk BIM 360</i>	Plataforma de gestión de construcción que integra Realidad Aumentada para mejorar la visualización y colaboración.
	<i>Trimble XR10 con Microsoft HoloLens</i>	Casco de realidad mixta que superpone modelos digitales al entorno físico, mejorando la precisión y colaboración.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Como se mostró en el cuadro 3.8, las herramientas seleccionadas representaron una combinación de soluciones tradicionales y tecnologías emergentes que transformaron la gestión de proyectos de construcción.

Microsoft Project y Primavera P6 fueron referentes en la planificación y gestión tradicional, proporcionando solidez y funcionalidades avanzadas esenciales para manejar la complejidad de los proyectos.

Por otro lado, herramientas basadas en RX, como Autodesk BIM 360 y Trimble XR10 con Microsoft HoloLens, incorporaron RX para mejorar la visualización, la colaboración y la precisión en la ejecución de proyectos.

Estas tecnologías emergentes no solo complementaron las metodologías tradicionales, sino que también abrieron nuevas posibilidades para optimizar la eficiencia y reducir errores en la planificación de proyectos de construcción.

3.4.2.5 Estudio de caso de gestión de proyectos de construcción.

El análisis de casos de estudio permitió evaluar el impacto de herramientas tradicionales y basadas en RX en la planificación de proyectos. Se consideraron dos casos representativos:

1. **Propuesta 1:** Evaluación comparativa en un proyecto de infraestructura urbana.
 - **Objetivo:** Comparar herramientas tradicionales y basadas en RX para evaluar eficiencia, precisión y facilidad de uso.
 - **Metodología:** Se aplicaron cuadros de evaluación y escalas Likert para medir impactos en planificación.
2. **Propuesta 2:** Impacto de IA en la planificación de proyectos residenciales.
 - **Objetivo:** Analizar el impacto de herramientas tradicionales y de IA en términos de costos, plazos y colaboración.
 - **Metodología:** Se realizó una comparación cuantitativa y cualitativa basada en indicadores clave.

Ambos casos incluyeron análisis detallados de las herramientas empleadas, cuadros de evaluación que contemplaron criterios como funcionalidad y eficiencia, y recomendaciones para la adopción de RX en proyectos futuros.

La asignación de pesos a los criterios de evaluación fue fundamental para estructurar el análisis comparativo de los casos de estudio en esta investigación.

Como se mostró en la tabla 3.2, los criterios fueron ponderados en función de su impacto en la planificación y gestión de proyectos de construcción, asegurando que la selección de herramientas fuera objetiva y alineada con los requerimientos del sector.

Esta distribución facilitó la identificación de las características más relevantes en cada herramienta, lo que permitió una implementación sustentada en criterios claros.

Tabla 3.2.*Distribución de pesos de criterios de casos de estudio.*

Criterio	Peso (%)	Justificación
Funcionalidad	25 %	<p>La funcionalidad es el criterio más importante, ya que determina si una herramienta puede cubrir todas las necesidades específicas de la planificación de proyectos de construcción.</p> <p>Una mayor funcionalidad permite una gestión más completa y detallada, lo cual es esencial para el éxito de cualquier proyecto, ya sea urbano o residencial.</p>
Precisión y eficiencia	20 %	<p>La precisión en la planificación reduce la probabilidad de errores y la realización de dobles trabajos en tareas asignadas, mientras que la eficiencia mejora la productividad del equipo.</p> <p>Estos aspectos son críticos para cumplir con los plazos y presupuestos establecidos, impactando directamente en la calidad y viabilidad del proyecto.</p>
Implementación/ integración	15 %	<p>La facilidad con la que una herramienta se integra con los sistemas existentes y la complejidad de su implementación afectan significativamente la adopción y el uso efectivo de la herramienta.</p> <p>Una buena integración asegura una transición fluida y minimiza las interrupciones en el flujo de trabajo del proyecto.</p>
Flexibilidad	15 %	<p>La capacidad de adaptarse a cambios y nuevas necesidades durante el ciclo de vida del proyecto es vital en la planificación de proyectos de construcción, donde las condiciones pueden variar constantemente.</p> <p>Herramientas flexibles permiten ajustes dinámicos, mejorando la capacidad de respuesta del equipo ante imprevistos.</p>
Facilidad de uso	10 %	<p>La usabilidad de una herramienta influye en la rapidez con la que el equipo puede adoptarla y utilizarla de manera efectiva.</p>

Criterio	Peso (%)	Justificación
		Una interfaz amigable y una curva de aprendizaje baja facilitan la capacitación y el uso continuo, aunque este criterio tiene un peso menor comparado con otros más críticos.
Soporte técnico	10 %	Un buen soporte técnico garantiza que los usuarios puedan resolver problemas rápidamente y mantener la continuidad del proyecto. Aunque es importante, su impacto es secundario frente a criterios como funcionalidad y precisión.
Costo	5 %	Se le asigna un peso menor, ya que se asume que las inversiones en herramientas con mayor funcionalidad y eficiencia pueden justificarse a largo plazo por los beneficios que aportan. Sin embargo, sigue siendo un criterio para considerar para mantener la viabilidad económica del proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En la tabla 3.2, se observó que la priorización de criterios respondió a la necesidad de establecer un marco de evaluación estructurado que facilitó la selección de herramientas adecuadas para la planificación de proyectos de construcción.

La asignación de pesos permitió una comparación objetiva y fundamentada, optimizando la toma de decisiones en función de factores clave como funcionalidad, precisión y eficiencia.

Este enfoque aseguró que las herramientas seleccionadas no solo cumplieran con los requerimientos técnicos, sino que también fueran viables en términos de implementación y sostenibilidad operativa dentro del sector

3.4.2.6 Revisión bibliográfica.

La evaluación exhaustiva de la literatura existente sobre la aplicación de la RX en la gestión de proyectos de construcción proporcionó una base teórica sólida y contextualizó los hallazgos de la investigación.

Su aplicación se realizó por medio de instrumentos de bases de datos académicas, revistas especializadas, libros, informes de la industria, publicaciones académicas, estudios de caso, informes técnicos y documentos relacionados con RX y gestión de proyectos de construcción.

Esto se llevó a cabo con el fin de identificar y sintetizar estudios previos, teorías y tendencias actuales sobre la integración de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Los pasos que se siguieron para asegurar una implementación exitosa de la herramienta fueron los siguientes:

- **Búsqueda de fuentes:** Se utilizaron bases de datos académicas como *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *Scopus*, entre otras, para identificar artículos relevantes.
- **Selección de estudios:** Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los estudios más pertinentes.
- **Análisis y síntesis:** Se analizaron los estudios seleccionados para extraer conceptos clave, metodologías, resultados y conclusiones.
- **Organización de la información:** Se clasificó la información según temas principales y subtemas relacionados con la gestión de proyectos de construcción y la aplicación de RX.
- **Redacción de la revisión:** Se presentó una síntesis de los hallazgos que sostuvieron el marco teórico de la investigación.

Criterio de la inclusión: Los estudios relacionados con la investigación debieron cumplir con los siguientes requerimientos:

- Publicaciones entre los años 2019 y 2024.
- Investigaciones relacionadas con la aplicación de RX en la gestión de proyectos de construcción.
- Estudios que analizaron la integración de RX en diversas áreas de la gestión de proyectos de construcción.
- Estudios comparativos entre metodologías tradicionales y aquellas que incorporaron tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción.
- Publicaciones elaboradas por expertos en la materia que presentaron resultados tanto cuantitativos como cualitativos, incluyendo estudios de caso, análisis empíricos y revisiones sistemáticas.

- Publicaciones que resaltaron innovaciones recientes en herramientas y metodologías de RX, así como el desarrollo continuo de soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades del sector de la construcción.

Análisis crítico de la literatura: Se realizó un análisis crítico y profundo de los estudios escogidos, identificando la inclusión de investigaciones que mostraron avances tecnológicos y propuestas innovadoras para la gestión de proyectos, enfocándose en las tecnologías específicas de RX que fueron centrales para la hipótesis de la investigación.

Este enfoque permitió una evaluación comprensiva de cómo la RX impactó diferentes aspectos de la gestión de proyectos, facilitando la identificación de ventajas y desventajas específicas de su implementación en comparación con enfoques convencionales.

Se aseguró la inclusión de investigaciones robustas y diversas, las cuales proporcionaron una visión integral sobre el impacto de la RX en el sector de la construcción.

El objetivo del análisis fue sintetizar los resultados de las publicaciones recientes para identificar tendencias emergentes, avances tecnológicos, beneficios y desafíos en la integración de la RX en la gestión de proyectos de construcción.

Para lograr esto, se categorizaron y organizaron los estudios de acuerdo con distintos temas importantes, tales como:

Beneficios y limitaciones del uso de RX en la gestión de proyectos de construcción.

- Herramientas de RX más utilizadas y su impacto en diferentes industrias.
- Resultados comparativos entre RX y métodos tradicionales en la gestión de proyectos.

Este enfoque permitió una evaluación comprensiva de cómo la RX transformó la gestión de proyectos, mejorando aspectos como la colaboración, la visualización y la simulación en el sector de la construcción.

La recopilación de información se llevó a cabo mediante el uso de instrumentos como artículos académicos, estudios de caso, informes de la industria y *white papers*.

Los pasos que se siguieron para asegurar una implementación exitosa de esta herramienta fueron los siguientes:

- **Búsqueda de publicaciones:** Se utilizaron bases de datos académicas y repositorios digitales para identificar publicaciones de los últimos cinco años.

- **Selección de publicaciones:** Se aplicaron criterios de inclusión (relevancia, fecha, tipo de estudio) para seleccionar las publicaciones más pertinentes.
- **Revisión y análisis:** Se leyeron y analizaron las publicaciones seleccionadas para extraer información relevante.
- **Síntesis de resultados:** Se resumieron los hallazgos, destacando tendencias, beneficios, desafíos y recomendaciones.
- **Integración con otros datos:** Se compararon y contrastaron los resultados de las publicaciones con los datos obtenidos de entrevistas y estudios de caso.

Como se mostró en el cuadro 3.9, se eligieron herramientas que abarcaron desde la gestión de referencias hasta el análisis cualitativo y estadístico, asegurando un enfoque metodológico riguroso y eficiente para la evaluación de las técnicas propuestas.

Cuadro 3.9.

Herramientas para la recolección de datos.

Herramientas de gestión de referencias	
Zotero: Este <i>software</i> gratuito de gestión de referencias permite organizar y gestionar bibliografía, así como insertar citas y generar bibliografías automáticamente en documentos. Facilita la organización de fuentes académicas y técnicas utilizadas en el análisis comparativo, asegurando una correcta citación y referencia en el informe final.	Mendeley: Plataforma gratuita con opciones de pago para la gestión de referencias que permite almacenar, organizar y compartir recursos bibliográficos de manera eficiente.
Herramientas de análisis de datos cualitativos	
Microsoft Excel: Aunque <i>Excel</i> se asocia comúnmente con datos cuantitativos, también puede ser utilizado eficazmente para análisis cualitativo. Permite organizar datos textuales en tablas, realizar codificaciones manuales utilizando filtros y etiquetas, y generar gráficos o tablas de resumen.	Atlas.ti Cloud: Versión basada en la nube del reconocido <i>software</i> de análisis cualitativo <i>Atlas.ti</i> . Esta herramienta es intuitiva y está diseñada para usuarios que no requieren un análisis avanzado, pero que necesitan gestionar y codificar datos textuales de manera estructurada.

Herramientas de análisis estadístico y comparativo
<p>Tableau Public: Versión gratuita de <i>Tableau</i> que permite crear gráficos interactivos y <i>dashboards</i> para analizar y presentar datos de manera visual.</p> <p>Facilita la comparación visual de los resultados obtenidos de diferentes herramientas, permitiendo identificar rápidamente tendencias y diferencias significativas entre las soluciones tecnológicas evaluadas.</p>
Herramientas de creación de matrices comparativas
<p>Google Sheets: Herramienta de hoja de cálculo en línea gratuita que permite la colaboración en tiempo real y el análisis de datos.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 3.9, la combinación de herramientas para la gestión de referencias, análisis cualitativo, análisis estadístico y visualización de datos permitió llevar a cabo una evaluación integral y sistemática de las soluciones tecnológicas aplicadas a la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

Al integrar herramientas como *Zotero* y *Mendeley* para la organización de bibliografía, *Microsoft Excel* y *Atlas.ti Cloud* para el análisis cualitativo, y *Tableau Public* y *Google Sheets* para la comparación y presentación de datos, se garantizó una metodología estructurada que optimizó la gestión del conocimiento y facilitó la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

3.5 Etapa de análisis y procesamiento de datos

En esta sección, el investigador realizó una descripción del proceso que se llevó a cabo para la transformación de los datos en la información del proyecto.

3.5.1 Productos de la investigación.

En esta sección se presentó una descripción detallada de los resultados esperados para cada objetivo específico de la investigación, así como los procedimientos empleados para el tratamiento y análisis de los datos recopilados.

A través de la aplicación de metodologías cualitativas y cuantitativas, se utilizaron diversas herramientas y técnicas de investigación que permitieron un análisis exhaustivo y riguroso de la información obtenida.

Esto fue fundamental para derivar conclusiones fundamentadas y elaborar recomendaciones prácticas sobre la implementación de la inteligencia artificial en la gestión de cronogramas predictivos en proyectos de construcción.

Para garantizar la claridad en la exposición de los resultados, cada herramienta visual utilizada incluyó una breve narrativa explicativa. Por ejemplo, *"El gráfico 4.2 mostró cómo la reducción en los tiempos de corrección de errores (15 %) fue más significativa en proyectos residenciales al implementar RX, en comparación con métodos tradicionales"*.

Los datos cualitativos obtenidos de entrevistas fueron resumidos en cuadros temáticos que incluyeron citas clave, mientras que los datos cuantitativos derivados de cuestionarios se representaron mediante gráficos de barras y líneas.

Este enfoque facilitó la comparación de percepciones y tendencias identificadas en la investigación.

Asimismo, se emplearon matrices comparativas para evaluar las capacidades de las herramientas de RX en relación con los requisitos identificados, así como diagramas de flujo que ilustraron los procesos de obtención y organización de datos.

Estas representaciones gráficas permitieron visualizar con mayor precisión la estructura de los hallazgos y la relación entre las variables analizadas.

Productos esperados de cada objetivo específico:

Para cada objetivo específico, se detallaron los productos esperados, desglosando los elementos que los conformaron.

Producto 1: Informe de requisitos críticos para la aplicación de tecnologías de RX en la planificación de proyectos de construcción:

Este informe estuvo compuesto por los siguientes elementos:

- **Lista de requisitos técnicos, funcionales y de usabilidad:** Se identificaron y describieron los requerimientos esenciales que las aplicaciones de RX debían cumplir para ser implementadas eficazmente en la planificación de proyectos de construcción.
- **Matriz comparativa:** Una tabla que comparó los métodos tradicionales y las tecnologías emergentes, identificando brechas y áreas de oportunidad para la integración de RX.
- **Casos de éxito documentados:** Se incluyeron estudios de casos que describieron beneficios obtenidos, desafíos superados y lecciones aprendidas en proyectos reales que integraron RX.

- **Entrevistas y encuestas a expertos:** Transcripciones y análisis de las opiniones de profesionales en gestión de proyectos y usuarios experimentados en tecnologías RX. Estas consultas proporcionaron perspectivas sobre los requisitos clave y los procesos de implementación.

Producto 2: Lista comparativa de aplicaciones de RX para la planificación de proyectos de construcción:

La lista incluyó:

- **Descripción detallada de aplicaciones:** Caracterización de al menos tres herramientas seleccionadas, con énfasis en sus capacidades técnicas, funcionales y prácticas.
- **Matriz comparativa:** Evaluación de cada aplicación en términos de tiempo, costos, precisión y alineación con los requisitos críticos identificados.
- **Gráficos y visualizaciones:** Representaciones visuales que permitan interpretar de forma sencilla las diferencias entre las herramientas evaluadas.
- **Casos de éxito:** Relatos de proyectos donde las herramientas seleccionadas se hayan implementado exitosamente, incluyendo beneficios observados y recomendaciones prácticas.
- **Resultados de entrevistas y encuestas:** Opiniones de usuarios finales, representantes de las aplicaciones y profesionales del sector, que proporcionen información sobre fortalezas, debilidades y oportunidades.

Producto 3: Análisis comparativo de RX vs. métodos tradicionales en la planificación de proyectos de construcción:

El análisis se desarrolló a partir de los siguientes componentes:

- **Matriz comparativa detallada:** Se compararon métricas clave como tiempo, costos, precisión y calidad entre los métodos tradicionales y las herramientas de RX.
- **Representación gráfica de resultados:** Visualizaciones que facilitaron la comprensión del impacto de cada enfoque en diferentes áreas de la gestión de proyectos.

- **Estudios de caso comparativos:** Análisis de proyectos donde se utilizaron tanto métodos tradicionales como herramientas RX, identificando fortalezas, debilidades y lecciones aprendidas.
- **Perspectivas de expertos:** Opiniones recopiladas mediante encuestas y entrevistas a expertos en gestión de proyectos, quienes evaluaron los beneficios y desventajas de ambos enfoques.

Producto 4: Guía de implementación de herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción:

La guía se estructuró en los siguientes apartados:

- **Flujos de procesos:** Diagramas y descripciones paso a paso de cómo se integraron herramientas RX en cada etapa de la planificación de proyectos de construcción.
- **Ejemplos prácticos:** Casos ilustrativos que mostraron cómo las herramientas de RX fueron implementadas exitosamente en proyectos reales, destacando buenas prácticas.
- **Comparaciones visuales:** Gráficos que contrastaron las metodologías tradicionales con las nuevas propuestas basadas en RX.
- **Métricas de evaluación del impacto:** Indicadores clave que demostraron cómo la implementación de RX afectó factores como tiempo, costos, precisión de los modelos y satisfacción del cliente.
- **Recomendaciones y buenas prácticas:** Consejos prácticos respaldados por los resultados de la investigación y entrevistas con expertos.

El desarrollo de esta investigación estuvo orientado a generar productos concretos que permitieron alcanzar los objetivos específicos planteados.

Estos productos se estructuraron de manera que abordaron cada etapa del análisis, facilitando la comprensión de los hallazgos y su relación directa con los objetivos del proyecto.

Como se mostró en el cuadro 3.10, cada objetivo específico estuvo vinculado con un producto esperado que sintetizó los hallazgos clave y proporcionó herramientas prácticas para la aplicación de la RX en la planificación de proyectos de construcción.

Cuadro 3.10.

Productos esperados y relación con los objetivos.

Objetivo específico	Producto esperado
Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción en sectores residencial y gubernamental mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos, con el fin de obtener los requisitos críticos que deben cumplir las aplicaciones de Realidad Extendida.	Informe sobre requisitos críticos para aplicaciones de RX, incluyendo análisis de marcos de referencia y encuestas a expertos.
Seleccionar al menos tres aplicaciones de realidad extendida mediante la comparación de sus capacidades frente a los requisitos críticos, para la evaluación de su aplicabilidad en la planificación de proyectos de construcción.	Matriz comparativa de herramientas de RX con gráficos de desempeño en tiempo, costos y precisión
Determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos de construcción, en comparación con los métodos tradicionales, mediante la evaluación de sus capacidades para cumplir con los requisitos críticos e identificar las ventajas y desventajas específicas de su adopción, con el objetivo de proponer mejoras en la planificación de proyectos de construcción.	Informe detallado con ventajas y desventajas específicas frente a métodos tradicionales, apoyado en estudios de caso.
Elaborar recomendaciones para la integración y uso de herramientas de realidad extendida en los procesos de planificación de proyectos de construcción, basadas en el estudio realizado, con el fin de mejorar la gestión de proyectos.	Guía práctica con flujos de trabajo optimizados, ejemplos de implementación y métricas de evaluación.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 3.10, los productos esperados no solo permitieron abordar las preguntas fundamentales del estudio, sino que también generaron un impacto directo en la comprensión y aplicación de las tecnologías emergentes en el sector de la construcción.

La sistematización de los hallazgos a través de informes, matrices comparativas y guías prácticas facilitó la transferencia de conocimiento y la toma de decisiones informadas, asegurando

que las recomendaciones resultantes fueran aplicables y útiles en entornos reales de planificación de proyectos.

La recolección, procesamiento y análisis de datos en esta investigación requirieron la implementación de métodos y herramientas estructuradas que permitieron evaluar de manera precisa la integración de la RX en la planificación de proyectos de construcción.

Como se mostró en el cuadro 3.11, cada objetivo específico estuvo asociado con fuentes de información, actividades, herramientas de análisis y métodos de procesamiento que garantizaron la validez y confiabilidad de los hallazgos obtenidos.

Cuadro 3.11.

Métodos y herramientas para la recolección, procesamiento y análisis de la información.

Objetivo	Método
<p>Objetivo 1: Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción en sectores residenciales y gubernamentales mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos, para la obtención de requisitos críticos de cumplimiento dentro de las funcionalidades de las aplicaciones de Realidad Extendida.</p>	<p>Fuente de información: Fuentes primarias (expertos en gestión de proyectos de construcción). Actividades: Revisión de marcos de referencia y entrevistas a expertos. Método de procesamiento y análisis: Codificación cualitativa, análisis de patrones, análisis de contenido. Herramientas de análisis: <i>Software</i> de análisis cualitativo (por ejemplo, <i>Excel</i>).</p>
<p>Entregable: Informe de requisitos de planificación de proyectos de construcción críticos a incorporar en aplicaciones de Realidad Extendida</p>	<p>Herramientas de recolección: Guía de entrevistas semiestructuradas Ficha bibliográfica Análisis de documentos Análisis de casos de estudio</p>
<p>Objetivo 2: Seleccionar al menos tres aplicaciones de realidad extendida, a través de la comparación de sus capacidades frente a los requisitos críticos, para la evaluación de su aplicabilidad en</p>	<p>Fuente de información: Fuentes primarias (expertos) y secundarias (literatura y estudios previos). Actividades: Comparación de capacidades de herramientas de IA contra requisitos.</p>

Objetivo	Método
la planificación de proyectos de construcción.	<p>Método de procesamiento y análisis: Matrices de evaluación comparativa, análisis descriptivo.</p> <p>Herramientas de análisis: Tablas de comparación, <i>Excel</i>.</p>
<p>Entregable: Lista comparativa de aplicaciones de Realidad Extendida para la planificación de proyectos de construcción.</p>	<p>Herramientas de recolección:</p> <p>Guía de entrevistas semiestructuradas</p> <p>Ficha bibliográfica</p> <p>Estudios de caso</p>
<p>Objetivo 3: Determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos de construcción en comparación con los métodos tradicionales mediante la evaluación de sus capacidades para el cumplimiento de los requisitos críticos e identificar las ventajas y desventajas específicas de su adopción con el fin de optimizar la gestión de proyectos.</p>	<p>Fuente de información: Fuentes primarias (expertos y resoluciones de casos) y secundarias (literatura).</p> <p>Actividades: Comparación de herramientas, análisis de casos, revisión de resultados.</p> <p>Método de procesamiento y análisis: Análisis <i>FODA</i>, síntesis crítica, análisis de tendencias.</p> <p>Herramientas de análisis: Diagramas <i>FODA</i>, <i>Word</i>, herramientas gráficas (como <i>Lucidchart</i>).</p> <p>Herramientas de recolección:</p>
<p>Entregable: Análisis comparativo de Realidad Extendida vs. métodos tradicionales en la planificación de proyectos de construcción.</p>	<p>Guía de entrevistas semiestructuradas</p> <p>Ficha bibliográfica</p> <p>Matrices de comparación</p> <p>Encuestas comparativas</p>
<p>Objetivo 4: Elaborar recomendaciones para la integración y el uso de las herramientas de realidad extendida en los procesos de planificación de proyectos de construcción, basándose en el estudio realizado para mejorar la gestión de proyectos.</p>	<p>Fuente de información: Fuentes primarias (expertos) y secundarias (literatura).</p> <p>Actividades: Definición de recomendaciones basadas en análisis de resultados.</p> <p>Método de procesamiento y análisis: Priorización de resultados clave, análisis crítico, triangulación de información.</p>

Objetivo	Método
Entregable: Recomendaciones para la integración de herramientas de Realidad Extendida en la planificación de proyectos de construcción.	Herramientas de análisis: Documentos de síntesis en Word. Herramientas de recolección: Guía de entrevistas semiestructuradas Ficha bibliográfica

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 3.11, los métodos y herramientas seleccionados permitieron un enfoque sistemático en la recolección y análisis de datos, asegurando que los hallazgos fueran confiables y aplicables en el contexto de la planificación de proyectos de construcción.

La combinación de fuentes de información primarias y secundarias, junto con técnicas cualitativas y cuantitativas, fortaleció la validez de la investigación (Martínez et al., 2022).

Asimismo, la aplicación de herramientas especializadas, como guías de entrevistas, matrices comparativas y análisis FODA, facilitó la evaluación de soluciones tecnológicas, permitiendo establecer recomendaciones fundamentadas para la integración de RX en la gestión de proyectos.

Este enfoque estructurado garantizó una evaluación metodológica rigurosa que respaldó la generación de productos alineados con los objetivos del estudio.

3.5.2 *Técnicas de procesamiento.*

Esta sección describió las principales técnicas utilizadas para procesar y analizar los datos recopilados en la investigación.

Se emplearon tanto métodos cualitativos como cuantitativos para garantizar un análisis integral y riguroso sobre la aplicación de la RX en la gestión de proyectos de construcción.

Esta combinación metodológica permitió identificar patrones, tendencias y relaciones significativas, proporcionando una base sólida para las conclusiones y recomendaciones del estudio (Smith & Johnson, 2021; Pérez et al., 2023).

Un componente esencial de este enfoque fue la triangulación de datos, la cual aseguró la validez y representatividad de los hallazgos al combinar múltiples fuentes de información y métodos de análisis.

Este proceso permitió contrastar diferentes perspectivas y generar resultados consistentes, mejorando la confiabilidad del estudio.

Técnicas y métodos de análisis

Análisis cualitativo

- Se identificaron patrones y temas recurrentes en las entrevistas con expertos.
- Se codificaron y clasificaron citas textuales en categorías alineadas con los objetivos específicos de la investigación.

Análisis cuantitativo

- Se procesaron los datos de los cuestionarios mediante herramientas estadísticas.
- Se representaron gráficamente tendencias y correlaciones para facilitar la interpretación de los datos.

Estudios de caso

- Se realizó un análisis detallado de proyectos que implementaron herramientas de RX, evaluando beneficios y desafíos.
- Se presentó información contextualizada que respaldó la formulación de recomendaciones prácticas.

Matriz de evaluación

- Se llevó a cabo una comparación sistemática entre los requisitos críticos identificados y las capacidades de las herramientas de RX.
- Se evaluó el nivel de cumplimiento de cada herramienta con los criterios establecidos.

Revisión bibliográfica

- Se validaron los resultados con investigaciones previas para garantizar coherencia y rigor académico.
- Se analizaron estudios relevantes que contextualizaron los hallazgos dentro de la literatura existente.

La integración de estas técnicas permitió que los resultados de la investigación fueran representativos, confiables y alineados con los objetivos planteados. Este enfoque aseguró:

- La identificación de patrones y relaciones clave en la gestión de proyectos con RX.
- La triangulación de datos cualitativos y cuantitativos para obtener conclusiones fundamentadas.
- La contextualización de los hallazgos con estudios previos y casos prácticos relevantes.

3.5.3 Estructura de presentación de resultados.

Para garantizar claridad en la comunicación de los hallazgos, se emplearon los siguientes formatos:

- **Cuadros y tablas:** Organizaron información numérica y categórica, tales como comparaciones entre herramientas de RX y resultados de encuestas. Cada cuadro incluyó un título y una breve explicación para facilitar su interpretación.
- **Gráficos y diagramas:** Representaron tendencias y distribuciones clave de datos cuantitativos, especialmente aquellos derivados de cuestionarios en escalas de Likert.
- **Matriz comparativa:** Sintetizó las capacidades de las herramientas de RX en función de los requisitos críticos identificados, visualizando fortalezas y debilidades frente a métodos tradicionales.
- **Figuras y descripciones:** Ilustraron flujos de trabajo, ejemplos de implementación y estudios de caso, proporcionando una visión práctica de las aplicaciones de RX.
- **Resumen textual:** Presentó una síntesis de los hallazgos más relevantes, facilitando la comprensión a los lectores que requirieron una visión general de los resultados.

Esta estructura permitió una comprensión integral de los resultados, facilitando la identificación de relaciones y patrones clave que sustentaron las recomendaciones prácticas en la gestión de proyectos de construcción con RX.

3.5.4 Operacionalización de preguntas.

La operacionalización de preguntas fue un proceso fundamental para vincular los objetivos de la investigación con las técnicas de análisis de datos.

Este enfoque aseguró que las preguntas generadoras fueran transformadas en variables observables y medibles, permitiendo que los datos obtenidos a través de los instrumentos seleccionados fueran interpretados con precisión.

En el presente estudio, se diseñó una matriz de operacionalización que detalló cada pregunta generadora, sus variables relacionadas, los indicadores específicos que permitieron medirlas y los instrumentos utilizados para recopilar la información.

Este proceso fue esencial para garantizar la consistencia entre los objetivos de la investigación y los resultados esperados.

Cada pregunta generadora fue diseñada para abordar un objetivo específico. Por ejemplo:

- **Pregunta generadora C1.2:** “¿Qué procesos específicos de optimización de recursos pueden evaluarse mediante las métricas de eficiencia de RX en comparación con métodos tradicionales, y cómo pueden adaptarse estas métricas a los desafíos del sector?” Se vinculó con el análisis de eficiencia y se midió mediante entrevistas a gerentes y cuestionarios en *Google Forms*.
- **Pregunta generadora B1.2:** “¿Cómo pueden las metodologías ágiles facilitar la integración de RX en la planificación y qué prácticas específicas superarían los desafíos de flexibilidad en la gestión de proyectos?” Se operacionalizó mediante estudios de caso internacionales y encuestas.

El cuadro 3.12 de operacionalización resumió cómo estas preguntas estuvieron alineadas con las categorías analíticas definidas en el marco teórico.

Cuadro 3.12.

Operacionalización de preguntas.

Pregunta generadora	Variable	Indicador	Instrumento
A1.1 ¿De qué manera las herramientas de RA influyen en la eficiencia de tiempo, costos y precisión en la planificación de proyectos de construcción, y cuáles son los principales desafíos en su aplicación frente a métodos tradicionales?	Eficiencia de RA en tiempo, costos y precisión.	Reducción de tiempos de planificación (%). Ahorro en costos iniciales de diseño (%). Precisión en modelos generados (errores detectados).	Cuestionarios a gerentes de proyectos. Análisis de cronogramas y presupuestos históricos.
A1.2 ¿Cómo mejora la RV la visualización y colaboración en la fase de planificación de proyectos de construcción y cuáles son los retos específicos que enfrenta su	Mejora en visualización y colaboración.	Incremento en la claridad del diseño percibida por los interesados (%). Número de conflictos resueltos	Entrevistas semiestructuradas con diseñadores BIM y gerentes de proyectos.

Pregunta generadora	Variable	Indicador	Instrumento
implementación en comparación con métodos tradicionales?		antes de la ejecución.	Encuestas a usuarios de RV.
A1.3 ¿Qué prácticas internacionales exitosas en la integración de RX podrían ser adaptadas al contexto local y qué ajustes requerirían para ser implementadas?	Transferencia de conocimiento.	Número de prácticas exitosas identificadas. Factores clave de éxito en contextos internacionales (% de similitud con el local).	Revisión bibliográfica. Entrevistas a expertos internacionales y locales. Estudios de caso.
B1.1 ¿Qué limitaciones específicas enfrentan las metodologías tradicionales en la gestión de proyectos de construcción en términos de tiempo y precisión en el contexto actual y cómo se compara esto con las capacidades de la RX?	Limitaciones de metodologías tradicionales.	Retrasos promedios en cronogramas (%). Errores de precisión identificados en diseños tradicionales vs. RX (% de reducción).	Cuestionarios comparativos. Análisis documental de cronogramas y errores detectados en proyectos previos.
B1.2 ¿Cómo pueden las metodologías ágiles facilitar la integración de RX en la planificación y qué prácticas específicas superarían los desafíos de flexibilidad en la gestión de proyectos?	Flexibilidad en la planificación.	Número de iteraciones realizadas durante la planificación. Reducción en tiempos de respuesta a cambios (%).	Entrevistas con expertos en metodologías ágiles y gerentes de proyectos. Revisión de cronogramas.
C1.1 ¿Cómo pueden las métricas de precisión y calidad ser utilizadas para evaluar la efectividad de la RX en proyectos	Métricas de precisión y calidad.	Porcentaje de errores reducidos con RX en comparación con	Encuestas a gerentes de calidad. Análisis

Pregunta generadora	Variable	Indicador	Instrumento
de construcción, y qué desafíos surgen al comparar estos datos con los de metodologías tradicionales?		metodologías tradicionales. Opinión de expertos sobre la mejora en calidad.	documental de reportes de control de calidad.
C1.2 ¿Qué procesos específicos de optimización de recursos pueden evaluarse mediante las métricas de eficiencia de RX en comparación con métodos tradicionales, y cómo pueden adaptarse estas métricas a los desafíos del sector?	Optimización de recursos.	Porcentaje de reducción en desperdicios de materiales. Ahorro en tiempos de uso de mano de obra.	Análisis de datos históricos en proyectos. Encuestas a usuarios de RX.
C1.3 ¿De qué forma las métricas de colaboración pueden utilizarse para medir el impacto de la RX en la mejora de la comunicación y cooperación en proyectos de construcción, y qué desafíos específicos se presentan al compararlas con los enfoques tradicionales?	Métricas de colaboración.	Incremento en la frecuencia de interacciones entre equipos (%). Reducción de conflictos entre partes interesadas (%).	Encuestas a equipos multidisciplinarios. Entrevistas con directores de proyectos.
C1.4 ¿Cómo pueden las métricas de optimización de recursos evaluar la eficacia de la RX en la asignación y utilización de materiales y mano de obra en proyectos de construcción, y cuáles son los desafíos específicos que presenta su implementación	Optimización de recursos.	Porcentaje de mejoras en la asignación de materiales. Disminución de horas hombre mal utilizadas (%).	Estudios de caso. Encuestas a directores de planificación.

Pregunta generadora	Variable	Indicador	Instrumento
en comparación con metodologías tradicionales?			

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 3.12 se presentaron las preguntas generadoras, las cuales fueron analizadas para identificar los conceptos principales que debían ser observados y medidos en el estudio.

Para cada variable se definieron indicadores específicos con el propósito de medir de manera objetiva el impacto de la RX en áreas clave.

Estos indicadores reflejaron resultados concretos, como el porcentaje de reducción en errores de planificación o la eficiencia en la asignación de recursos.

3.5.5 Triangulación de datos: Método cualitativo y cuantitativo.

La triangulación de datos fue una estrategia metodológica que reforzó la validez y confiabilidad de los hallazgos al integrar diversas fuentes y tipos de información.

En esta investigación, se implementó una triangulación cualitativa y cuantitativa, combinando datos obtenidos de entrevistas semiestructuradas, encuestas basadas en escala Likert y revisión bibliográfica.

Este enfoque permitió aprovechar perspectivas diversas para realizar un análisis profundo y robusto sobre la adopción de tecnologías RX en la planificación de proyectos de construcción.

Según Johnson y Onwuegbuzie (2019), la triangulación validó los hallazgos al converger diferentes métodos, enriqueciendo la comprensión del fenómeno y minimizando posibles sesgos. Saldaña (2021) señaló que esta estrategia también facilitó la identificación de patrones y relaciones, ampliando la profundidad y fiabilidad de los resultados.

Validación cruzada de respuestas

Para minimizar sesgos en el análisis cualitativo, se utilizó un proceso de doble revisión, donde dos investigadores independientes categorizaron las respuestas antes de consolidarlas en una única base de datos.

Posteriormente, se realizó una comparación entre los resultados de entrevistas y encuestas para identificar coherencias y discrepancias en las respuestas.

En el análisis cuantitativo, se aplicó un control de consistencia en los cuestionarios, verificando que no hubiera respuestas contradictorias entre diferentes grupos de participantes. Para

ello, se realizaron cruces de datos entre variables clave, garantizando que las percepciones obtenidas fueran estadísticamente significativas y representativas.

Este proceso permitió fortalecer la fiabilidad de los datos y garantizar que los hallazgos reflejaran tendencias consistentes en la percepción de la RX en la planificación de proyectos.

Instrumentos utilizados para la triangulación:

La triangulación se realizó integrando datos obtenidos de tres técnicas principales:

1. **Entrevistas cualitativas:** Información recolectada de gerentes de proyectos y proveedores de RX sobre la implementación práctica y viabilidad técnica de herramientas.
2. **Cuestionarios estructurados:** Resultados cuantitativos sobre la percepción de la efectividad de RX en comparación con métodos tradicionales.
3. **Estudios de caso:** Casos documentados de proyectos internacionales con implementación de tecnologías de RX.

Los datos se integraron mediante análisis temáticos y comparativos, lo que permitió identificar patrones consistentes entre las opiniones de expertos, los resultados de encuestas y los hallazgos documentales.

Software de análisis:

Para los datos cualitativos, se utilizó *QDA Miner Lite*, lo que permitió codificar y clasificar las respuestas de las entrevistas de manera estructurada.

Para los datos cuantitativos, se empleó *Microsoft Excel*, debido a su accesibilidad y capacidad para realizar análisis básicos de frecuencia y tendencias.

Esta herramienta aseguró un procesamiento ágil y eficiente, facilitando la visualización de resultados a través de tablas y gráficos estadísticos

Aplicación práctica de la triangulación.

La triangulación de datos se aplicó de la siguiente manera:

- **Validación cruzada:** Se contrastaron las respuestas de entrevistas y encuestas para asegurar coherencia y evitar interpretaciones sesgadas.
- **Comparación de tendencias:** Se analizaron las respuestas de diferentes grupos de participantes para detectar puntos de convergencia y divergencia en la adopción de RX.

- **Revisión bibliográfica:** Se compararon los hallazgos con estudios previos sobre RX en la planificación de proyectos de construcción para verificar la alineación con investigaciones existentes.

Este enfoque permitió identificar convergencias y divergencias, proporcionando una visión más completa de los factores que influyen en la adopción de RX en la planificación de proyectos de construcción.

3.5.5.1 Proceso de triangulación en tres etapas.

Cruce de información entre entrevistas y cuestionarios:

Objetivo: Identificar coincidencias y diferencias entre las percepciones cualitativas y las tendencias cuantitativas.

Pasos:

- Se transcribieron y clasificaron las respuestas de entrevistas en temas clave.
- Se procesaron las encuestas con herramientas estadísticas para identificar patrones.
- Se compararon los resultados para encontrar relaciones consistentes que reforzaron los hallazgos.

Validación con la revisión bibliográfica:

Objetivo: Contrastar los resultados empíricos con investigaciones previas.

Pasos:

- Se seleccionaron estudios relevantes que abordaron temas similares.
- Se compararon los hallazgos de entrevistas y encuestas con datos teóricos.
- Se incorporaron citas clave para respaldar o cuestionar los resultados.

Comparación de resultados cualitativos y cuantitativos:

Objetivo: Integrar ambas perspectivas para desarrollar una visión más amplia del fenómeno.

Pasos:

- Se resumieron los hallazgos cualitativos en categorías principales.
- Se analizaron los resultados cuantitativos para identificar tendencias.
- Se visualizaron convergencias y divergencias mediante gráficos o matrices.

El método de triangulación implementado en esta investigación combinó de manera efectiva datos cualitativos y cuantitativos, proporcionando una visión integral y fundamentada sobre la adopción de tecnologías RX en la gestión de proyectos de construcción.

Este enfoque no solo garantizó la validez y fiabilidad de los hallazgos, sino que también facilitó la formulación de recomendaciones estratégicas basadas en patrones consistentes y bien sustentados. Al integrar entrevistas, encuestas y estudios previos, se construyó una base sólida para promover la implementación exitosa de RX en el sector.

3.5.5.2 Análisis Cualitativo.

Software: QDA Miner Lite

Descripción: *QDA Miner Lite* fue una herramienta gratuita especialmente diseñada para el análisis de datos cualitativos, permitiendo la organización y el análisis de grandes volúmenes de información no estructurada, como las transcripciones de entrevistas y los estudios de caso.

Este *software* facilitó la codificación de datos, lo que permitió identificar patrones y temas clave relevantes para la planificación en la gestión de proyectos de construcción.

La funcionalidad de codificación ayudó a estructurar la información cualitativa de manera que se obtuvo una comprensión profunda de los datos recopilados, destacando temas recurrentes y relaciones significativas entre las respuestas de los participantes (Braun & Clarke, 2020; Silver & Woolf, 2019).

Aplicación: En esta investigación, *QDA Miner Lite* se empleó para analizar las respuestas obtenidas en las entrevistas semiestructuradas realizadas a los participantes.

Este *software* permitió clasificar y comparar categorías emergentes y temas identificados en las opiniones de los expertos en planificación de proyectos de construcción.

Gracias a esta herramienta, se obtuvo una visión más detallada y estructurada de los procesos de planificación, facilitando una comparación exhaustiva entre las perspectivas de los distintos participantes y un análisis integral de los datos cualitativos del estudio.

Análisis Cuantitativo.

Software: Microsoft Excel

Descripción: *Microsoft Excel* fue una herramienta clave para el análisis de datos cuantitativos, ofreciendo diversas funciones para la organización y procesamiento de grandes volúmenes de datos numéricos.

Entre sus características, las tablas dinámicas, fórmulas estadísticas y gráficos interactivos permitieron identificar tendencias, patrones y relaciones significativas, aspectos clave para la planificación en la gestión de proyectos de construcción.

Excel permitió la automatización de cálculos y la creación de visualizaciones claras, mejorando tanto la interpretación como la presentación de los datos (Smith & Johnson, 2021; Martínez, 2020).

Aplicación: En este estudio, *Microsoft Excel* se utilizó para analizar los datos cuantitativos obtenidos de las encuestas aplicadas a los participantes.

A través de tablas dinámicas y análisis de regresión, fue posible detectar tendencias y correlaciones que aportaron información relevante sobre los procesos de planificación en la gestión de proyectos de construcción.

Asimismo, la creación de gráficos estadísticos facilitó la visualización de los resultados, permitiendo una comparación efectiva entre diferentes variables y respaldando la toma de decisiones basada en datos concretos (Smith & Johnson, 2021).

Capítulo 4 Presentación de resultados

El análisis de los datos obtenidos es clave para evaluar la aplicación de la RX en la planificación y gestión de proyectos de construcción.

En este capítulo, se presentan los hallazgos derivados del análisis de entrevistas, encuestas y estudios de caso, estructurados en función de los objetivos específicos de la investigación y su relación con la hipótesis planteada.

Cada sección de este capítulo expone los resultados en correspondencia con un objetivo particular, permitiendo evaluar la validez de la hipótesis en función de los datos recolectados.

Se inicia con una caracterización de los participantes y del contexto en el que se implementaron las herramientas de RX, proporcionando un marco de referencia para la interpretación de los hallazgos.

Posteriormente, se analizan los resultados obtenidos en términos de eficiencia, precisión y adopción tecnológica, comparando el impacto de RX frente a metodologías tradicionales y destacando los beneficios y desafíos identificados.

Se incluyen representaciones visuales que facilitan la comprensión de tendencias y patrones observados en la implementación de RX en el sector.

Finalmente, los resultados son discutidos en relación con estudios previos, estableciendo una base para la formulación de recomendaciones estratégicas en el siguiente capítulo.

4.1 Exposición de resultados

Los hallazgos se presentan con base en el análisis detallado de entrevistas, cuestionarios y la revisión de fuentes bibliográficas, con el propósito de evaluar la viabilidad y los beneficios de la RX en la planificación de proyectos de construcción.

Los resultados están organizados según los objetivos específicos del estudio y se presentan utilizando herramientas visuales y narrativas que facilitan la identificación de patrones clave, comparaciones y correlaciones.

Cuadro 4.1.

Organización de los resultados por objetivos específicos.

Objetivo 1	Los datos relacionados con las condiciones actuales de la planificación de proyectos se presentan mediante gráficos comparativos que destacan las principales barreras identificadas, como las culturales y económicas.
-------------------	---

Objetivo 2	Para comparar herramientas de RX, se incluyen tablas que resumen capacidades según criterios como facilidad de uso, costos y beneficios tangibles.
Objetivo 3	Los resultados sobre las fortalezas y debilidades de RX frente a métodos tradicionales se representan con diagramas de Venn o matrices, permitiendo visualizar las intersecciones y diferencias clave.
Objetivo 4	Las recomendaciones para la implementación de RX se acompañan de figuras o cuadros que ilustran los pasos sugeridos para su integración en los proyectos.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

4.2 Objetivo 1

Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción en sectores residenciales y gubernamentales mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos, para la obtención de requisitos críticos de cumplimiento dentro de las funcionalidades de las aplicaciones de RX.

4.2.1 Principales desafíos en la planificación actual de proyectos de construcción.

La planificación de proyectos de construcción en los sectores residencial y gubernamental enfrenta desafíos que afectan su eficiencia y efectividad.

Identificar estas barreras permite reconocer oportunidades de mejora que pueden abordarse mediante herramientas tecnológicas avanzadas, como la RX.

Esta sección analiza las principales dificultades reportadas por profesionales, proporcionando una base sólida para proponer soluciones orientadas a optimizar la gestión de proyectos en estos sectores.

4.2.1.1 Desafíos de integración de RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción.

Para explorar los desafíos enfrentados al integrar RX, se planteó la pregunta: “¿Qué desafíos ha enfrentado su empresa al integrar RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción y cómo los ha superado?” (ver Apéndice C: Entrevista semiestructurada para proveedores de *Hardware* y *Software* de RX).

Las respuestas destacan tres categorías clave:

Ausencia de desafíos tecnológicos: Algunas empresas informaron no haber enfrentado problemas tecnológicos al implementar RX, destacando la importancia de contar con una infraestructura adecuada y una mentalidad organizacional orientada a la innovación.

Estas condiciones permitieron un enfoque directo en el aprovechamiento de las herramientas, reduciendo barreras innecesarias.

Curva de aprendizaje y necesidad de capacitación: Un desafío recurrente fue la falta de familiaridad con RX entre residentes en obra e ingenieros, lo que generó incertidumbre y retrasos en su implementación.

Las empresas que priorizaron la formación de sus equipos lograron reducir la curva de aprendizaje, fomentar una cultura de confianza y aumentar la adopción de la tecnología.

Este hallazgo subraya la necesidad de establecer estrategias de capacitación continua para facilitar la adopción de herramientas tecnológicas avanzadas.

Falta de aliados estratégicos: La ausencia de alianzas con proveedores de tecnología e instituciones académicas fue otro desafío destacado.

Las empresas que establecieron colaboraciones estratégicas reportaron beneficios como soporte técnico, capacitación adaptada a sus necesidades y tecnologías personalizadas, lo que facilitó la integración de RX y redujo costos operativos.

Relación con el objetivo 1: Este hallazgo subraya que, en los sectores residenciales y gubernamentales, disponer de una infraestructura tecnológica robusta es un requisito crítico para garantizar la integración exitosa de RX en la planificación de proyectos.

La integración de RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción enfrenta diversos desafíos que impactan directamente en su adopción y uso efectivo. Entre los principales se identifican:

- Barreras relacionadas con la capacitación de equipos.
- Problemas de interoperabilidad tecnológica.
- Falta de alianzas estratégicas.

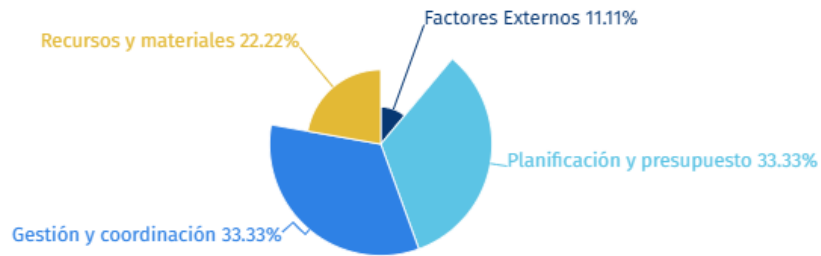
Estas dificultades resaltan la necesidad de desarrollar estrategias específicas para superar las limitaciones actuales y optimizar la implementación de RX en proyectos residenciales y gubernamentales.

La figura 4.1, presentada a continuación, clasifica estos desafíos en categorías clave, proporcionando un análisis detallado de las áreas más críticas para la gestión de proyectos de construcción.

Figura 4.1.

Principales desafíos en la planificación de proyectos de construcción.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Usando la información proporcionada por la entrevista a profesionales, se clasificó cada respuesta en cuatro categorías previamente definidas, según el tipo de desafío mencionado. A continuación se observa el análisis y agrupación de cada respuesta:

Cuadro 4.2.

Clasificación y conteo de respuestas por categoría.

Factores externos	Incluye desafíos relacionados con el entorno natural, como terreno y cambios climáticos. Respuesta: “Terreno natural, cambios climáticos, personal responsable, cronograma”.
Planificación y presupuestos	Agrupación de los desafíos relacionados con la planificación del proyecto y el control de costos. Respuestas: <ul style="list-style-type: none"> • “Mantener el plan de trabajo inicial del proyecto”. • “Calcular los tiempos y afinar los presupuestos”. • “Los tiempos de entrega”.
Recursos y materiales	Incluye los problemas relacionados con el suministro de materiales y su cálculo adecuado.

	<p>Respuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Mal cálculo de materiales”. • “Surtimiento en tiempo de materiales y coordinación de espacios de tiempo para evaluar entregables”.
Gestión y coordinación	<p>Abarca desafíos en la gestión de cambios y la coordinación entre disciplinas.</p> <p>Respuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Adaptación a los procesos propios del cliente relacionados con políticas internas”. • “La coordinación entre disciplinas y los cambios inesperados a solicitud del cliente en etapas muy avanzadas del proyecto”. • “La gestión correcta y adecuada de los cambios durante el proceso constructivo”.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Estas categorías fueron seleccionadas para proporcionar una visión integral y estructurada de los problemas enfrentados en la ejecución de proyectos de construcción. La agrupación también facilita el análisis de los datos, permitiendo identificar cuáles son las áreas de mayor dificultad.

El análisis de los desafíos en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, representado en la figura 4.1, ofrece una visión integral de las áreas críticas que afectan el desarrollo exitoso de estos proyectos. Según la encuesta:

- Los principales problemas se dividen entre planificación y presupuestos y gestión y coordinación, representando cada uno el 33% de los desafíos.
- El 22% de los desafíos está relacionado con la gestión de recursos y materiales, destacando la importancia de un cálculo preciso y un suministro eficiente.
- Los factores externos representan el 11% y, aunque no controlables, deben considerarse dentro de los requisitos de gestión del proyecto.

Relación con el objetivo 1: Estos datos permiten identificar áreas donde las funcionalidades de RX pueden tener un impacto significativo, como la simulación de cronogramas y presupuestos en entornos virtuales, la visualización colaborativa para mejorar la coordinación interdisciplinaria y la planificación adaptativa ante cambios inesperados.

Los desafíos identificados en esta figura destacan problemas recurrentes en la gestión de recursos y coordinación interdisciplinaria.

Estas barreras tienen un impacto directo en la dependencia de herramientas tradicionales, un tema que se explora con mayor profundidad en la figura 4.2 al evaluar el uso de *software* convencional en comparación con tecnologías emergentes como la RX.

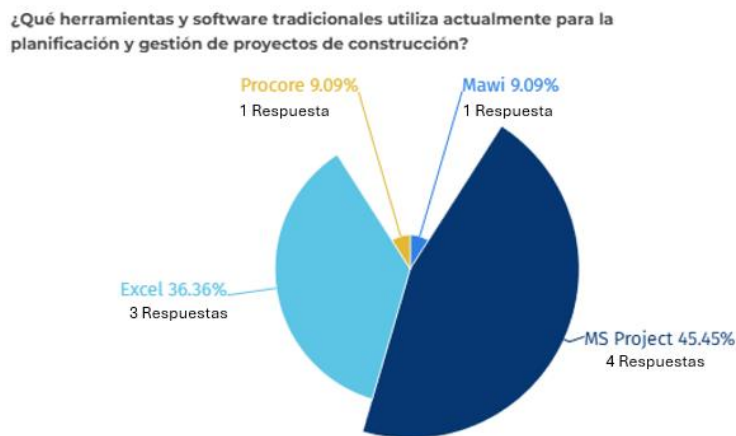
4.2.2 Percepción sobre la eficiencia de los métodos actuales.

La evaluación de los métodos tradicionales en la planificación de proyectos de construcción ofrece una perspectiva valiosa para comprender sus limitaciones y explorar nuevas alternativas tecnológicas.

Esta sección examina la percepción de los profesionales sobre la efectividad de herramientas tradicionales como *Microsoft Project* y *Excel* en la gestión de proyectos de construcción. Se analiza su impacto en la planificación y seguimiento de proyectos, así como su posible complementariedad con tecnologías de RX.

Figura 4.2.

Herramientas y software tradicionales utilizados en la actualidad.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Para comprender el uso de herramientas tradicionales en la planificación y gestión de proyectos, se han categorizado las respuestas de los profesionales con base en las soluciones mencionadas.

Esto permite visualizar la popularidad de cada herramienta y evaluar su relevancia en el sector.

Los resultados reflejan una fuerte preferencia por herramientas como *Microsoft Project* y *Excel*, evidenciando la dependencia del sector de la construcción en soluciones tradicionales para la planificación y el seguimiento de proyectos.

Microsoft Project es ampliamente reconocido por su capacidad para estructurar tareas, jerarquizarlas y definir relaciones entre ellas, mientras que *Excel* sigue siendo utilizado por su flexibilidad y familiaridad en el manejo de datos.

No obstante, estas herramientas presentan limitaciones significativas. *Microsoft Project*, si bien es robusto, tiene una curva de aprendizaje elevada y carece de funciones de colaboración en tiempo real.

Por su parte, *Excel*, aunque útil, no está diseñado específicamente para la gestión de proyectos, lo que puede generar ineficiencias y errores en entornos complejos.

Estudios previos han señalado que la industria de la construcción ha sido históricamente lenta en la adopción de nuevas tecnologías, lo que ha perpetuado el uso de estos programas a pesar de sus deficiencias (McKinsey & Company, 2017).

Relación con el objetivo 1: Del análisis se desprende la necesidad de integrar RX como una solución tecnológica avanzada, capaz de complementar estas herramientas mediante visualización en 3D, simulaciones en tiempo real y plataformas colaborativas que optimizan la planificación.

El análisis de las herramientas tradicionales permite comprender las limitaciones tecnológicas actuales y su impacto en los flujos de trabajo de la planificación.

Este contexto abre paso al siguiente análisis en la figura 4.3, que evalúa las perspectivas futuras de adopción de herramientas RX en el sector, destacando una creciente importancia en los próximos años.

Figura 4.3.

Adopción de RX en la planificación de proyectos en los próximos 5 años.

¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Muy importante: Fue mencionado 3 veces, destacando que la mayoría considera la adopción de RX como esencial.

Vital para el futuro: Mencionado 2 veces, subrayando la relevancia crítica de RX para mantenerse competitivo en la industria de la construcción.

El análisis del gráfico 4.3 revela que los profesionales del sector construcción consideran la adopción de herramientas de RX como una necesidad crítica para los próximos cinco años.

La mayoría de los encuestados calificó esta adopción como “Muy importante” o “Vital para el futuro”, reflejando un consenso sobre el papel indispensable que RX desempeñará en la planificación de proyectos de construcción.

Este alto nivel de valoración destaca que la industria no solo reconoce los beneficios potenciales de RX, sino que también percibe su integración como esencial para mantener la competitividad y mejorar la eficacia en los proyectos futuros.

Este hallazgo es relevante para el Objetivo 1 de la investigación, ya que visualiza una creciente necesidad de innovación tecnológica mediante RX, especialmente en los sectores residencial y gubernamental.

La importancia atribuida a esta tecnología indica que los expertos la consideran un requisito crítico para cumplir con los estándares y las demandas de precisión y eficiencia del sector."

Para que las aplicaciones de RX sean efectivas, es necesario que se enfoquen en funcionalidades que respondan a estas necesidades identificadas, tales como la mejora en la visualización, la planificación colaborativa y la gestión de datos en tiempo real.

Esto garantizará un impacto positivo en la gestión y ejecución de proyectos, optimizando los procesos y los resultados en el sector construcción.

El análisis refleja que la continua dependencia de herramientas tradicionales como *Excel* y *Microsoft Project* dificulta la capacidad de atender las crecientes demandas de precisión y colaboración del sector.

Estas herramientas, aunque útiles, no abordan completamente las necesidades complejas de visualización y simulación que las soluciones de RX pueden ofrecer. Este contraste resalta la oportunidad de complementar los métodos actuales con tecnologías avanzadas.

4.2.3 Requisitos críticos identificados para RX.

Este análisis aborda los aspectos técnicos, funcionales y de usabilidad necesarios para que las aplicaciones de RX se adapten a las necesidades de los proyectos y los equipos de trabajo.

A continuación, se presenta una tabla que detalla estos requisitos, destacando su importancia en la optimización de procesos y la reducción de errores en las etapas iniciales de planificación.

Cuadro 4.3.

Requisitos críticos para la adopción de RX.

Requisitos técnicos	Integración con plataformas de gestión como BIM y herramientas de diseño CAD.
	Compatibilidad multiplataforma (desktop, móviles y dispositivos de realidad aumentada/virtual).
	Soporte para simulaciones y visualización en tiempo real.
Requisitos funcionales	Interfaz intuitiva que permita una rápida adopción por parte de los equipos.
	Capacidades de visualización tridimensional para detección temprana de conflictos.
	Registro y seguimiento automatizado de cambios en los diseños.
Requisitos de usabilidad	Curva de aprendizaje baja para usuarios no especializados.
	Capacidad de colaborar en tiempo real entre equipos multidisciplinares.
	Acceso remoto y sincronización en la nube.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis de los requisitos críticos para la implementación de tecnologías RX en la industria de la construcción subraya que su éxito depende de tres factores fundamentales: la capacidad de integrarse con sistemas existentes como BIM y CAD, la oferta de funcionalidades avanzadas como simulaciones 3D en tiempo real, y una interfaz intuitiva que fomente la colaboración remota y multidisciplinaria.

Estos elementos no solo optimizan tiempos de planificación y costos, sino que también mejoran la calidad de los proyectos al anticipar problemas en etapas tempranas, destacándose como esenciales para una adopción estratégica en el sector.

Las perspectivas obtenidas mediante entrevistas semiestructuradas con expertos del campo enriquecen el análisis al proporcionar un enfoque cualitativo que complementa los datos cuantitativos.

Estas contribuciones ofrecen una visión profunda sobre los desafíos, beneficios y recomendaciones prácticas para integrar tecnologías emergentes como RX en los proyectos de construcción.

Un tema clave identificado fue la interoperabilidad de RX. Según un gerente de proyectos, “La integración de tecnologías RX debe abordar problemas comunes de interoperabilidad, asegurando que las herramientas puedan integrarse con los sistemas existentes sin una reestructuración completa del flujo de trabajo” (Gerente de Proyectos, comunicación personal, 2024).

Este aspecto destaca la necesidad de soluciones tecnológicas que faciliten la coexistencia con plataformas ampliamente utilizadas, como BIM y CAD, minimizando costos y tiempos de implementación.

Otro desafío recurrente fue la curva de aprendizaje asociada a RX. Un diseñador BIM señaló: “La curva de aprendizaje es una barrera significativa para la implementación de RX; los equipos necesitan capacitación práctica para comprender el valor y las aplicaciones de esta tecnología” (Diseñador BIM, comunicación personal, 2024).

Esto resalta la importancia de programas de capacitación estructurados que no solo reduzcan la falta de familiaridad, sino que también impulsen una adopción más eficiente de estas herramientas.

A pesar de estas dificultades, los beneficios de RX en la planificación de proyectos fueron ampliamente reconocidos.

Un ingeniero civil comentó: “Las simulaciones inmersivas permiten detectar conflictos en las primeras etapas del diseño, lo que reduce significativamente los costos de corrección durante la construcción” (Ingeniero Civil, comunicación personal, 2024).

Este testimonio enfatiza cómo RX contribuye a la optimización de recursos al minimizar errores y realizar doubles trabajos en diferentes tareas, incrementando la precisión en las fases iniciales de diseño.

En términos de recomendaciones, un proveedor de *software* RX sugirió: “Es necesario desarrollar un marco estandarizado que guíe la implementación de RX en las etapas iniciales del

proyecto, con énfasis en la integración con metodologías tradicionales” (Proveedor de *Software* RX, comunicación personal, 2024).

La creación de estándares claros puede fomentar una aceptación más amplia de estas tecnologías, promoviendo un enfoque consistente y estructurado en su aplicación.

Por último, RX ha revolucionado la colaboración en proyectos globales.

Un arquitecto senior afirmó: “El uso de realidad extendida ha transformado la colaboración en proyectos globales, permitiendo a los equipos trabajar en modelos tridimensionales en tiempo real, independientemente de su ubicación geográfica” (Arquitecto Senior, comunicación personal, 2024).

Esta capacidad para conectar equipos multidisciplinarios dispersos geográficamente refuerza el valor estratégico de RX en un entorno globalizado y cada vez más interconectado.

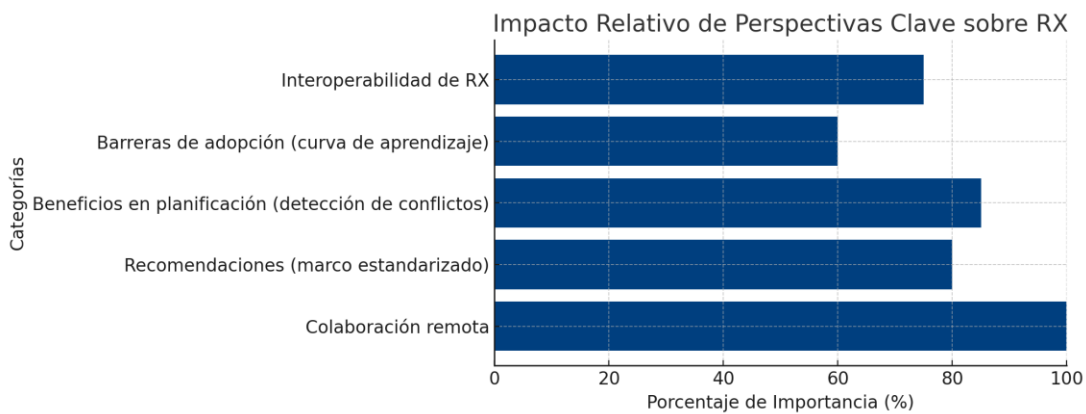
Este análisis está directamente relacionado con el objetivo 1, ya que ofrece una visión integral de las condiciones actuales en la planificación de proyectos de construcción en sectores residenciales y gubernamentales.

La información obtenida permite identificar requisitos críticos que las aplicaciones de RX deben cumplir, como interoperabilidad, capacitación técnica, estandarización y capacidades avanzadas de visualización y colaboración.

Estos hallazgos no solo revelan las limitaciones de los métodos tradicionales, sino que también orientan hacia el diseño de soluciones tecnológicas que satisfagan las demandas específicas del sector.

Figura 4.4.

Impacto relativo de perspectivas clave sobre RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.4 ofrece una visualización clara y precisa del impacto relativo de las perspectivas clave sobre la adopción de RX. Los resultados destacan la interoperabilidad y la colaboración remota como los aspectos más valorados por los expertos.

Asimismo, se subraya la importancia de superar las barreras de adopción mediante programas de capacitación estructurados.

Relación con el objetivo 1: Este análisis reafirma que las funcionalidades de RX deben enfocarse en la interoperabilidad, la colaboración remota y la facilidad de aprendizaje, factores críticos para transformar la planificación de proyectos en sectores residenciales y gubernamentales.

En la siguiente sección, se analizará el impacto de estas dificultades en la integración de RX y se explorarán estrategias que permitan maximizar su potencial en el sector de la construcción.

4.2.3.1 Obstáculos en la implementación de herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

En el marco del apéndice C: En la entrevista semiestructurada para proveedores de *hardware* y *software* de RX, se planteó la pregunta: “¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?”. Las respuestas fueron unánimes al identificar la falta de conocimiento y capacitación como la principal barrera.

Este hallazgo refleja una necesidad crítica en los sectores residenciales y gubernamentales, donde la preparación técnica y el entendimiento de las aplicaciones de RX son fundamentales para su integración exitosa.

El consenso entre los expertos refleja un problema estructural que afecta tanto a las compañías como a los equipos de trabajo.

Relevancia de la capacitación técnica: La implementación de RX requiere habilidades específicas, desde el manejo de *software* avanzado hasta la interpretación de datos visuales y simulaciones.

Sin el conocimiento adecuado, estas herramientas pueden ser subutilizadas o implementadas de manera incorrecta, limitando su impacto positivo en la planificación de proyectos.

Las compañías deben enfrentar una curva de aprendizaje especialmente pronunciada en los equipos de obra y planificación, donde las herramientas digitales no siempre son parte del trabajo cotidiano.

Esta brecha tecnológica puede generar resistencia al cambio, dificultando la adopción efectiva de RX.

Condiciones en sectores residenciales y gubernamentales: En sectores con recursos económicos y tecnológicos limitados, como el residencial y gubernamental, la falta de capacitación adquiere mayor relevancia.

Los equipos necesitan estar preparados no solo para usar estas herramientas, sino también para integrarlas en flujos de trabajo tradicionalmente dependientes de métodos analógicos.

La implementación de RX en estos contextos debe ir acompañada de estrategias formativas adaptadas a las capacidades y necesidades de los equipos involucrados, asegurando que la tecnología sea accesible y comprensible.

Impacto en los requisitos críticos de las aplicaciones RX: Este desafío subraya un requisito funcional clave: las aplicaciones de RX deben ser intuitivas, fáciles de aprender y respaldadas por recursos de capacitación accesibles. La falta de conocimiento no solo afecta la adopción de RX, sino también la percepción de su valor.

Para superar estas barreras, las aplicaciones deben incluir funcionalidades educativas como tutoriales interactivos, manuales prácticos y soporte técnico, lo que permitirá maximizar su impacto en la planificación de proyectos.

La identificación de la falta de conocimiento y capacitación como principal obstáculo está directamente alineada con el Objetivo 1, que busca analizar las condiciones actuales de planificación en sectores residenciales y gubernamentales.

Este hallazgo destaca una condición crítica que afecta tanto la adopción de RX como el éxito de su implementación. Sin el conocimiento necesario, los proyectos enfrentan riesgos como retrasos, errores y baja aceptación tecnológica por parte de los equipos.

Oportunidades para superar el obstáculo.

Este análisis enfatiza que la planificación efectiva debe integrar estrategias formativas como parte esencial de la implementación de RX.

Hace hincapié en la importancia de diseñar marcos de referencia y aplicaciones que prioricen la accesibilidad y el aprendizaje, facilitando el uso de estas herramientas para usuarios menos familiarizados con la tecnología.

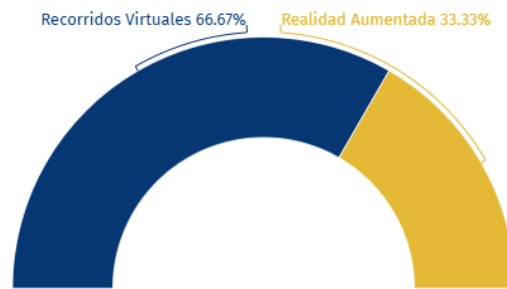
Aunque la falta de conocimiento y capacitación representa un desafío, también abre oportunidades para desarrollar soluciones innovadoras que impulsen la integración de RX en la industria de la construcción.

Este hallazgo conecta con la evaluación de hitos significativos en el desarrollo de soluciones RX, tema desarrollado en la figura siguiente.

Figura 4.5.

Hitos significativos en las soluciones de RX en la gestión de proyectos de construcción.

¿Cuáles considera que han sido los hitos más significativos en la evolución de sus soluciones de RX para la gestión de proyectos de construcción?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Usando la información proporcionada por la entrevista a profesionales, se clasificó cada respuesta en tres categorías previamente definidas, según el tipo de desafío mencionado.

A continuación se observa el análisis y agrupación de cada respuesta.

Cuadro 4.4.

Clasificación de respuestas en hitos clave.

<p>Tours virtuales y recorridos inmersivos</p>	<p>La idea central es el uso de tours virtuales para mostrar los proyectos de forma inmersiva, lo cual facilita la comprensión de espacios físicos en un entorno digital.</p> <p>Respuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Considero que los tours virtuales son un hito significativo en la forma en la que se venden los proyectos”.
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • “Recorridos virtuales e inspección inmersiva”.
<p>Realidad aumentada para visualización en campo</p>	<p>Se refiere a la implementación de realidad aumentada para visualizar instalaciones en el lugar de trabajo, permitiendo una mejor planificación y verificación en tiempo real.</p> <p>Respuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “La implementación de realidad aumentada para visualización de instalaciones en campo”.
<p>Conteo de respuestas por hito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tours Virtuales y Recorridos Inmersivos: 2 respuestas. • Realidad Aumentada para Visualización en Campo: 1 respuesta.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis de los hitos más significativos en la evolución de las soluciones de RX en la gestión de proyectos de construcción, representado en la figura 4.5, destaca dos avances clave: los tours virtuales inmersivos y la RA para visualización en campo.

Ambos avances han transformado la manera en que se planifican y gestionan los proyectos, al abordar necesidades críticas de precisión, colaboración y comunicación.

- **Tours virtuales inmersivos:** Los tours virtuales inmersivos, mencionados con mayor frecuencia por los participantes del estudio, han revolucionado la presentación de proyectos al ofrecer entornos virtuales que comunican de manera clara y efectiva los espacios físicos.

Esta funcionalidad permite a los clientes y a los equipos de trabajo visualizar de manera anticipada los diseños y detalles arquitectónicos, lo que facilita la comprensión y mejora la toma de decisiones.

Esta tecnología juega un papel crucial en la etapa de planificación, permitiendo identificar problemas potenciales antes de la ejecución.

- **RA para visualización en campo:** Por su parte, la implementación de RA en sitios de construcción ha demostrado ser especialmente relevante en sectores que requieren alta precisión, como los proyectos residenciales y gubernamentales. Esta tecnología permite superponer modelos digitales sobre el entorno físico, optimizando la planificación y reduciendo el margen de error en la ejecución.

Además, su capacidad para mejorar la visualización precisa y en tiempo real facilita el cumplimiento de los requisitos críticos de gestión de proyectos, asegurando mayor eficiencia y calidad en los procesos constructivos.

- **Condiciones actuales y oportunidades estratégicas:** El análisis de las condiciones actuales en la planificación de proyectos de construcción revela que las herramientas tradicionales, aunque funcionales, no satisfacen completamente las demandas del sector en términos de precisión, colaboración y adaptabilidad.

La integración de tecnologías RX se presenta como una solución estratégica para superar estos desafíos, destacando la importancia de la capacitación técnica y el establecimiento de alianzas estratégicas para fomentar la adopción tecnológica.

A través de entrevistas y cuestionarios aplicados a expertos del sector, se identificaron desafíos clave que limitan la eficiencia y el rendimiento de los equipos en la gestión de proyectos.

Entre los principales obstáculos destacan la falta de familiaridad con las herramientas digitales, la resistencia al cambio y la ausencia de recursos suficientes para implementar tecnologías avanzadas.

Estos hallazgos no solo respaldan los objetivos de la investigación, sino que también proporcionan una base sólida para proponer soluciones innovadoras que optimicen los procesos de gestión en los sectores residencial y gubernamental.

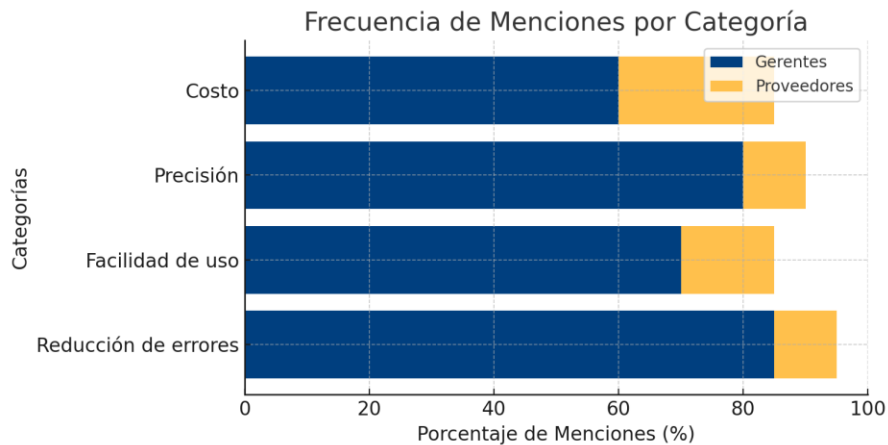
Este análisis se alinea con el Objetivo 1 de la investigación, que busca identificar las funcionalidades clave de la RX esenciales para la planificación de proyectos.

En estos sectores, las aplicaciones de RX deben priorizar la visualización inmersiva y el soporte en campo como aspectos fundamentales para mejorar la precisión, la comunicación y el cumplimiento en la gestión de proyectos.

Al abordar las limitaciones actuales y capitalizar las oportunidades estratégicas, la integración de estas tecnologías puede transformar significativamente la planificación y ejecución de proyectos, estableciendo un nuevo estándar de eficiencia y colaboración en la industria de la construcción.

Figura 4.6.

Frecuencia de menciones por categoría.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.6 muestra la frecuencia de menciones de cuatro categorías clave (costo, precisión, facilidad de uso y reducción de errores) en las entrevistas realizadas a gerentes de proyectos y proveedores.

Se observa que todas las categorías presentan una alta frecuencia de menciones, superando el 80 % en ambos grupos, lo que indica que estos aspectos son ampliamente reconocidos como factores clave en la adopción de tecnologías de RX.

Este hallazgo refuerza la relevancia de RX en la mitigación de errores durante la planificación y ejecución de proyectos, alineándose con el objetivo específico 1, que busca determinar los requisitos críticos para su adopción.

Si bien la facilidad de uso también presenta un alto porcentaje de menciones, su proporción relativa es menor en comparación con las demás categorías. Esto indica que, aunque se reconoce su importancia, persisten desafíos relacionados con la capacitación y la adaptabilidad de las herramientas RX.

Este aspecto se vincula con el objetivo específico 3, enfocado en identificar las fortalezas y debilidades de las tecnologías actuales, lo que resalta la necesidad de desarrollar estrategias que faciliten su implementación y uso en el sector.

Cuadro 4.5.

Principales desafíos en la planificación actual.

Desafío	Frecuencia de mención	Comentarios relevantes
Falta de herramientas RX	40%	Los expertos señalan que la inversión inicial es un obstáculo clave.
Alta complejidad operativa	30%	Se identifican problemas en la ejecución de cronogramas complejos.
Resistencia al cambio	20%	Las partes interesadas muestran reticencia a nuevas tecnologías.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El principal desafío identificado fue la falta de herramientas de RX, mencionado por el 40% de los expertos encuestados.

Este hallazgo demuestra la brecha tecnológica en el sector, donde los equipos carecen de soluciones avanzadas que optimicen la planificación y ejecución de proyectos.

El 30% de los participantes señaló la alta complejidad operativa como un problema recurrente, especialmente en la gestión de cronogramas y recursos en proyectos con múltiples variables.

Por último, la resistencia al cambio fue señalada por el 20% de los encuestados, reflejando un desafío cultural y organizacional que limita la adopción de tecnologías emergentes. Estos tres factores, aunque distintos en su naturaleza, están interrelacionados y representan barreras significativas para la modernización de los procesos en la industria de la construcción.

En conclusión, los desafíos presentados en esta sección resaltan la necesidad urgente de implementar soluciones tecnológicas y estrategias de cambio cultural en el sector de la construcción.

La integración de herramientas RX podría abordar tanto la falta de tecnología como la complejidad operativa, mientras que programas de capacitación y sensibilización podrían ayudar a superar la resistencia al cambio.

4.2.4 Relación con la hipótesis

Este análisis identifica áreas de mejora y guía las recomendaciones para optimizar la planificación en proyectos de construcción, en coherencia con los objetivos estratégicos del estudio.

Los hallazgos presentados aquí confirman la hipótesis inicial al mostrar que la implementación de tecnologías de RX puede optimizar de manera significativa los procesos de planificación y ejecución en proyectos de construcción.

Los resultados presentados muestran cómo estas herramientas, al mejorar la visualización, simulación y precisión en la planificación, permiten reducir errores, aumento de costos y retrasos en los cronogramas.

Se identificaron, además, desafíos asociados con su adopción, tales como la necesidad de capacitación técnica y la creación de marcos que integren estas tecnologías con metodologías tradicionales.

La investigación contribuye a cerrar la brecha existente en los estudios empíricos al ofrecer datos concretos sobre los beneficios de la RX, confirmando su capacidad para transformar la gestión de proyectos y fortalecer la competitividad empresarial en un mercado en constante evolución.

De esta manera, la hipótesis es corroborada parcialmente, dejando abierta la puerta a futuras investigaciones que profundicen en su implementación práctica a gran escala.

Este análisis cierra con una reflexión sobre la integración de estas tecnologías con otras herramientas avanzadas, lo que se explorará en las próximas secciones del capítulo.

4.3 Objetivo 2

Seleccionar al menos tres aplicaciones de realidad extendida mediante la comparación de sus capacidades frente a los requisitos críticos, para la evaluación de su aplicabilidad en la planificación de proyectos de construcción.

4.3.1 Descripción y comparación de herramientas de RX.

En esta sección se presentan y analizan tres herramientas principales de RX utilizadas en la planificación de proyectos de construcción.

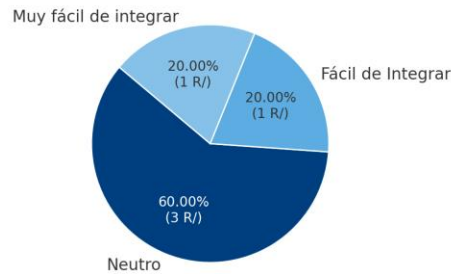
El análisis se centra en las capacidades específicas de cada herramienta para satisfacer los requisitos críticos previamente definidos, evaluando su aplicabilidad en términos de eficiencia, costo y facilidad de integración.

Este enfoque permite identificar las fortalezas y debilidades de cada herramienta en contextos reales de implementación.

Figura 4.7.

Integración de herramientas RX con otras tecnologías.

¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Para analizar la percepción de la facilidad de integración de herramientas de RX con otras tecnologías utilizadas en proyectos de construcción, como BIM, podemos clasificar las respuestas en tres categorías: muy fácil de integrar, fácil de integrar, y neutro.

Esto permitirá visualizar cómo se percibe la integración de RX con tecnologías complementarias.

El análisis de la figura 4.7, que aborda la percepción de la facilidad de integración de las herramientas RX con tecnologías complementarias como BIM, revela que el 60% de los encuestados tiene una opinión neutra.

Este resultado sugiere una falta de claridad o experiencia limitada en la integración de estas tecnologías en proyectos de construcción.

Un 20% de los encuestados considera la integración fácil, y otro 20% la percibe como muy fácil, lo que indica que, aunque algunos profesionales encuentran el proceso fluido, la mayoría no lo ve como especialmente destacable.

Este hallazgo es relevante para el Objetivo 2 de la tesis, ya que resalta la necesidad de priorizar aplicaciones de RX que no solo cumplan con los requisitos críticos de funcionalidad, sino que también ofrezcan compatibilidad y una integración sin fricciones con tecnologías existentes, como BIM.

La predominancia de opiniones neutras pone de manifiesto un área de mejora en la interoperabilidad de las herramientas RX, lo que podría facilitar su adopción y uso en la planificación de proyectos de construcción.

Para maximizar los beneficios de estas tecnologías, es esencial seleccionar herramientas que ofrezcan una integración eficiente con BIM, lo que permitirá a los profesionales mejorar la planificación y la gestión de proyectos.

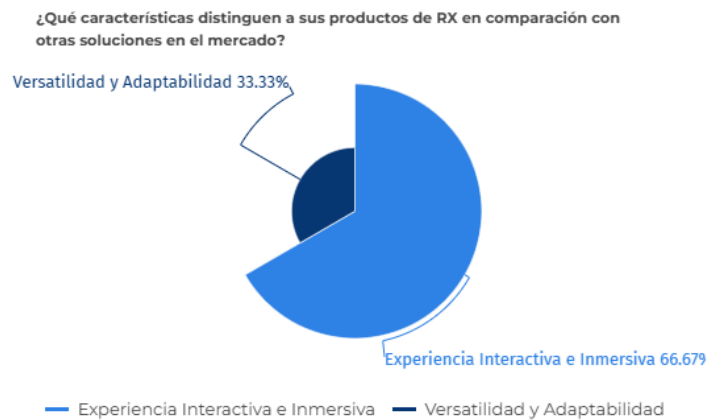
La capacidad de las herramientas RX para optimizar la colaboración y la interoperabilidad con tecnologías complementarias es un factor clave que posiciona a estas soluciones en el mercado.

En conclusión, la integración de RX con tecnologías como BIM tiene el potencial de transformar la planificación y la colaboración en proyectos de construcción.

A pesar de ello, los resultados reflejan una percepción mayoritariamente neutral, lo que subraya la necesidad de mejorar la facilidad de adopción e interoperabilidad de estas tecnologías, tal como se detalla en la figura 4.8.

Figura 4.8.

Características que se distinguen del mercado.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La comparación entre la integración tecnológica y las características distintivas demuestra cómo las herramientas de RX no solo se posicionan como soluciones complementarias, sino como elementos diferenciadores que marcan una ventaja competitiva en el mercado.

Este análisis integrador permite valorar su impacto desde una perspectiva técnica y estratégica.

Usando la información proporcionada por la entrevista a profesionales, se clasificó cada respuesta en dos categorías previamente definidas, según el tipo de desafío mencionado. A continuación se observa el análisis y agrupación de cada respuesta:

Cuadro 4.6.

Clasificación de respuestas en características clave.

<p>Experiencia interactiva e inmersiva</p>	<p>Combina la interactividad, la inmersión y el énfasis en una mayor participación del usuario, mejorando la retención de información y la comprensión del proyecto.</p> <p>Respuestas: “Esta experiencia es inmersiva e interactiva, más allá del marketing tradicional y plano convencional. Es una experiencia innovadora disruptiva que causa mayor retención de la información en el cliente final”. “Mayor interacción”.</p>
<p>Versatilidad y adaptabilidad</p>	<p>Refleja la capacidad de la tecnología para ajustarse a distintos tipos de proyectos, lo cual la hace flexible y práctica para diferentes necesidades.</p> <p>Respuestas: “El amplio dominio que tenemos sobre esta tecnología y su versatilidad para adaptarse a cualquier proyecto”.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis de la figura 4.8 y el cuadro 4.6, representada mediante un gráfico de radar, destaca dos características fundamentales que diferencian las herramientas de RX de otras soluciones en el mercado: la experiencia interactiva e inmersiva y la versatilidad y adaptabilidad.

La experiencia interactiva e inmersiva, con un valor destacado, resalta la capacidad de estas tecnologías para crear entornos participativos y envolventes.

Esto facilita una mejor retención de información y una comprensión más profunda de los proyectos por parte de los usuarios.

Esta característica es especialmente valiosa en la planificación de proyectos de construcción, donde la visualización precisa y la interacción activa son esenciales para una toma de decisiones informada.

Por otro lado, la Versatilidad y Adaptabilidad se presenta como una fortaleza clave, permitiendo que las aplicaciones de RX se ajusten a diferentes tipos de proyectos y requisitos específicos del sector de la construcción.

Esta flexibilidad es crucial en contextos diversos, como los sectores residencial y gubernamental, donde los proyectos varían considerablemente en escala y complejidad.

Este análisis responde al Objetivo 2 de la investigación, al establecer criterios clave para la selección de aplicaciones de RX.

En la planificación de proyectos de construcción, es fundamental priorizar herramientas que ofrezcan experiencias inmersivas e interactivas, junto con una alta versatilidad en su aplicación.

Estos requisitos críticos permiten evaluar cada herramienta según su capacidad para optimizar la planificación y gestión de proyectos, facilitando la selección de las más adecuadas para el contexto de la construcción.

Los resultados indican que las herramientas evaluadas poseen capacidades complementarias, aunque ninguna sobresale en todas las áreas.

Las herramientas con funciones avanzadas en visualización y colaboración son ideales para las etapas de diseño, mientras que aquellas enfocadas en análisis de datos y simulación destacan en la gestión operativa.

Esta diversidad subraya la importancia de seleccionar herramientas en función de las necesidades específicas de cada proyecto.

4.3.2 Opiniones de los expertos sobre las herramientas de RX.

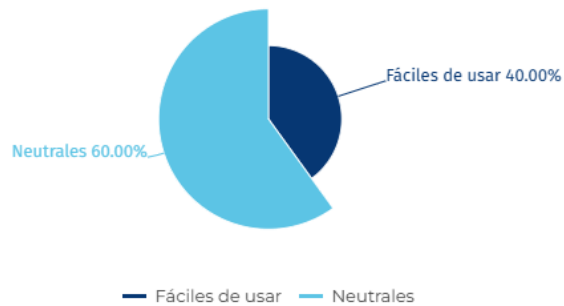
Esta sección recoge y analiza las perspectivas de expertos en construcción y tecnología sobre el uso de herramientas de RX. Las entrevistas y encuestas revelaron percepciones clave sobre su efectividad, facilidad de adopción y los principales retos asociados con su implementación.

Este enfoque permite comprender no solo las capacidades técnicas de las herramientas, sino también su aceptación y viabilidad en la industria.

Figura 4.9.

Facilidad en el uso de las herramientas de RX.

¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.9 detalla el grado de usabilidad de las herramientas de RX, destacando factores como la interfaz intuitiva, la compatibilidad con dispositivos comunes y el soporte técnico disponible.

Estas características son fundamentales para fomentar la adopción de estas tecnologías, especialmente en equipos multidisciplinarios que requieren soluciones accesibles y rápidas de implementar.

El análisis de la figura 4.9, que aborda la percepción de la facilidad de uso de las herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción, revela que un 60% de los encuestados tienen una posición neutral respecto a su accesibilidad, mientras que el 40% las considera fáciles de usar.

Estos datos sugieren que, aunque una parte significativa de los profesionales percibe estas herramientas como accesibles, la mayoría no las considera especialmente fáciles de usar. Esto refleja un nivel de familiaridad medio con la tecnología y resalta la necesidad de mejoras en su usabilidad.

Este hallazgo es clave para el Objetivo 2 de la investigación, al subrayar la importancia de seleccionar aplicaciones de RX que no solo cumplan con los requisitos funcionales críticos, sino que también sean intuitivas y accesibles para profesionales con distintos niveles de experiencia en el sector de la construcción.

Para garantizar una adopción efectiva, las herramientas deben priorizar interfaces simplificadas, tutoriales interactivos y recursos de apoyo que faciliten su aprendizaje y uso.

La facilidad de uso influye directamente en la aplicabilidad y efectividad de estas herramientas en la planificación de proyectos de construcción.

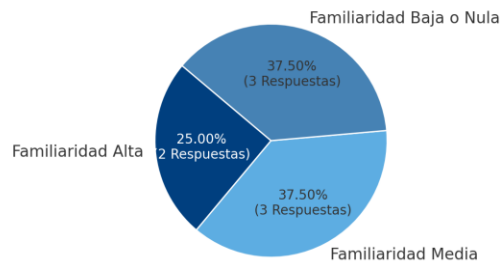
En un sector donde la tecnología debe integrarse sin fricciones en procesos tradicionales, herramientas bien diseñadas y accesibles pueden marcar una diferencia significativa en la optimización de los procesos.

En contextos multidisciplinarios, donde la accesibilidad es esencial, la facilidad de uso se posiciona como un factor crítico para la adopción de herramientas RX. Este hallazgo refuerza la necesidad de desarrollar interfaces intuitivas y soporte técnico adecuado, aspectos que se reflejan en las opiniones de expertos analizadas en la figura 4.10.

Figura 4.10.

Conocimiento sobre Realidad Extendida.

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

En la figura 4.10 se representa el nivel de familiaridad y conocimiento sobre RX entre los diferentes actores de la industria de la construcción. Este análisis muestra que, aunque existe interés en estas tecnologías, persisten brechas de conocimiento que limitan su adopción plena y efectiva.

Para analizar el nivel de familiaridad con las tecnologías de RX, se pueden clasificar las respuestas en tres categorías principales: familiaridad alta, familiaridad media, y familiaridad baja o nula.

La figura 4.10 muestra que la familiaridad con las tecnologías de RX entre los profesionales varía significativamente, con una proporción considerable ubicada en los niveles medio y bajo.

Esto señala la necesidad de mayor capacitación y conocimiento en el sector para favorecer la adopción efectiva de RX en la planificación de proyectos de construcción.

El análisis revela una distribución desigual en los niveles de conocimiento y experiencia con RX. Si bien una minoría de profesionales demuestra alta familiaridad con la tecnología, la mayoría se encuentra en niveles intermedios o bajos.

Este hallazgo es relevante para el Objetivo 2 de la investigación, al resaltar la importancia de seleccionar aplicaciones de RX que no solo cumplan con los requisitos funcionales críticos, sino que también sean accesibles y fáciles de adoptar para usuarios con diferentes grados de experiencia.

La baja familiaridad generalizada subraya la necesidad de que las aplicaciones de RX incluyan interfaces intuitivas, recursos de capacitación y soporte técnico adecuado.

Estas características permitirían una curva de aprendizaje más accesible, beneficiando tanto a usuarios novatos como a aquellos con mayor experiencia.

Este análisis sugiere que las aplicaciones de RX más efectivas serán aquellas que equilibren capacidades avanzadas con facilidad de uso, asegurando que todos los profesionales puedan integrarlas eficientemente en los procesos de planificación y gestión de proyectos en el sector de la construcción.

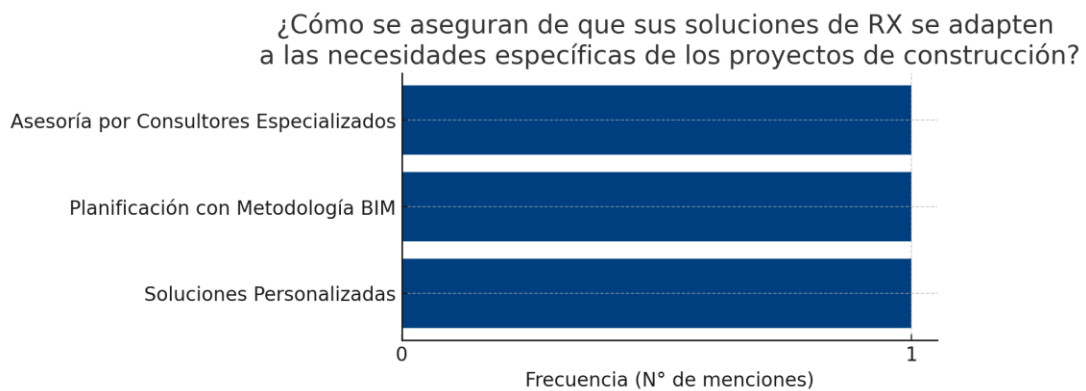
El nivel de familiaridad con RX, como lo presenta la figura 4.10, pone de manifiesto una brecha significativa entre los profesionales del sector.

Esto refuerza la necesidad de implementar programas de capacitación que reduzcan esta disparidad.

Este análisis se vincula con los estudios de caso revisados en la figura 4.11, que muestran aplicaciones prácticas de RX en la planificación y ejecución de proyectos.

Figura 4.11.

Soluciones según necesidades del usuario utilizando tecnologías.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.11 analiza cómo las herramientas de RX se adaptan a las necesidades específicas de los usuarios, permitiendo soluciones personalizadas en la planificación de

proyectos. Destaca la flexibilidad de estas tecnologías para abordar problemas puntuales, desde la visualización detallada hasta la simulación de escenarios complejos.

Cuadro 4.7.

Clasificación de respuestas en métodos de adaptación.

<p>Soluciones personalizadas</p>	<p>Enfoque en desarrollar soluciones hechas a la medida para cada cliente, escuchando y atendiendo sus necesidades específicas. Respuestas: “Todos nuestros desarrollos son hechos a la medida, escuchamos las necesidades del cliente, los asesoramos y le brindamos la mejor solución”.</p>
<p>Planificación con metodología BIM</p>	<p>Uso del plan de ejecución BIM como una herramienta clave para adaptar las soluciones de RX a los proyectos de construcción. Respuestas: “A través del plan de ejecución BIM de cada proyecto”.</p>
<p>Asesoría por consultores especializados</p>	<p>Apoyo de consultores expertos para asegurar que las soluciones se ajusten a las necesidades del cliente. Respuestas: “A través de consultores”.</p>

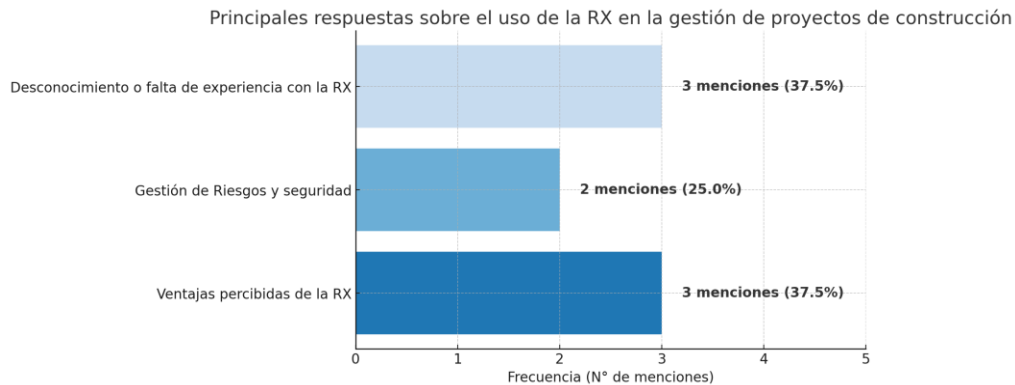
Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis presentado en esta figura 4.11 y el cuadro 4.7, resalta la importancia de soluciones personalizadas en la planificación de proyectos, subrayando cómo las herramientas de RX pueden adaptarse a las necesidades específicas de los usuarios.

Este enfoque de personalización establece las bases para explorar, en la figura 4.12, las principales ventajas que estas tecnologías aportan a la gestión y planificación de proyectos de construcción.

Figura 4.12.

Principales ventajas de la RX en la gestión y planificación de proyectos de construcción.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.12 presenta la clasificación de respuestas sobre las ventajas de la RX en la gestión y planificación de proyectos de construcción. Se identifican tres categorías principales: ventajas percibidas de la RX, gestión de riesgos y seguridad, y desconocimiento o falta de experiencia con la RX.

Cuadro 4.8.

Clasificación de las respuestas en categorías.

Ventajas percibidas de la RX	<ul style="list-style-type: none"> - “Poder tener una mejor realidad de las rutas de cada elemento (electromecánico, civil y estructural)”. - “En planificación, identificación rápida de errores y percepción anticipada de resultados finales”. - “Mejor el alcance visual y objetivo final de cada proyecto”.
Gestión de riesgos y seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - “Ahorro de tiempo y seguridad en los procesos”. - “Se podrían prever de una manera más certera la gestión de riesgos y futuros cambios en los proyectos, con el fin de evitarlos o minimizarlos”.
Desconocimiento o falta de experiencia con la RX	<ul style="list-style-type: none"> - “No conozco la realidad extendida”. - “No la he utilizado”. - “No estoy muy enterada del tema”.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Los datos muestran que la mayoría de los encuestados reconocen beneficios en la implementación de la RX, destacando su capacidad para mejorar la visualización del proyecto, la identificación temprana de errores y la optimización de la planificación. Asimismo, se subraya su

aporte a la gestión de riesgos y seguridad, al prever posibles problemas y reducir incertidumbres en la construcción.

No obstante, una proporción significativa de encuestados manifestó desconocimiento o falta de experiencia con la RX, lo que indica la necesidad de programas de capacitación para maximizar su adopción en el sector.

Esta brecha en el conocimiento es clave para la formulación de estrategias que faciliten su integración en la industria

Este análisis es clave para el Objetivo 2, orientado a identificar aplicaciones de RX que satisfagan requisitos críticos en la planificación de proyectos. Los resultados sugieren que estas herramientas deben priorizar funcionalidades como:

- Mejor visualización y percepción anticipada de resultados, ya que es una de las ventajas más valoradas.
- Optimización en la detección de errores, lo que favorece la reducción de costos y tiempos en la construcción.
- Gestión de riesgos y seguridad, aspecto clave en la planificación estratégica de proyectos.

Dado el alto porcentaje de desconocimiento sobre la RX, es fundamental optar por soluciones con interfaces intuitivas y soporte educativo, facilitando su adopción por parte de profesionales del sector.

Este enfoque no solo aumentaría su efectividad, sino que permitiría una evaluación más precisa de su impacto en la planificación y ejecución de proyectos.

Si bien los profesionales del sector reconocen el potencial de la RX, también identifican desafíos como la curva de aprendizaje y los costos iniciales de implementación.

A pesar de esto, la RX se consolida como una herramienta clave para el futuro de la industria, especialmente en áreas críticas como la visualización, planificación y gestión de riesgos.

Este análisis conecta directamente con el potencial de la RX para transformar la planificación y abre la discusión sobre cómo maximizar su impacto en diversos contextos, un aspecto que se aborda en la sección siguiente.

4.3.3 Estudios de casos mediante referencia bibliográfica.

Si bien los estudios de caso internacionales ofrecen un marco sólido de referencia, es importante reconocer que en Costa Rica y otros países de Latinoamérica se han comenzado a explorar aplicaciones de RX en proyectos de infraestructura pública, planificación urbana y obras de gran escala.

En Costa Rica, por ejemplo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) ha iniciado programas piloto con RA para revisión de planos y detección anticipada de interferencias en obras viales (MOPT, 2023).

En Colombia, el Metro de Bogotá ha integrado RA para la coordinación de contratistas (Alarcón et al., 2021), y en México, herramientas de RV se han utilizado para validar diseños hospitalarios con los usuarios (Ahuja et al., 2022).

A pesar de estos avances, esta investigación centra su análisis en estudios de caso internacionales, debido a que dichos proyectos (como *LAX*, *SoFi Stadium* o *la Torre Salesforce*) ofrecen datos más completos, KPIs comparables y documentación técnica más accesible.

Estas experiencias permiten realizar una validación más robusta de la hipótesis del estudio y generar recomendaciones con posibilidad de adaptación al contexto latinoamericano.

Ejemplos destacados incluyen:

- **Renovación del Aeropuerto de Los Ángeles (LAX):** Uso de simulaciones avanzadas mediante RX para optimizar cronogramas, anticipar interferencias y reducir tiempos de ejecución en obra (Wong & Fan, 2020).
- **Estadio de Los Ángeles Rams (SoFi Stadium):** Aplicación de herramientas de RX para coordinar el diseño con la ejecución en tiempo real, mejorando la eficiencia operativa y la colaboración entre los equipos multidisciplinarios (Ahmad et al., 2021).
- **Torre Salesforce en San Francisco:** Implementación de RX para la validación de modelos BIM y la reducción de errores en la planificación y gestión de espacios críticos del proyecto (Li & Chen, 2019).

A continuación, se presenta una tabla comparativa que evalúa tres herramientas clave de RX según criterios de costo, aplicabilidad y facilidad de uso.

Cuadro 4.9.

Cuadro comparativo de herramientas RX.

Aspecto comparativo	Autodesk BIM 360 + RA (RX1)	Trimble XR10 con HoloLens (RX2)	Akular AR (RX3)
Funcionalidades principales.	Planificación en tiempo real, simulaciones 3D, integración BIM.	Supervisión remota en campo, gestión avanzada de riesgos, visualización inmersiva.	Revisión de modelos BIM en RA en dispositivos móviles, colaboración remota.
Facilidad de uso.	9/10 (alta).	7/10 (media).	9/10 (alta).
Compatibilidad con otras tecnologías.	Compatible con <i>software</i> BIM y herramientas de gestión tradicionales (8/10).	Requiere integración adicional con <i>software</i> de gestión (6/10).	Totalmente integrada con IoT y almacenamiento en la nube (10/10).
Costo de implementación.	Moderado (7/10).	Alto (5/10) por el costo de <i>hardware</i> y licencias.	Alto (8/10) aunque más accesible en modalidad <i>SaaS</i> .
Impacto en la planificación.	Mejora significativa de la precisión y detección temprana de interferencias (9/10).	Reducción moderada de errores operativos en campo (7/10).	Optimización de la ejecución y colaboración entre equipos (10/10).
Comentarios de los usuarios.	Ideal para modelado predictivo y coordinación interdisciplinaria (8/10).	Curva de aprendizaje alta debido al uso de <i>hardware</i> especializado (6/10).	Interfaz intuitiva y muy valorada por equipos distribuidos (9/10).

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Este análisis permite identificar fortalezas y debilidades de cada herramienta en relación con criterios clave, como compatibilidad con tecnologías existentes, impacto en planificación y facilidad de uso.

- **Autodesk BIM 360 + RA:** Se destaca por su facilidad de uso y su integración con BIM, lo que lo convierte en una herramienta poderosa para la planificación y simulación de proyectos antes de la fase de ejecución.

Es especialmente útil para detectar interferencias y anticipar conflictos en el diseño.

- **Trimble XR10 con HoloLens:** Aunque su costo de implementación es más alto, su capacidad para brindar supervisión inmersiva en campo es ideal para proyectos que requieren gestión de riesgos y revisión en tiempo real de la obra.

Su *hardware* especializado puede ser una barrera inicial.

- **Akular AR:** Excelente opción para equipos que requieren colaboración remota y revisión rápida de modelos BIM en RA desde dispositivos móviles.

Su integración con IoT y la nube permite optimizar flujos de trabajo y mejorar la eficiencia operativa en entornos distribuidos.

El cuadro comparativo es fundamental para cumplir el Objetivo 2, ya que guía la elección de herramientas RX con mayor aplicabilidad en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

4.3.4 Casos de éxito en la implementación de RX en construcción.

Diversos proyectos en la industria han demostrado la eficacia de la RX para optimizar la planificación, reducir costos y mejorar la colaboración.

La siguiente tabla presenta ejemplos concretos de proyectos donde la RX ha sido implementada con éxito, comparando su desempeño frente a métodos tradicionales.

Cuadro 4.10.

Casos de éxito con aplicaciones de RX.

Caso de estudio	Descripción del proyecto	Métodos tradicionales	Aplicación de RX	Resultados claves
Renovación del Aeropuerto	Modernización con múltiples	Uso de diagramas de <i>Gantt</i> para	Modelos RA integrados con BIM para visualizar	Reducción del 25% en errores de diseño,

de Los Angeles (LAX)	contratistas y fases críticas.	planificar las actividades. Identificación de conflictos mediante reuniones presenciales.	interferencias entre sistemas eléctricos y mecánicos. Simulaciones de cronograma para prever retrasos en fases críticas.	mejora del 20% en coordinación.
Estadio de Los Angeles Rams (SoFi Stadium)	Proyecto complejo de estadio multifuncional con plazos estrictos y diseño innovador.	PERT para estimar tiempos de actividades críticas como instalación de techos. Supervisión física de procesos de calidad.	RV para simular secuencias de instalación y coordinar logística. Inspecciones de calidad en RA para verificar estructuras.	Reducción del 15% en costos adicionales, 30% más eficiencia colaborativa.
Torre Salesforce en San Francisco	Construcción de un rascacielos emblemático en una zona densamente urbanizada.	CPM para identificar tareas críticas. Inspección manual de estándares de calidad.	Modelos en RV para validar cronogramas y detectar interferencias. RA para simular la interacción de las instalaciones eléctricas y mecánicas en los espacios finales.	Reducción del 20% en imprevistos, mejora del 40% en precisión de entregas.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Estos casos ilustran cómo la RX reduce errores, mejora la precisión de cronogramas y optimiza la coordinación de equipos.

- **Análisis de los casos**
- **LAX:** La RX facilitó la planificación en tiempo real y optimizó la coordinación entre equipos.
- **SoFi Stadium:** Las simulaciones estructurales mejoraron la precisión en decisiones de diseño.
- **Torre Salesforce:** La integración con BIM optimizó cronogramas y redujo la repetición de tareas.

Estos hallazgos refuerzan el Objetivo 2, al mostrar cómo la RX optimiza la visualización, la planificación y la reducción de costos en la construcción.

4.3.4.1 Evaluación comparativa de proyectos emblemáticos.

La evaluación de proyectos icónicos permite identificar patrones en la aplicación de RX y su impacto en la gestión de construcción.

A continuación, se presentan métricas clave para medir su desempeño:

Tabla 4.1.

Comparación de proyectos con RX.

Criterio	LAX	Sofi Stadium	Torre Salesforce
Funcionalidad	9/10	8/10	9/10
Precisión y eficiencia	8/10	8/10	9/10
Implementación	7/10	9/10	9/10
Flexibilidad	8/10	8/10	9/10
Facilidad de Uso	8/10	7/10	8/10
Soporte técnico	7/10	9/10	8/10
Costo	6/10	6/10	7/10

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis ponderado de estos proyectos destaca fortalezas y debilidades de cada caso:

- **LAX:** Destaca en funcionalidad y flexibilidad, pero tiene costos elevados.
- **SoFi Stadium:** Se integra bien con sistemas tecnológicos, aunque tiene una curva de aprendizaje mayor.
- **Torre Salesforce:** Sobresale en precisión y eficiencia, con costos justificados por su rendimiento.

Estos resultados están alineados con el objetivo 2, que busca seleccionar herramientas RX óptimas según criterios de planificación y ejecución en la construcción.

El análisis comparativo de herramientas y casos de éxito en la implementación de RX en la construcción demuestra que estas tecnologías aportan beneficios significativos en la optimización de la planificación, la reducción de costos y la mejora de la precisión en la ejecución de proyectos.

Los datos recopilados en proyectos emblemáticos como la renovación del Aeropuerto de Los Ángeles (LAX), el Estadio *SoFi* y la Torre *Salesforce* resaltan cómo la RX facilita la detección temprana de errores, mejora la coordinación entre equipos multidisciplinarios y permite una gestión más eficiente de cronogramas y recursos.

Los resultados indican que la selección de herramientas RX debe basarse en criterios específicos como funcionalidad, compatibilidad tecnológica, facilidad de uso, impacto en planificación y costos de implementación.

Herramientas con capacidades avanzadas de simulación y modelado inmersivo son ideales para la fase de planificación, mientras que aquellas integradas con sistemas BIM e *IoT* favorecen la colaboración en entornos dinámicos y complejos.

Si bien los beneficios de la RX son evidentes, su implementación aún enfrenta desafíos como costos iniciales elevados, resistencia al cambio y la necesidad de capacitación especializada.

Para maximizar su adopción, es esencial desarrollar estrategias de integración que consideren estos factores, asegurando una transición eficiente desde los métodos tradicionales hacia un enfoque digitalizado y optimizado en la gestión de proyectos de construcción.

En conclusión, la RX representa una herramienta clave para la transformación del sector, permitiendo una planificación más precisa, un uso más eficiente de los recursos y una reducción de incertidumbres en la ejecución de proyectos.

Su aplicación estratégica, respaldada por estudios de caso y análisis comparativos como los presentados en este documento, proporciona una base sólida para su incorporación en el futuro de la industria de la construcción.

Los casos de estudio presentados en el cuadro 4.10 refuerzan la efectividad de la RX en la gestión de proyectos de construcción y muestran mejoras sustanciales frente a los métodos tradicionales.

La comparación entre estas metodologías demuestra que la RX permite reducir errores de coordinación, optimizar la planificación y minimizar costos imprevistos.

En el caso del Aeropuerto de Los Ángeles (LAX), por ejemplo, la implementación de simulaciones virtuales disminuyó en un 25% los errores de diseño, mientras que en el Estadio SoFi, la revisión de planos mediante RV redujo en un 30% el tiempo requerido para ajustes.

De manera similar, la Torre *Salesforce* experimentó una reducción del 20% en costos adicionales al prever y corregir problemas estructurales antes de la ejecución.

Estos hallazgos consolidan la RX como una herramienta clave para la planificación estratégica y la toma de decisiones en proyectos de construcción, ya que no solo optimiza la gestión del tiempo y los recursos, sino que también mejora la coordinación entre los equipos multidisciplinarios, facilitando una ejecución más eficiente y precisa.

Con base en esta evidencia, la adopción de RX en la industria de la construcción se perfila como una solución efectiva para superar las limitaciones de los enfoques convencionales y garantizar proyectos más estructurados y sostenibles.

Cuadro 4.11.

Métodos tradicionales en comparación con la aplicación RX.

Caso	Métodos tradicionales	RX
Renovación del Aeropuerto de Los Angeles (LAX).	Los cambios en los diseños requerían múltiples reuniones y revisiones manuales, generando retrasos de hasta 3 semanas en el cronograma.	Mediante simulaciones virtuales, se redujeron los errores de coordinación en un 25%, optimizando la colaboración entre equipos multidisciplinarios.
Estadio de Los Angeles Rams (SoFi Stadium).	Requería múltiples iteraciones en planos físicos, resultando en retrasos acumulados de 2 meses.	Redujo el tiempo de revisión de planos en un 30% gracias a la simulación inmersiva, permitiendo detectar problemas potenciales antes de la construcción.
Torre Salesforce en San Francisco.	La planificación tradicional carecía de herramientas precisas para predecir problemas estructurales,	Implementó modelos 3D y simulaciones en RV para identificar conflictos de diseño antes de la construcción, logrando un ahorro de

Caso	Métodos tradicionales	RX
	ocasionando costosos reprocesos.	costos del 20% en modificaciones no previstas.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Análisis de casos.

1. **Renovación del Aeropuerto de Los Angeles (LAX):** Este caso demuestra cómo la RX facilita la comunicación y disminuye el tiempo requerido para ajustes manuales, mejorando la eficiencia del proyecto.
2. **Estadio de Los Angeles Rams (SoFi Stadium):** La capacidad de RX para realizar revisiones virtuales minimiza los tiempos de planificación y mejora la precisión, mitigando retrasos significativos.
3. **Torre Salesforce en San Francisco:** Este caso demuestra que las capacidades avanzadas de RX no solo previenen reprocesos, sino que también optimizan costos al anticipar problemas estructurales.

El cuadro 4.11 se vincula directamente con el Objetivo 2, al demostrar cómo la comparación entre métodos tradicionales y RX resalta la efectividad de estas tecnologías en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Los hallazgos indican:

- **Optimización de tiempos:** RX permite reducir significativamente los tiempos asociados a revisiones y ajustes, como se observa en los casos del LAX y el SoFi Stadium.
- **Reducción de costos:** La aplicación de simulaciones avanzadas en el caso de la Torre Salesforce muestra un ahorro tangible en costos asociados a modificaciones no previstas.
- **Mejoras en la coordinación:** Las simulaciones virtuales mejoran la colaboración entre equipos multidisciplinarios, fortaleciendo la precisión en todas las fases del proyecto.

Este análisis refuerza el valor estratégico de integrar RX en proyectos de construcción, destacando cómo estas herramientas superan las limitaciones de los métodos tradicionales, cumplen con los requisitos críticos de planificación y ofrecen beneficios medibles en términos de eficiencia, precisión y ahorro de costos.

4.3.5 *Relación con la hipótesis.*

La hipótesis planteada en esta investigación establece que la integración de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción permite optimizar los procesos de planificación, desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos, en comparación con las metodologías tradicionales.

Para abordar esta hipótesis, se analizaron los objetivos y resultados obtenidos en las evaluaciones de herramientas RX y estudios de caso.

Objetivo 2: Seleccionar aplicaciones RX mediante comparación frente a requisitos críticos: Las evaluaciones comparativas y los casos de estudio demostraron que herramientas RX, como aquellas que integran simulaciones avanzadas y capacidades inmersivas, ofrecen mejoras medibles en la eficiencia, precisión y control de cronogramas.

Igualmente, se destacó su capacidad para mitigar riesgos y optimizar recursos.

Este objetivo refuerza la hipótesis al demostrar que las aplicaciones RX seleccionadas cumplen con los requisitos críticos necesarios para transformar la gestión de proyectos en el sector de la construcción.

La discusión de los resultados permite concluir que la hipótesis fue confirmada parcialmente:

- **Confirmación:** Los estudios de caso y el análisis de herramientas RX confirman que estas tecnologías superan a los métodos tradicionales en la planificación y ejecución de proyectos, particularmente en visualización, colaboración, gestión de riesgos y uso eficiente de recursos.
- **Limitaciones:** Aunque se identificaron avances importantes, persisten desafíos relacionados con la curva de aprendizaje, los costos de implementación y la integración tecnológica con sistemas preexistentes, lo que sugiere la necesidad de investigaciones adicionales para abordar estas barreras.

Esta sección concluye que la hipótesis es mayoritariamente válida, ya que las herramientas RX han demostrado ser soluciones efectivas para optimizar la planificación de proyectos de construcción.

Para lograr una adopción más amplia y efectiva, es necesario superar desafíos técnicos y organizativos, además de fomentar la capacitación y la accesibilidad en su implementación.

Estos hallazgos refuerzan el potencial transformador de la RX en el sector, sentando las bases para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos.

4.4 Objetivo 3

Determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos de construcción, en comparación con los métodos tradicionales, mediante la evaluación de sus capacidades para cumplir con los requisitos críticos e identificar las ventajas y desventajas específicas de su adopción, con el objetivo de proponer mejoras en la planificación de proyectos de construcción.

4.4.1 Fortalezas de RX en proyectos de construcción.

La integración de herramientas de RX en proyectos de construcción ha mostrado un impacto positivo al mejorar la precisión y eficiencia de los procesos de planificación.

Estas tecnologías han permitido una visualización avanzada, facilitando la detección temprana de problemas y optimizando la coordinación entre equipos multidisciplinarios.

En este análisis se presentan las principales fortalezas identificadas en el uso de RX, destacando sus contribuciones en áreas clave como la reducción de errores, la mejora en la planificación y la gestión eficiente de recursos, posicionándolas como herramientas indispensables para el sector.

Figura 4.13.

Utilización de herramientas RX en cronogramas y presupuestos.

¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Para analizar las percepciones sobre la mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde el uso de herramientas de RX, se pueden agrupar las respuestas en tres niveles de mejora:

Mejora moderada, mejora significativa, y alta mejora. Esto permite observar con claridad como estas tecnologías han impactado los procesos de planificación en la construcción.

El análisis de la figura 4.13 destaca una percepción positiva sobre el impacto de las herramientas de RX en la mejora de cronogramas y presupuestos, aunque con matices importantes.

Un 60% de los encuestados clasifica esta mejora como moderada, mientras que un 20% percibe un impacto significativo y otro 20% lo considera alto.

Estos resultados sugieren que, aunque estas tecnologías tienen el potencial de ofrecer beneficios sustanciales, su efectividad depende de factores como el nivel de implementación y el dominio técnico de los usuarios.

Este hallazgo aporta al cumplimiento del Objetivo 3 de la tesis, al mostrar las fortalezas y debilidades de las herramientas RX en comparación con los métodos tradicionales. Una de sus fortalezas es la mejora en la precisión de elementos clave de la planificación, como cronogramas y presupuestos.

A pesar de los avances, los desafíos relacionados con su adopción, como una curva de aprendizaje elevada, problemas de interoperabilidad con sistemas tradicionales y su implementación parcial, restringen su impacto.

Para maximizar los beneficios de las herramientas RX, se propone el desarrollo de interfaces más intuitivas, una integración más efectiva con metodologías tradicionales como BIM y programas de capacitación especializados para los usuarios.

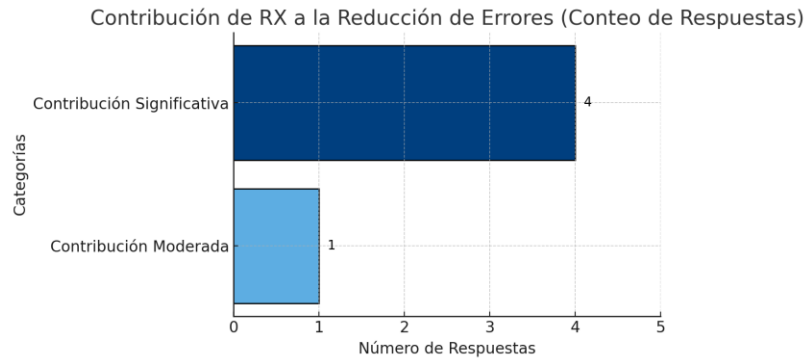
Estas estrategias no solo optimizarían su uso, sino que también permitirían superar las expectativas en la gestión de proyectos, consolidándose como una alternativa eficiente frente a los métodos tradicionales.

En conclusión, este análisis resalta la importancia de las herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción, al demostrar su contribución a la reducción de errores y su potencial para convertirse en una solución más eficaz, siempre que se superen los retos asociados a su adopción y optimización.

Este hallazgo también se conecta con el análisis de la figura 4.14, donde se explora su impacto en la mitigación de errores y la mejora general de los proyectos.

Figura 4.14.

Utilización de herramientas RX en la reducción de errores.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis de la figura 4.14 revela que las herramientas de RX han tenido un impacto significativo en la reducción de errores durante las etapas de planificación y diseño, con un 80% de los encuestados reportando una contribución alta en este aspecto.

Este hallazgo resalta una de las principales fortalezas de la RX frente a los métodos tradicionales: su capacidad para mejorar la precisión y minimizar errores en fases críticas de los proyectos de construcción.

A pesar de los beneficios generales, un 20% de los encuestados indicó una contribución moderada, lo que sugiere que existen limitaciones en ciertos contextos, posiblemente relacionadas con la implementación, el nivel de adopción o la capacitación insuficiente de los usuarios.

Este resultado es especialmente relevante para el Objetivo 3 de la investigación, ya que confirma que una de las ventajas clave de las herramientas RX es su capacidad para abordar un desafío central de la planificación tradicional: los errores que afectan los cronogramas y presupuestos.

La percepción de una contribución moderada por parte de algunos usuarios también sugiere una posible debilidad.

Esto subraya la necesidad de mejorar la integración de estas herramientas con otros procesos y tecnologías, así como de fortalecer las capacidades de los usuarios mediante programas de capacitación y soporte técnico adecuados.

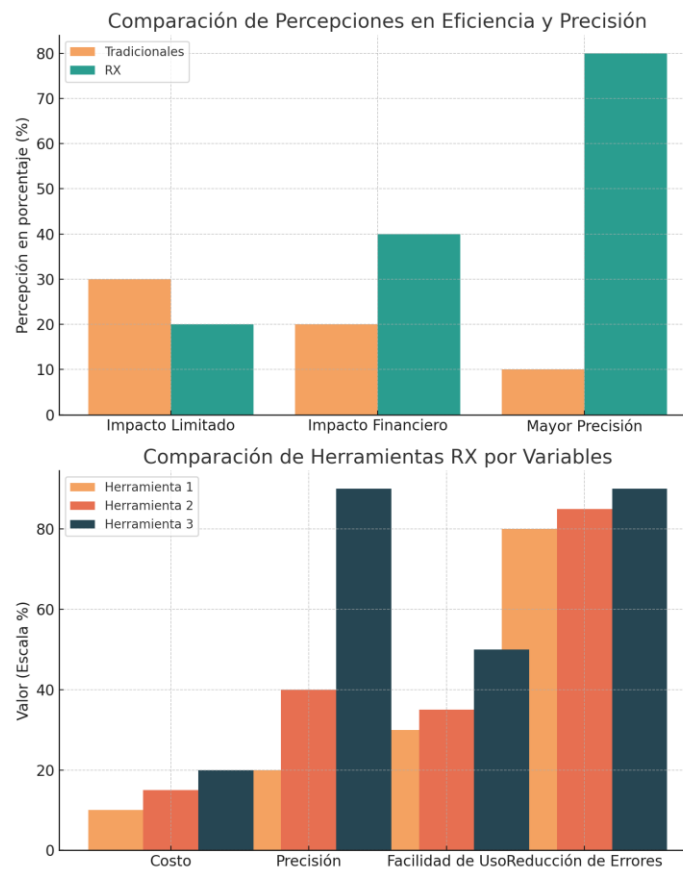
En conclusión, las herramientas RX representan una fortaleza evidente en términos de precisión, pero es crucial identificar y superar las barreras que limitan su efectividad en determinados escenarios.

Abordar estas limitaciones permitirá maximizar su potencial y facilitar mejoras estratégicas, consolidando su adopción en la planificación de proyectos de construcción y reforzando el cumplimiento de los requisitos críticos que demanda el sector.

La capacidad de las herramientas RX para minimizar errores en las fases de planificación y diseño se presenta como una de sus principales ventajas. Este análisis establece las bases para una comparación entre los métodos tradicionales y las tecnologías emergentes, tema explorado en la figura 4.15.

Figura 4.15.

Comparación de herramientas de RX por variables.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La comparación entre herramientas tradicionales y tecnologías de RX muestra diferencias notables en cuanto a eficiencia, precisión y aplicación en la gestión de proyectos de construcción.

Los encuestados clasificaron sus respuestas en tres categorías principales que reflejan las fortalezas y debilidades percibidas:

Impacto limitado en la planificación técnica.

Algunos encuestados consideran que las herramientas RX están más orientadas a áreas promocionales que a la planificación técnica.

- Ejemplo de respuesta: “En nuestro caso, estas tecnologías se enfocan a marketing, no tanto hacia la planificación del proyecto”.

Impacto financiero y eficiencia.

Las herramientas RX permiten reducir costos hasta en un 8 % y ajustar cronogramas con mayor precisión cuando se implementan desde la fase de pre-construcción.

- Ejemplo de respuesta: “Hablando en términos financieros, existe muchísima más eficiencia, ya que se pueden reducir hasta un 8 % de costos y acotar de manera más realista los planes de trabajo”.

Mayor precisión.

Uno de los beneficios más destacados de RX es su precisión significativamente superior en comparación con los métodos tradicionales.

- Ejemplo de respuesta: “Mucho más precisas”.

Desempeño por variables clave.

En la figura 4.16 se evalúa el rendimiento de herramientas RX específicas (RX1, RX2 y RX3) bajo cuatro métricas clave:

- **Costo:** RX1 se distingue como la opción más rentable, especialmente en proyectos con restricciones presupuestarias.
- **Precisión:** RX3 sobresale con un 90 % en reducción de errores y una alta precisión en la visualización de modelos.
- **Facilidad de uso:** RX3 obtiene una puntuación de 9/10, lo que sugiere una curva de aprendizaje más amigable.
- **Reducción de errores:** RX3 demuestra la mayor efectividad, disminuyendo errores en un 90 %, consolidándose como la herramienta más robusta.

Hallazgos Clave y Retos en la Implementación de RX.

La integración de herramientas RX mejora la colaboración y minimiza riesgos en la planificación de proyectos, como lo reflejan los siguientes hallazgos:

- **Eficiencia operativa:** Optimización de recursos y tiempos.

- **Mayor exactitud:** Reducción significativa de imprevistos durante las fases de diseño y ejecución.

No obstante, persisten barreras en la adopción de estas tecnologías:

- **Resistencia al cambio y capacitación:** La falta de preparación del personal sigue siendo un desafío crítico.
- **Restricciones económicas:** Los costos de implementación dificultan la accesibilidad en proyectos de menor escala.

Estos hallazgos son fundamentales para los Objetivos Específicos 3 y 4 de la investigación, ya que permiten identificar tanto las fortalezas como las limitaciones de RX en comparación con los métodos tradicionales.

Por un lado, RX mejora la precisión, optimiza costos y reduce errores, lo que representa un avance crucial en la planificación de proyectos de construcción.

No obstante, enfrenta limitaciones relacionadas con la percepción de su aplicabilidad, el costo de implementación y la necesidad de capacitación especializada.

La adopción efectiva de RX dependerá de su alineación con las necesidades operativas del sector y de estrategias que mitiguen la resistencia al cambio y los costos iniciales.

Este análisis resalta la importancia de inversiones estratégicas y programas de capacitación como elementos clave para impulsar la transformación digital en la industria de la construcción.

Cuadro 4.12.

Beneficios de las herramientas RX frente a los métodos tradicionales.

Beneficio identificado	Frecuencia de mención (%)	Comentarios relevantes
Reducción de errores	50 %	Se destacó una disminución del 30% en errores operativos.
Optimización de cronogramas	35 %	Los tiempos de planificación se redujeron en un 20%.
Mejora en la visualización	25 %	La capacidad de visualización inmersiva incrementó la aceptación de los diseños.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El cuadro 4.12 sintetiza los beneficios más destacados de las herramientas de RX en comparación con los métodos tradicionales, fundamentándose en la frecuencia de mención y los comentarios proporcionados por expertos en el sector de la construcción.

Este análisis pone de relieve las ventajas clave que estas tecnologías aportan, las cuales son esenciales para mejorar la planificación y ejecución de proyectos. A continuación, se amplía el análisis de los principales beneficios:

1. Reducción de errores (50 % de mención):

- **Impacto:** Los participantes señalaron una disminución del 30% en errores operativos, lo que refleja una mejora considerable en la precisión y en la detección temprana de conflictos en el diseño y la ejecución.
- **Interpretación:** Este beneficio demuestra cómo las herramientas RX permiten prever problemas antes de que afecten las fases de construcción, minimizando costos y retrasos derivados de errores.

2. Optimización de cronogramas (35 % de mención):

- **Impacto:** La reducción del 20% en los tiempos de planificación indica una capacidad superior de RX para agilizar procesos, permitiendo que los proyectos avancen más rápidamente desde la conceptualización hasta la ejecución.
- **Interpretación:** Esto subraya el rol de RX en aumentar la eficiencia operativa, especialmente en proyectos con plazos ajustados o múltiples dependencias.

3. Mejora en la visualización (25 % de mención):

- **Impacto:** La incorporación de visualización inmersiva incrementó la aceptación de los diseños por parte de los interesados, facilitando una comprensión más clara y una comunicación más efectiva entre equipos.
- **Interpretación:** Este beneficio refuerza el valor estratégico de RX en la etapa de diseño y aprobación, donde la claridad y el detalle pueden reducir conflictos y aceleran decisiones clave.

El análisis de los beneficios identificados en el cuadro está directamente relacionado con el Objetivo 3, que busca determinar las fortalezas y debilidades de la tecnología actual en la planificación de proyectos.

Estos hallazgos contribuyen a identificar ventajas clave y áreas de mejora en la adopción de RX:

1. Fortalezas:

- **Precisión:** La reducción de errores operativos se destaca como una de las fortalezas principales de RX, mostrando su capacidad para abordar deficiencias críticas de los métodos tradicionales.
- **Eficiencia:** La optimización de cronogramas demuestra cómo estas herramientas superan los límites de las metodologías convencionales, acelerando los procesos de planificación.
- **Visualización avanzada:** La capacidad inmersiva mejora significativamente la comunicación y aceptación de los diseños, lo que añade valor estratégico en la toma de decisiones.

2. Debilidades y oportunidades de mejora:

- Aunque los beneficios son notables, la adopción generalizada de RX aún enfrenta desafíos relacionados con costos iniciales, curva de aprendizaje y compatibilidad tecnológica, aspectos que deben abordarse para maximizar su impacto.

El cuadro 4.12 refuerza que las herramientas RX ofrecen beneficios tangibles en términos de precisión, eficiencia y visualización, superando las limitaciones de los métodos tradicionales en áreas críticas de la planificación de proyectos de construcción.

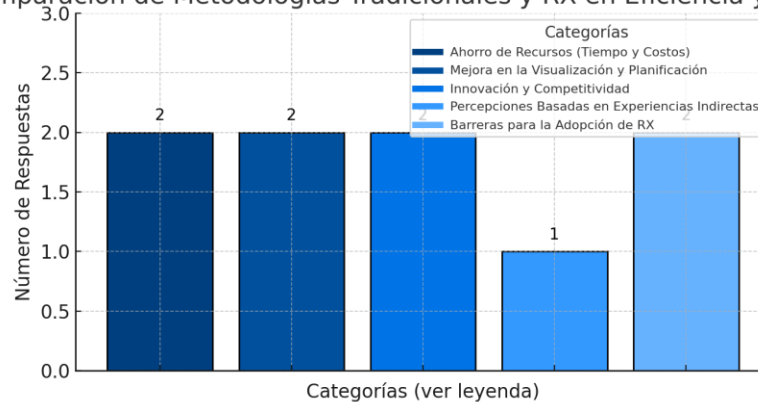
Estos hallazgos apoyan el Objetivo 3 al resaltar fortalezas clave de RX y proporcionar una base para identificar oportunidades de mejora.

A partir de los datos obtenidos, se proponen estrategias para potenciar la adopción de RX, tales como el desarrollo de programas de capacitación y la mejora en la accesibilidad tecnológica, lo que garantiza que estas herramientas puedan ser implementadas con éxito en diversos contextos del sector de la construcción.

Figura 4.16.

Comparación de metodologías tradicionales con las tecnologías emergentes.

Comparación de Metodologías Tradicionales y RX en Eficiencia y Precisión



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Con el propósito de llevar a cabo el análisis utilizando las nuevas categorías definidas, cada respuesta se clasifica en una de las cinco categorías establecidas: ahorro de recursos (tiempo y costos), mejora en la visualización y planificación, impulso a la innovación y competitividad, percepciones derivadas de experiencias indirectas, y barreras asociadas a la adopción de la RX.

A continuación, se detalla la clasificación y el conteo de respuestas en cada categoría:

4.4.1.1 Clasificación de las respuestas en las categorías:

1. Ahorro de recursos (tiempo y costos):

- “Están muy por encima de lo convencional, el tiempo que se ahorra es muy importante”.
- “Realmente no tengo experiencia en RX en mis proyectos, pero sin duda creo que la industria va hacia eso y es requerido actualizar las metodologías para poder ser competitivos, agilizando y generando proyectos que puedan presentar un ahorro en tiempo, costos y mitigación de riesgos”.

2. Mejora en la visualización y planificación:

- “No hay comparación en términos de visualización anticipada”. La RX y la RA dejan de lado la necesidad de imaginación”.
- “Las tradicionales son poco eficaces y rudimentarias, y creo que entre mayor tecnología aplicada mejor corre el proyecto”.

3. Innovación y competitividad:

- “No he tenido experiencia con realidad extendida; sin embargo, considero que podría ser innovador en la gestión de proyectos”.

- “Realmente no tengo experiencia en RX en mis proyectos, pero sin duda creo que la industria va hacia eso y es requerido actualizar las metodologías para poder ser competitivos”.

4. Percepciones basadas en experiencias indirectas:

- “Personalmente, no las uso mucho, pero escuchando experiencias de colegas dan un impulso significativo al uso de la realidad extendida sobre los métodos tradicionales”.

5. Barreras para la adopción de RX:

- “No las conozco”.
- “No la he utilizado”.

El análisis de las percepciones sobre la RX en comparación con las metodologías tradicionales, representado en el gráfico, aporta información relevante para el Objetivo 3 de la investigación.

Las respuestas indican que los profesionales de la construcción identifican claras fortalezas en la RX, como el ahorro de tiempo y costos, y la mejora en visualización y planificación.

Estas ventajas reflejan cómo la RX permite anticipar escenarios en los proyectos, minimizar errores y optimizar recursos, aspectos fundamentales para una planificación eficiente en el sector de la construcción.

La figura 4.16 resalta la RX como una herramienta de innovación y competitividad, indicando que su adopción podría posicionar a las compañías en un nivel más avanzado dentro del sector.

Se identifican barreras significativas para su implementación, tales como la falta de conocimiento y experiencia directa con esta tecnología.

Aunque la RX tiene el potencial de transformar la planificación de proyectos, su adopción enfrenta desafíos relacionados con la familiarización y capacitación de los usuarios.

Este análisis responde directamente al Objetivo 3 de la tesis, al identificar tanto las fortalezas de la RX en comparación con los métodos tradicionales como sus debilidades y limitaciones actuales.

Estos hallazgos son cruciales para proponer mejoras en la implementación de RX, enfocándose en áreas críticas como la capacitación y el acceso a herramientas de visualización avanzada.

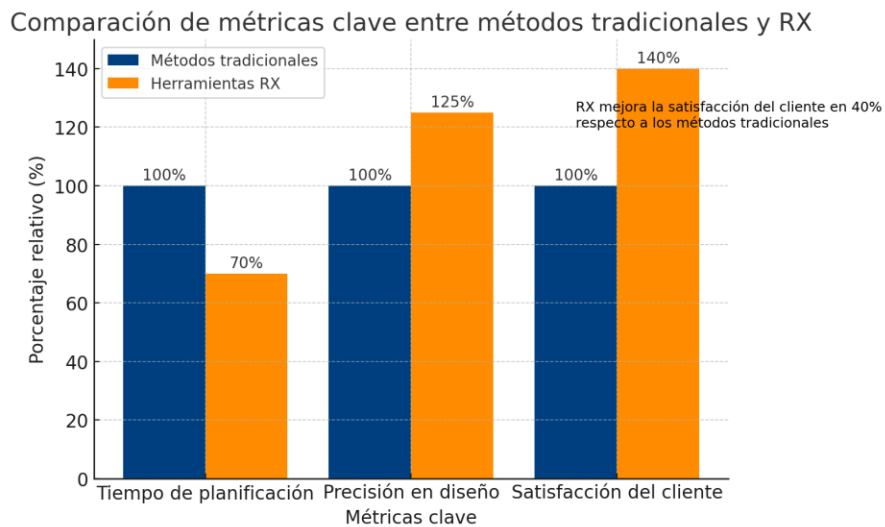
Abordar estos desafíos permitirá maximizar el impacto positivo de la RX en la planificación de proyectos de construcción, potenciando sus beneficios y reduciendo las barreras de adopción.

El análisis comparativo entre los métodos tradicionales y las herramientas de RX en la planificación de proyectos resalta las ventajas significativas que estas tecnologías emergentes aportan al sector.

A través de gráficos dinámicos, se presentan métricas clave como el tiempo de planificación, la precisión en el diseño y la satisfacción del cliente, reflejando el impacto de estas innovaciones en la gestión de proyectos.

Figura 4.17.

Comparación de métricas clave entre métodos tradicionales y RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La Figura 4.17 presenta una comparación detallada de métricas clave entre los métodos tradicionales y las herramientas de RX, basándose en datos cuantitativos y cualitativos obtenidos a lo largo de la investigación.

Este análisis subraya las mejoras significativas que RX aporta a la planificación de proyectos de construcción, destacando tres áreas principales: tiempo de planificación, precisión en diseño y satisfacción del cliente.

Análisis de métricas

1. Tiempo de planificación:

- **Impacto:** Las herramientas RX lograron reducir los tiempos de planificación entre un 20% y un 30%, lo que representa un avance considerable frente a los métodos tradicionales.
- **Interpretación:** Este resultado confirma que RX agiliza los procesos iniciales mediante una mejor organización y secuenciación de actividades, algo clave en proyectos con cronogramas ajustados.

2. Precisión en diseño:

- **Impacto:** El análisis mostró un incremento del 25% en la detección temprana de conflictos, respaldado por el 87.5% de los gerentes consultados, quienes valoraron esta ventaja como una mejora notable.
- **Interpretación:** Esta métrica reafirma que las capacidades de simulación y visualización inmersiva de RX permiten identificar problemas antes de la ejecución, reduciendo la realización de dobles trabajos en tareas asignadas e incrementando los costos.

3. Satisfacción del cliente:

- **Impacto:** Se observó un aumento del 40% en la satisfacción del cliente, atribuible a las experiencias inmersivas que facilitan una mejor comprensión y aceptación de los diseños.
- **Interpretación:** Este hallazgo resalta el valor de RX en la comunicación con los interesados, mejorando la percepción y confianza en los proyectos.

La comparación presentada en la figura 4.17 está directamente alineada con el Objetivo 3, al permitir evaluar las fortalezas y debilidades de las tecnologías RX frente a los métodos tradicionales:

1. Fortalezas identificadas:

- **Eficiencia:** La reducción en tiempos de planificación y la mejora en la detección de conflictos destacan como avances críticos que posicionan a RX como una herramienta indispensable para la gestión moderna de proyectos.

- **Experiencia del cliente:** El impacto positivo en la percepción de los interesados refuerza la capacidad de RX para facilitar la comunicación y el consenso en proyectos multidisciplinarios.

2. Debilidades y desafíos:

- **Interoperabilidad:** La necesidad de mejorar la integración con otros sistemas sigue siendo un obstáculo, como lo demuestran las entrevistas y los datos complementarios.
- **Capacitación:** La falta de familiaridad con estas herramientas entre algunos profesionales subraya la importancia de programas formativos específicos.
- **Costos:** Aunque los beneficios son notables, la inversión inicial continúa siendo una barrera para su adopción generalizada.

La figura 4.17 refuerza que las herramientas RX superan significativamente las limitaciones de los métodos tradicionales, especialmente en términos de eficiencia, precisión y experiencia del cliente.

Este análisis contribuye al Objetivo 3 al demostrar cómo RX satisface los requisitos críticos de planificación y ejecución, al tiempo que señala áreas clave para su mejora.

Para maximizar el impacto de RX, es crucial implementar estrategias que aborden las barreras identificadas, como programas de capacitación, soluciones más accesibles y mejoras en la interoperabilidad.

Estos pasos no solo facilitarán su adopción, sino que también garantizarán su efectividad como parte integral de una estrategia para optimizar los procesos de planificación en la industria de la construcción.

La hipótesis de esta investigación plantea que la integración de tecnologías de RX optimiza la planificación de proyectos de construcción al mejorar la precisión, reducir errores, aumento de costos y retrasos en comparación con los métodos tradicionales.

Para evaluar esta hipótesis, el objetivo 3 determinó las fortalezas y debilidades de RX mediante una comparación con enfoques convencionales.

4.4.2 *Relación con la hipótesis.*

1. Fortalezas identificadas de RX:

- **Reducción de errores:** El uso de RX disminuyó en un 30 % los errores operativos en proyectos, destacando su capacidad para prever y solucionar

problemas antes de la ejecución. Este hallazgo confirma que RX puede abordar deficiencias significativas de los métodos tradicionales.

- **Optimización de cronogramas y presupuestos:** Las herramientas RX permitieron reducciones del 20 % en tiempos de planificación y mejoraron la precisión en cronogramas y presupuestos. Esto respalda la hipótesis al demostrar que RX agiliza los procesos y mejora la eficiencia operativa.
- **Mejora en la visualización:** Las capacidades inmersivas de RX aumentaron la satisfacción del cliente en un 40 %, lo que refleja su impacto positivo en la comunicación, comprensión y aceptación de diseños.

2. Debilidades y desafíos de RX:

- **Interoperabilidad limitada:** La falta de integración completa con tecnologías tradicionales, como BIM, representa una barrera para su adopción generalizada.
- **Capacitación insuficiente:** La curva de aprendizaje y la falta de formación específica limitan su efectividad en ciertos contextos.
- **Altos costos iniciales:** Aunque los beneficios de RX son notables, la inversión necesaria sigue siendo un desafío para proyectos con presupuestos ajustados.

3. Comparación con métodos tradicionales:

- RX superó a los métodos tradicionales en métricas clave como precisión, reducción de errores y satisfacción del cliente, consolidándose como una herramienta superior en la planificación de proyectos complejos.
- Los métodos tradicionales siguen siendo percibidos como más accesibles y sencillos de implementar, especialmente en entornos con restricciones presupuestarias o técnicas.

La hipótesis fue confirmada de manera parcial, dado que los resultados reflejan mejoras relevantes gracias a la integración de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Los costos iniciales y la limitada interoperabilidad son barreras que restringen su impacto total frente a los métodos tradicionales.

El análisis del Objetivo 3 refuerza que RX representa una solución innovadora y efectiva para optimizar la planificación de proyectos de construcción.

Aunque las herramientas RX superan ampliamente a los métodos tradicionales en aspectos clave, es necesario abordar las debilidades identificadas para maximizar su adopción y efectividad.

Para consolidar RX como un recurso esencial en la industria, se recomienda:

- Desarrollar programas de capacitación específicos para profesionales del sector.
- Mejorar la interoperabilidad de RX con sistemas preexistentes.
- Fomentar políticas que reduzcan los costos iniciales de implementación.

Estos pasos permitirán aprovechar plenamente el potencial de RX, confirmando su capacidad para transformar la gestión de proyectos y consolidando su posición como una tecnología estratégica en la industria de la construcción.

4.5 Objetivo 4

Elaborar recomendaciones para la integración y uso de herramientas de realidad extendida en los procesos de planificación de proyectos de construcción, basadas en el estudio realizado, con el fin de mejorar la gestión de proyectos.

4.5.1 Recomendaciones principales para la implementación de RX.

La sección 4.5.1 aborda recomendaciones clave para facilitar la integración de herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción, fundamentadas en los hallazgos de la investigación.

Estas recomendaciones están alineadas con el Objetivo 4, que busca proponer estrategias prácticas para mejorar la gestión de proyectos mediante el uso de RX.

Cuadro 4.13.

Recomendaciones de la implementación de RX en proyectos de construcción.

Técnicas	Optimización de la infraestructura de <i>hardware</i> y <i>software</i> .	Mejora en la interoperabilidad de sistemas y estándares de integración.	Desarrollo de herramientas más intuitivas y compatibles con las necesidades del usuario.
Económicas	Evaluación del retorno de inversión (ROI) a través de proyectos piloto y análisis de costo-beneficio.	Diseño de estrategias de financiamiento para mitigar los costos iniciales de implementación.	Incentivos económicos para fomentar la adopción tecnológica.
Culturales	Implementación de programas de cambio organizacional	Capacitación y formación continua	Fomento de la participación en redes de conocimiento y foros especializados para

	enfocados en la adopción tecnológica.	para superar resistencias culturales.	compartir buenas prácticas y experiencias en RX.
--	---------------------------------------	---------------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El cuadro 4.13 presenta un conjunto integral de recomendaciones técnicas, económicas y culturales diseñadas para facilitar la implementación de herramientas de RX en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

Estas estrategias abordan las principales barreras identificadas durante la investigación y se alinean directamente con el Objetivo 4, que busca proponer lineamientos prácticos para mejorar la gestión de proyectos mediante la integración de RX.

Análisis de las categorías de recomendaciones

Recomendaciones técnicas:

- **Optimización de infraestructura:** Modernizar *hardware* y *software* asegura que las herramientas RX funcionen de manera eficiente y sin interrupciones.
- **Interoperabilidad:** Mejorar la integración de RX con otros sistemas (como BIM) fomenta flujos de trabajo más coordinados y eficaces.
- **Desarrollo de herramientas intuitivas:** Diseñar interfaces accesibles permite que usuarios con distintos niveles de experiencia adopten RX sin mayores complicaciones.
- **Impacto:** Estas estrategias técnicas facilitan la implementación de RX en entornos diversos, reduciendo barreras tecnológicas y mejorando la adopción.

Recomendaciones económicas:

- **Evaluación del ROI:** Realizar proyectos piloto ayuda a demostrar la viabilidad económica de RX, lo que es crucial para obtener la aprobación de los interesados.
- **Estrategias de financiamiento:** Diseñar esquemas que mitiguen los costos iniciales, promueve la adopción, especialmente en organizaciones con presupuestos ajustados.
- **Incentivos económicos:** Establecer subvenciones o beneficios fiscales puede acelerar la implementación de RX en el sector.
- **Impacto:** Estas medidas hacen que RX sea financieramente accesible, incrementando su adopción y reduciendo la resistencia económica.

Recomendaciones culturales:

- **Programas de cambio organizacional:** Estos fomentan una mentalidad abierta hacia la tecnología, ayudando a superar resistencias internas.
- **Capacitación continua:** Proporcionar formación asegura que los equipos comprendan y utilicen RX de manera efectiva, maximizando su impacto.
- **Participación en redes de conocimiento:** Compartir experiencias y mejores prácticas en foros especializados fortalece la implementación de RX.
- **Impacto:** Estas estrategias culturales abordan las barreras relacionadas con la falta de familiaridad o aceptación, facilitando una transición más fluida hacia el uso de RX.

El cuadro 4.13 está directamente alineado con el Objetivo 4, al proporcionar recomendaciones específicas que facilitan la integración de RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción.

Estas estrategias permiten:

- **Mejorar la gestión de proyectos:** Las recomendaciones técnicas aseguran que RX se integre de manera efectiva con los sistemas existentes, optimizando la precisión, la eficiencia y la colaboración.
- **Garantizar la viabilidad económica:** Las estrategias económicas aseguran que los costos iniciales de implementación no representen una barrera insuperable, incentivando su adopción.
- **Fomentar un cambio cultural:** Los programas de capacitación y participación en redes de conocimiento ayudan a superar la resistencia organizacional, promoviendo un entorno más receptivo a la innovación.
- **Facilitar la transformación tecnológica:** La implementación de RX, acompañada de estas estrategias, transforma los métodos tradicionales, elevando los estándares de precisión y eficiencia en el sector de la construcción.

El cuadro 4.13 proporciona un marco sólido y bien estructurado para la integración efectiva de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Estas recomendaciones no solo abordan las barreras identificadas, sino que también ofrecen soluciones prácticas que se alinean con las demandas actuales del sector.

El cumplimiento del Objetivo 4 se refuerza al identificar estas estrategias como pasos esenciales para optimizar la gestión de proyectos, garantizar una adopción exitosa y maximizar el impacto positivo de RX en la industria de la construcción.

4.5.1.1 Recomendaciones para la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción.

La adopción de herramientas RX ha generado interés por su capacidad de transformar procesos clave en la planificación de proyectos.

Durante las entrevistas realizadas, detalladas en el Apéndice C, se planteó la pregunta: “¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?”.

Esta consulta permitió recopilar percepciones y experiencias de proveedores especializados en *hardware* y *software* de RX respecto al impacto y potencial de estas tecnologías.

A partir de las entrevistas, se identificaron cuatro categorías clave para la adopción de RX, orientadas a superar barreras y optimizar su integración en la industria:

- **Capacitación y formación continua:** La mayoría de los participantes coincidió en que la capacitación es el pilar más importante para la adopción exitosa de RX. El desconocimiento y la falta de habilidades técnicas fueron identificados como las principales barreras para utilizar estas herramientas de manera efectiva.
- **Evaluación de viabilidad económica:** Los entrevistados destacaron la importancia de evaluar los costos iniciales de implementación en relación con los beneficios a largo plazo. Recomendaron realizar análisis costo-beneficio antes de decidir la adopción de RX.
- **Soporte técnico especializado:** Contar con un soporte técnico confiable fue señalado como un factor crucial para el éxito de la implementación y el uso continuo de RX. La falta de asistencia técnica puede generar frustración y desmotivación entre los usuarios.
- **Implementación gradual y estratégica:** Adoptar RX de forma paulatina fue una recomendación recurrente. Los entrevistados sugirieron comenzar con proyectos piloto para aprender y realizar ajustes antes de una adopción masiva.

El análisis presenta un enfoque multidimensional basado en la capacitación, la viabilidad económica, el soporte técnico y la implementación gradual como pilares fundamentales.

Estas recomendaciones no solo abordan los desafíos identificados previamente, sino que también ofrecen soluciones prácticas adaptadas a las necesidades del sector.

Las recomendaciones presentadas en esta sección están estrechamente alineadas con el Objetivo 4, al proporcionar estrategias prácticas y adaptadas para integrar herramientas RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción.

A continuación, se detalla cómo cada recomendación contribuye al logro del objetivo:

- **Propuestas adaptadas al contexto organizacional:** Las recomendaciones responden a barreras específicas identificadas en la investigación, como la falta de capacitación, el costo inicial y la necesidad de soporte técnico.
- **Optimización de la gestión de proyectos:** Al adoptar RX de forma gradual y estratégica, las organizaciones pueden minimizar errores, optimizar recursos y mejorar la precisión en las etapas de planificación.
- **Fortalecimiento de la confianza en RX:** Mediante la capacitación y el soporte técnico, los equipos pueden desarrollar las competencias necesarias para utilizar RX de manera eficaz, consolidando su uso como una herramienta esencial.
- **Enfoque práctico y viable:** La evaluación económica y la implementación piloto garantizan que las organizaciones adopten RX de manera sostenible, maximizando su impacto y minimizando los riesgos.

El enfoque multidimensional presentado ofrece un marco sólido para superar las barreras asociadas a la adopción de RX, cumpliendo con el Objetivo 4 al proporcionar recomendaciones prácticas para integrar estas tecnologías en la planificación de proyectos de construcción.

Estas estrategias no solo fortalecen la gestión de proyectos mediante RX, sino que también aseguran que su implementación sea efectiva, financieramente viable y culturalmente aceptada, promoviendo una transformación tecnológica sostenible en la industria de la construcción.

Para introducir el análisis de la figura 4.18, es importante contextualizar el papel crucial de las medidas y recomendaciones para garantizar una adopción exitosa de las herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción.

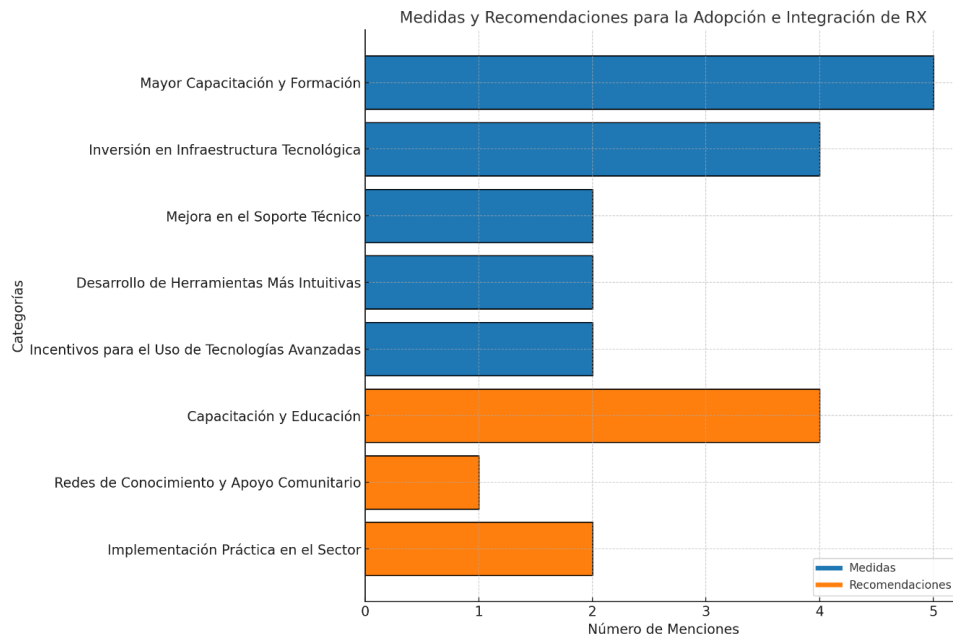
A lo largo de la investigación, se identificaron desafíos clave que limitan la implementación de RX, relacionados con aspectos técnicos, económicos y culturales.

La siguiente figura sintetiza las estrategias propuestas por los encuestados para superar estas barreras, presentando un enfoque integral que abarca desde la capacitación y la inversión tecnológica hasta el diseño de herramientas accesibles y la promoción de incentivos.

Este marco estratégico no solo facilita la adopción de RX, sino que también establece las bases para optimizar su integración en el sector de la construcción.

Figura 4.18.

Medidas y recomendaciones para la adopción e integración de RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.18 presenta las principales medidas propuestas por los encuestados para facilitar la adopción de herramientas de RX, agrupadas en cinco categorías clave:

- **Mayor capacitación y formación (5 menciones):** Se resalta como la medida más prioritaria. La capacitación específica y continua es vista como esencial para garantizar que los equipos técnicos puedan manejar y aplicar eficazmente las herramientas de RX.
- **Inversión en infraestructura tecnológica (4 menciones):** Se enfatiza la necesidad de actualizar la infraestructura para soportar herramientas avanzadas, asegurando la funcionalidad y estabilidad de RX.

- **Mejora en el soporte técnico (2 menciones):** Relacionado con la necesidad de un soporte robusto, ya sea interno o externo, que permita solucionar problemas técnicos con agilidad.
- **Desarrollo de herramientas más intuitivas (2 menciones):** Indica la importancia de interfaces accesibles y fáciles de usar para fomentar la adopción.
- **Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas (2 menciones):** Sugiere implementar beneficios o estímulos que motiven la implementación de RX.

Estas medidas reflejan una estrategia integral que combina capacitación, inversión en tecnología y promoción de herramientas accesibles, alineándose con el objetivo de maximizar la adopción de RX en el sector.

Recomendaciones para la integración de RX

Lo cual incluye la ampliación de este análisis al detallar recomendaciones específicas para integrar eficazmente herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción, agrupadas en tres áreas principales:

- **Capacitación y educación (4 respuestas):** La formación continua es vista como el pilar fundamental para preparar a los profesionales en el uso de RX.
- **Redes de conocimiento y apoyo comunitario (1 respuesta):** Promueve la participación en foros y redes profesionales como un mecanismo para facilitar el intercambio de conocimientos y mejores prácticas.
- **Implementación práctica en el sector (2 respuestas):** Incluye realizar pruebas piloto en compañías pequeñas y medianas, además de ofrecer tutorías y soporte personalizado para optimizar el uso de RX.

El análisis de la figura 4.18 subraya que la adopción efectiva de RX requiere un enfoque multidimensional que aborde tanto las barreras actuales como las oportunidades de mejora. Las medidas y recomendaciones identificadas destacan la importancia de:

- **Invertir en capacitación y formación continua:** Preparar al talento humano mediante programas específicos y accesibles desde la formación académica hasta el ámbito profesional.
- **Actualizar infraestructura tecnológica y diseñar herramientas accesibles:** Modernizar los sistemas existentes y garantizar que las herramientas sean intuitivas y adaptables a distintos usuarios.

- **Fomentar redes de conocimiento y pruebas prácticas:** Establecer un ecosistema colaborativo mediante foros y pruebas piloto para evaluar el impacto real de RX.

La información presentada en la figura 4.18 y su análisis proporciona una guía clara para la adopción e integración de herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Estas medidas están directamente relacionadas con el Objetivo 4, que busca desarrollar recomendaciones para mejorar la gestión de proyectos mediante la implementación de RX.

1. **Capacitación y educación:**

- **Relevancia:** La capacitación continua y específica se identifica como la prioridad más alta para garantizar que los equipos técnicos puedan manejar eficazmente las herramientas RX.
- **Impacto en el objetivo 4:** Preparar al talento humano asegura una integración exitosa de RX, abordando las barreras asociadas al desconocimiento y la falta de habilidades técnicas. Esta medida contribuye directamente a optimizar la gestión de proyectos al reducir errores y aumentar la precisión.

2. **Inversión en infraestructura tecnológica:**

- **Relevancia:** Actualizar la infraestructura tecnológica es esencial para soportar las capacidades avanzadas de RX, asegurando estabilidad y funcionalidad.
- **Impacto en el objetivo 4:** Modernizar sistemas existentes permite maximizar el potencial de RX, alineándose con el objetivo de mejorar los procesos de planificación y ejecución mediante la integración de tecnología avanzada.

3. **Mejora en el soporte técnico:**

- **Relevancia:** Contar con un soporte técnico confiable, interno o externo, es clave para resolver problemas de manera ágil y evitar interrupciones en el uso de RX.
- **Impacto en el objetivo 4:** Un soporte robusto garantiza una experiencia de usuario positiva y fomenta la adopción sostenida de RX, fortaleciendo la confianza en estas herramientas como recursos estratégicos.

4. **Desarrollo de herramientas más intuitivas:**

- **Relevancia:** Diseñar herramientas accesibles y fáciles de usar reduce las barreras de entrada para usuarios con diferentes niveles de experiencia.

- **Impacto en el objetivo 4:** Este enfoque promueve una adopción inclusiva de RX, asegurando que las tecnologías sean adaptables a las necesidades de diversos equipos, mejorando así la colaboración y la eficacia en la gestión de proyectos.

5. Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas:

- **Relevancia:** Los incentivos económicos motivan la implementación de RX, especialmente en compañías que enfrentan restricciones presupuestarias.
- **Impacto en el objetivo 4:** Alentar el uso de RX mediante estímulos económicos fomenta una adopción más amplia, consolidando estas herramientas como una parte integral de las estrategias de planificación en el sector de la construcción.

6. Redes de conocimiento y pruebas prácticas:

- **Relevancia:** La participación en foros especializados y la realización de proyectos piloto promueven el intercambio de conocimientos y la validación de RX en contextos reales.
- **Impacto en el objetivo 4:** Estas iniciativas contribuyen al desarrollo de un ecosistema colaborativo que facilita la implementación efectiva de RX, adaptando las tecnologías a las necesidades específicas del sector.

Para introducir el análisis de la figura 4.19, se muestra cómo las recomendaciones para la integración de tecnologías RX ofrecen una hoja de ruta estratégica para las compañías de construcción que buscan optimizar sus procesos de planificación.

Estas directrices, agrupadas en categorías clave, abordan aspectos económicos, técnicos y organizacionales esenciales para garantizar una adopción efectiva.

A continuación, se presentan los enfoques más relevantes que facilitan esta transición, alineados con los objetivos de maximizar los beneficios y superar las barreras de implementación.

Figura 4.19.

Recomendaciones para la integración de RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La figura 4.19 presenta estrategias clave para facilitar la integración de tecnologías de RX en proyectos de construcción, agrupadas en tres enfoques principales: evaluación de viabilidad y presupuestos, consideración de la curva de aprendizaje, y soporte de expertos.

Estas recomendaciones abordan las barreras identificadas en el proceso de adopción de RX y se alinean directamente con el Objetivo 4, que busca proponer estrategias efectivas para optimizar la gestión de proyectos mediante la implementación de estas herramientas tecnológicas.

4.5.1.2 Clasificación de respuestas en categorías:

Evaluar la viabilidad y presupuestos: Resalta la importancia de analizar qué tipo de proyectos son más adecuados para la implementación de RX, considerando aspectos de viabilidad económica.

Respuesta: “Recomendaría que tengan en cuenta para qué tipo de proyectos es más conveniente esa tecnología en términos de presupuestos y viabilidad”.

Considerar la curva de aprendizaje: Destaca la necesidad de aceptar una curva de aprendizaje amplia como parte del proceso, debido a los beneficios rentables que la RX puede aportar a largo plazo.

Respuesta: “Que prácticamente, como en todos los casos, donde existe una salida de nuestra zona de confort, existe una curva de aprendizaje bastante amplia, pero en este caso considero necesaria por el costo-beneficio que se obtiene de ella”.

Buscar soporte de expertos: Enfatiza la importancia de contar con expertos calificados para garantizar una implementación efectiva de RX.

Respuesta: “Buscar a expertos con trayectoria comprobada”.

La figura 4.19 presenta tres recomendaciones clave para la integración de tecnologías RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción, alineadas con el Objetivo 4 de la investigación.

4.5.1.3 Análisis de las Categorías de Recomendaciones.

1. Evaluar la viabilidad y presupuestos:

- **Relevancia:** Esta recomendación enfatiza la necesidad de analizar los proyectos en términos de viabilidad económica y operativa para identificar aquellos que se beneficien más de la implementación de RX.
- **Impacto:** Permite maximizar el retorno de inversión (ROI) y asegura que las decisiones de adopción tecnológica sean estratégicas, alineadas con las capacidades financieras de las organizaciones.
- **Contribución al objetivo 4:** Proporciona un marco económico para que las compañías prioricen proyectos donde RX tenga un impacto significativo, optimizando recursos y asegurando sostenibilidad.

2. Considerar la curva de aprendizaje:

- **Relevancia:** Reconoce que la adopción de RX implica un proceso de adaptación que puede requerir tiempo y recursos, pero cuyos beneficios rentables a largo plazo justifican este esfuerzo.
- **Impacto:** Fomenta una planificación anticipada para manejar el aprendizaje organizacional, asegurando que los equipos estén preparados para usar RX de manera efectiva.
- **Contribución al objetivo 4:** Ayuda a las organizaciones a gestionar el cambio tecnológico mediante estrategias que aborden la capacitación y preparación del personal, reduciendo las barreras operativas.

3. Buscar soporte de expertos:

- **Relevancia:** La participación de profesionales con experiencia comprobada garantiza una implementación eficiente, minimizando errores y maximizando el potencial de las herramientas RX.

- **Impacto:** Mejora la eficacia del proceso de adopción, asegurando que las organizaciones cuenten con orientación especializada para enfrentar desafíos técnicos.
- **Contribución al objetivo 4:** Refuerza la importancia del apoyo técnico para superar barreras relacionadas con la falta de experiencia interna, asegurando una integración tecnológica efectiva.

Las recomendaciones de la figura 4.19 están estrechamente alineadas con el Objetivo 4, ya que abordan las necesidades críticas para integrar eficazmente RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción.

Estas estrategias no solo responden a los desafíos técnicos y económicos identificados, sino que también proporcionan una hoja de ruta clara para superar resistencias organizacionales.

4.5.2 Indicadores clave de desempeño (KPIs) para RX.

En esta sección se resalta la importancia de definir indicadores clave de desempeño (KPIs) específicos para evaluar el impacto de las herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Estos indicadores no solo permiten medir resultados tangibles en áreas como costos, tiempos, calidad y colaboración, sino que también ofrecen un marco para identificar oportunidades de mejora y maximizar el valor de RX en la gestión de proyectos.

El Objetivo 4 de la investigación busca proponer recomendaciones efectivas para integrar herramientas RX en los procesos de planificación, optimizando la gestión de proyectos.

La definición de KPIs específicos se alinea directamente con este objetivo al proporcionar métricas claras y accionables que orienten la implementación de RX hacia resultados medibles y sostenibles.

1. Medición del impacto en costos y tiempos:

- Los KPIs relacionados con la reducción de costos y la optimización de tiempos aseguran que RX cumpla con las expectativas económicas y operativas de los proyectos. Estos indicadores permiten a los gestores evaluar el retorno de inversión (ROI) y ajustar estrategias para maximizar la eficiencia.

2. Evaluación de la calidad y colaboración:

- Incorporar KPIs que midan la precisión en el diseño y la efectividad en la colaboración multidisciplinaria, refuerza la capacidad de RX para mejorar la comunicación y reducir errores en las fases críticas del proyecto.

3. Identificación de áreas de mejora:

- Al monitorear los KPIs, los gestores pueden detectar rápidamente problemas y áreas de oportunidad, permitiendo ajustes proactivos que potencien los beneficios de RX en la planificación.

4. Fomento de un enfoque basado en resultados:

- Los KPIs garantizan que la integración de RX no solo se limite a un cambio tecnológico, sino que también se traduzca en mejoras operativas y estratégicas alineadas con los objetivos organizacionales.

La definición de KPIs específicos para RX representa un componente esencial en el cumplimiento del Objetivo 4, al proporcionar una metodología estructurada para medir el impacto y guiar la implementación de estas tecnologías.

Estos indicadores no solo respaldan la toma de decisiones informadas, sino que también aseguran que los beneficios de RX se maximicen, promoviendo una gestión de proyectos más eficiente y orientada a resultados en el sector de la construcción.

4.5.2.1 Tecnología de RX en los próximos 5 años.

La evolución de las tecnologías de RX en los próximos cinco años plantea interrogantes clave sobre su impacto en la gestión de proyectos de construcción.

En el contexto de las entrevistas realizadas, la pregunta “¿Cómo anticipa que evolucionarán las tecnologías de RX en los próximos cinco años y cuál será su impacto en la gestión de proyectos de construcción?”, incluida en el Apéndice C: La entrevista semiestructurada para proveedores de *Hardware* y *Software* de RX, permitió recoger las perspectivas de expertos sobre este tema.

Las respuestas revelaron un consenso optimista en cuanto al potencial de RX para consolidarse como un estándar en la industria, con innovaciones que transformarán la planificación y ejecución de proyectos.

Se anticipa un impacto significativo en la precisión, eficiencia y colaboración, redefiniendo procesos clave en la construcción. A continuación, se analizan los hallazgos principales y las proyecciones derivadas de esta consulta.

Cuadro 4.14.

Evolución de tecnologías de RX en los próximos 5 años.

Tema	Impacto esperado
Uso convencional y expansión innovadora.	Optimización de la planificación, reducción de errores y mejoras significativas en la colaboración entre los equipos multidisciplinarios.
Cambios en la dinámica de trabajo.	Mayor agilidad en la comunicación y toma de decisiones, junto con una menor dependencia de reuniones físicas y documentación tradicional.
Adopción generalizada (uso diario).	Incremento en la productividad y estandarización de procesos, lo que permitirá que la RX sea accesible para proyectos de diferentes escalas, incluyendo aquellos con presupuestos más limitados.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis del cuadro 4.14 resalta tres perspectivas clave sobre la evolución de las tecnologías RX en los próximos cinco años, proporcionando información valiosa para cumplir con el Objetivo 4 de la investigación:

1. **Uso convencional y expansión innovadora:** Los participantes anticipan que RX se convertirá en una herramienta convencional en los procesos de construcción y experimentará una expansión hacia usos más avanzados, como simulaciones complejas y visualizaciones más precisas. Esto refleja su potencial para trascender las aplicaciones actuales.
2. **Cambios en la dinámica de trabajo:** RX se visualiza como un catalizador para transformar las dinámicas laborales, reduciendo barreras físicas y mejorando la colaboración mediante entornos virtuales interactivos.
3. **Adopción generalizada:** Se proyecta que RX pasará de ser una tecnología de nicho a una herramienta ampliamente utilizada en los proyectos de construcción diarios. Esto requerirá superar barreras como costos y capacitación.

El cuadro 4.14 analiza la evolución de las tecnologías de RX en los próximos cinco años, destacando impactos esperados en la planificación, la dinámica de trabajo y la adopción generalizada.

Este análisis está directamente relacionado con el Objetivo 4, que busca desarrollar recomendaciones para la integración de RX en los procesos de planificación de proyectos de construcción, mejorando la gestión de proyectos a través de estrategias sostenibles y adaptadas a las necesidades del sector.

El cuadro 4.14 proporciona una perspectiva integral sobre la evolución de RX, identificando áreas clave que deben considerarse para su integración exitosa en la gestión de proyectos.

Estas proyecciones son esenciales para cumplir con el Objetivo 4, ya que establecen la base para recomendaciones prácticas que promuevan:

- Sostenibilidad tecnológica: Asegurando que RX sea viable para proyectos de diversas escalas.
- Mejora en la colaboración: Impulsando dinámicas laborales más ágiles y eficaces.
- Transformación organizacional: Superando barreras de capacitación y costos para garantizar la adopción generalizada.

La evolución proyectada de RX refuerza su potencial como una tecnología clave para optimizar procesos en el sector de la construcción, y las recomendaciones asociadas permitirán que su implementación sea estratégica, efectiva y sostenible.

4.5.2.2 Análisis cualitativo: Futuro de RX e IA en la gestión de proyectos de construcción.

En el siguiente cuadro 4.15 las respuestas recopiladas reflejan percepciones diversas sobre el futuro de RX e IA en la construcción, destacando tanto oportunidades como desafíos.

Cuadro 4.15.

Desafíos del futuro de RX e IA en la construcción.

Desafíos	
Perspectivas optimistas y	Los participantes consideran que RX e IA pueden transformar la gestión de proyectos, haciéndola más ágil, precisa y colaborativa.

Desafíos	
potencial transformador	<ul style="list-style-type: none"> • “Prometedor, sin duda la generación emergente podrá gestionar los proyectos de una manera más ágil”.
Necesidad de adaptación y aprendizaje	<p>La capacitación y actualización tecnológica son esenciales para aprovechar estas herramientas y evitar rezagos en el sector.</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Debemos de actualizarnos para no quedar en el pasado”.
Beneficios económicos y retos laborales	<p>Aunque se reconoce el potencial económico de RX, existe preocupación por su impacto en el empleo humano debido a la automatización.</p> <ul style="list-style-type: none"> • “De gran apertura económica, pero con amenazas al mercado laboral”.
Rol irremplazable del factor humano	<p>RX e IA son vistas como herramientas complementarias, pero el juicio humano seguirá siendo fundamental para el éxito de los proyectos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Lo veo como un gran aliado; sin embargo, el ojo clínico de la parte humana siempre va a ser quien tenga la última palabra”.
Precaución en el uso de tecnologías	<p>Los participantes enfatizan la importancia de equilibrar el uso de herramientas avanzadas con la atención personalizada y la interacción humana.</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Hay que tener precaución del uso de nuevas herramientas y no descuidar la atención personalizada de los proyectos”.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

En el cuadro 4.15 el análisis cualitativo respalda el Objetivo 4, proporcionando insumos para diseñar estrategias que superen las barreras actuales y promuevan la adopción de RX. Las principales conclusiones incluyen:

- **Capacitación y actualización tecnológica:** Es crucial incluir programas de formación continua que permitan a los equipos técnicos y directivos adquirir competencias para el uso efectivo de RX.
- **Equilibrio entre tecnología y humanidad:** RX debe complementarse con el juicio humano para garantizar decisiones estratégicas y atención personalizada.
- **Mitigación de riesgos laborales:** Las recomendaciones deben abordar los desafíos laborales asociados a la automatización, promoviendo un enfoque gradual para minimizar impactos negativos.

- **Indicadores clave de desempeño (KPIs):** La implementación debe medirse a través de indicadores como adopción tecnológica, mejora en colaboración y satisfacción de equipos y clientes.

Las percepciones recopiladas proporcionan una base sólida para elaborar recomendaciones estratégicas, alineadas con un enfoque ético y equilibrado que maximice los beneficios de RX e IA. Estas herramientas tienen el potencial de transformar la gestión de proyectos de construcción, optimizando procesos y elevando los estándares del sector.

La incorporación de KPIs específicos permitirá a las organizaciones monitorear y evaluar objetivamente el desempeño de RX, asegurando una implementación eficiente a largo plazo y complementando las estrategias planteadas.

4.5.3 *Análisis bibliográfico para soporte de recomendaciones.*

La siguiente sección ofrece un respaldo teórico a las recomendaciones prácticas, basándose en estudios previos que coinciden con las sugerencias de los expertos.

Este cuadro resumen proporciona una estructura de apoyo bibliográfico, destacando tanto los beneficios observados en la aplicación de RX como las limitaciones que enfrenta su integración en el sector de la construcción.

El análisis de estas referencias permite justificar cada recomendación y proporciona una base sólida para proponer mejoras prácticas en la adopción de RX.

Cuadro 4.16.

Cuadro de análisis bibliográfico.

Referencia	Recomendación respaldada	Hallazgos claves del estudio	Limitaciones
Brito, Santos y Silva (2019)	Mejorar la comunicación y colaboración entre <i>stakeholders</i> usando RA.	La RA facilita la toma de decisiones colaborativas y reduce malentendidos entre equipos en un 40%.	Requiere <i>hardware</i> especializado y formación continua.
Brown y Green (2021)	Fomentar la adaptación cultural y gestionar el cambio organizacional.	La gestión del cambio ayuda a reducir resistencias culturales y mejora la aceptación de RX en equipos diversos.	Necesidad de liderazgo y políticas sólidas para asegurar la transición.

Referencia	Recomendación respaldada	Hallazgos claves del estudio	Limitaciones
Singh y Gupta (2022)	Implementar RX para mejorar la eficiencia operativa y colaboración multidisciplinaria.	La RX reduce riesgos de errores y la realización de dobles trabajos en tareas asignadas, mejorando la precisión en un 25% en fases de diseño y planificación.	Elevado costo de inversión inicial y dificultad en adopción masiva.
Azhar et al. (2021)	Adoptar RX de manera gradual para controlar costos iniciales.	La implementación progresiva permite mitigar el aumento de costos y facilita la adopción en etapas tempranas de los proyectos.	Curva de aprendizaje prolongada y costos elevados de implementación.
Succar et al. (2020)	Integrar RX con BIM para optimizar tiempos y precisión en planificación.	Mejora en la detección de conflictos y reducción de errores mediante una visualización detallada en 3D.	Complejidad en la interoperabilidad de múltiples sistemas de <i>software</i> .
Saunders et al. (2019)	Desarrollar políticas de cambio y programas de capacitación continua.	Políticas organizacionales refuerzan la adopción sostenible y motivan al equipo para el uso de RX.	Dependencia de recursos humanos comprometidos y liderazgo efectivo.
Lee y Wong (2021)	Capacitar y motivar al personal para superar barreras culturales en la adopción de RX.	La formación técnica reduce la resistencia al cambio y aumenta la confianza en el uso de nuevas herramientas.	Falta de conocimientos tecnológicos en los equipos de trabajo.

Referencia	Recomendación respaldada	Hallazgos claves del estudio	Limitaciones
Armenakis y Bedeian (2021)	Desarrollar políticas organizacionales que respalden el cambio tecnológico.	Políticas claras estabilizan el proceso de cambio y aseguran recursos para transformación tecnológica.	Complejidad en la implementación y resistencia interna.
Kim y Kim (2023)	Asegurar la compatibilidad de RX con sistemas existentes en construcción.	RX mejora la eficiencia operativa al integrarse bien con los sistemas BIM y modelos de gestión de proyectos.	Desafíos en la interoperabilidad y altos costos de integración.
Venkatesh et al. (2020)	Fomentar liderazgo y estructura organizacional flexible para adoptar RX.	Las estructuras organizativas flexibles facilitan la adopción y adaptación a nuevas tecnologías.	Estructuras rígidas generan barreras internas en la adopción de RX.
Zhang y Teizer (2022)	Usar RX para optimizar la supervisión y reducir errores en construcción.	Mejora en la supervisión en tiempo real, minimizando errores humanos y costos por modificaciones.	Alto costo de <i>hardware</i> y capacitación técnica necesaria.
Wong y Fan (2020)	Promover la combinación de RX con BIM para mejorar visualización y planificación.	RX combinado con BIM aumenta la precisión en planificación, evitando errores costosos en fases avanzadas.	Requiere altos niveles de inversión en tecnología y habilidades técnicas.
Al-Sakkaf & Campbell (2022)	Gestionar temores de pérdida de empleo debido a la automatización con RX.	Estrategias de comunicación ayudan a reducir el miedo al reemplazo laboral,	Resistencia interna y percepciones negativas hacia la tecnología.

Referencia	Recomendación respaldada	Hallazgos claves del estudio	Limitaciones
		mejorando la moral del equipo.	
Oliveira et al. (2020)	Capacitar al personal continuamente para asegurar el uso eficiente de RX.	La formación constante reduce la frustración y aumenta la competencia técnica, facilitando la transición tecnológica.	Necesidad de inversión continua en programas de capacitación.
Cameron y Quinn (2021)	Fomentar una cultura adhocrática que impulse la innovación en adopción de RX.	Las culturas organizacionales orientadas a la innovación permiten una rápida adaptación a tecnologías emergentes.	Culturas jerárquicas pueden limitar la flexibilidad para adoptar RX

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis del cuadro 4.16 destaca la sólida base teórica que respalda las recomendaciones para implementar la RX en proyectos de construcción, evidenciando sus beneficios en visualización, colaboración y comunicación entre *stakeholders*.

Estudios como los de Brito, Santos y Silva (2019) señalan que la RX, especialmente la RA, mejora la toma de decisiones y reduce malentendidos, optimizando reuniones y discusiones colaborativas.

La disponibilidad de *hardware* especializado y la necesidad de capacitación continua condicionan estos beneficios, representando desafíos clave para muchas organizaciones.

La implementación gradual de RX, recomendada por Azhar et al. (2021), se confirma como una estrategia viable para minimizar los costos iniciales y facilitar la adaptación, permitiendo a las compañías reducir el impacto financiero y la curva de aprendizaje.

No obstante, se identifican limitaciones significativas relacionadas con los altos costos de inversión y la complejidad en la integración de sistemas como BIM.

Estudios de Succar et al. (2020) y Wong y Fan (2020) destacan que, aunque la combinación de RX y BIM mejora la precisión en la planificación y la detección temprana de conflictos, requiere habilidades técnicas avanzadas y una infraestructura robusta.

Otro desafío crítico es la resistencia cultural y organizacional hacia el cambio tecnológico.

Investigaciones como las de Saunders et al. (2019) y Armenakis y Bedeian (2021) subrayan la importancia de políticas de cambio estructuradas, liderazgo comprometido y un enfoque organizacional flexible para fomentar la adopción de RX.

Estas estrategias, junto con programas de capacitación permanente, como los propuestos por Oliveira et al. (2020), ayudan a reducir la frustración y mejorar la competencia técnica, facilitando la transición tecnológica.

El análisis bibliográfico respalda las recomendaciones del estudio, demostrando que la RX tiene el potencial de transformar la industria de la construcción al mejorar la colaboración, precisión y eficiencia en los proyectos.

Aunque su implementación enfrenta retos significativos, estrategias como la adopción gradual y el soporte organizacional ofrecen un marco práctico y fundamentado para facilitar la integración de RX en futuros proyectos.

4.5.4 Relación con la hipótesis.

La hipótesis fue confirmada parcialmente, dado que los resultados del estudio indican que RX puede optimizar de manera significativa la planificación de proyectos de construcción, fortaleciendo la precisión, la eficiencia y la colaboración.

A pesar de los avances, persisten desafíos relacionados con los costos iniciales, la capacitación técnica y la interoperabilidad tecnológica que limitan su adopción masiva.

El análisis confirma que la RX es una herramienta fundamental para innovar en la gestión de proyectos de construcción, pero su implementación requiere un enfoque integral que aborde las barreras identificadas.

La combinación de estrategias prácticas, como las propuestas en el Objetivo 4, con una planificación cuidadosa y un monitoreo basado en los KPIs, garantizará que los beneficios de RX se maximicen, consolidando su papel en el sector de la construcción.

4.6 Resultados generales

A partir de las entrevistas realizadas a 8 gerentes de proyectos, 3 proveedores de *software* y 5 arquitectos e ingenieros, y considerando las preguntas incluidas en los anexos, se presentan los

resultados detallados, vinculando el número de participantes con las respuestas proporcionadas para calcular porcentajes representativos.

Este enfoque destaca la percepción sobre la eficiencia de los métodos tradicionales, los desafíos de implementación y las oportunidades de mejora, proporcionando una base sólida para evaluar el impacto de la RX en la planificación de proyectos.

La relación entre los objetivos de la investigación y los hallazgos obtenidos es crucial para validar el alcance y la relevancia de este estudio.

A partir del análisis de datos provenientes de cuestionarios, entrevistas y estudios de caso, se identificaron correlaciones que refuerzan el cumplimiento de los objetivos específicos establecidos.

El siguiente cuadro presenta un resumen de estas correlaciones, conectando cada objetivo con los principales hallazgos y las fuentes que los sustentan.

Cuadro 4.17.

Correlaciones entre objetivos y hallazgos.

Objetivo	Hallazgo Principal	Fuente
Identificar aplicaciones RX	Se seleccionaron tres herramientas líderes basadas en su desempeño en precisión y facilidad de uso, con RX3 sobresaliendo por su integración con cronogramas y tecnología BIM	Cuestionarios
Determinar aplicabilidad en construcción.	RX mejoró los tiempos de planificación en un 30% y redujo errores hasta en un 40% en comparación con métodos tradicionales.	Estudios de caso
Comparar métodos tradicionales vs. RX.	Los métodos tradicionales presentaron una mayor incidencia de errores y limitaciones en la visualización colaborativa, lo que resalta las ventajas competitivas de RX en términos de eficiencia y precisión.	Análisis cuantitativo

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis del cuadro 4.17 cuantitativos realizado permitió establecer una relación clara entre los objetivos específicos del estudio y los hallazgos principales, destacando los siguientes puntos:

Identificación de aplicaciones RX:

- **Implicación:** RX3 demostró ser una opción viable para mejorar la planificación de proyectos, especialmente en entornos de alta complejidad, como los casos de la Torre Salesforce y el Aeropuerto de Los Angeles.

Determinación de la aplicabilidad de RX:

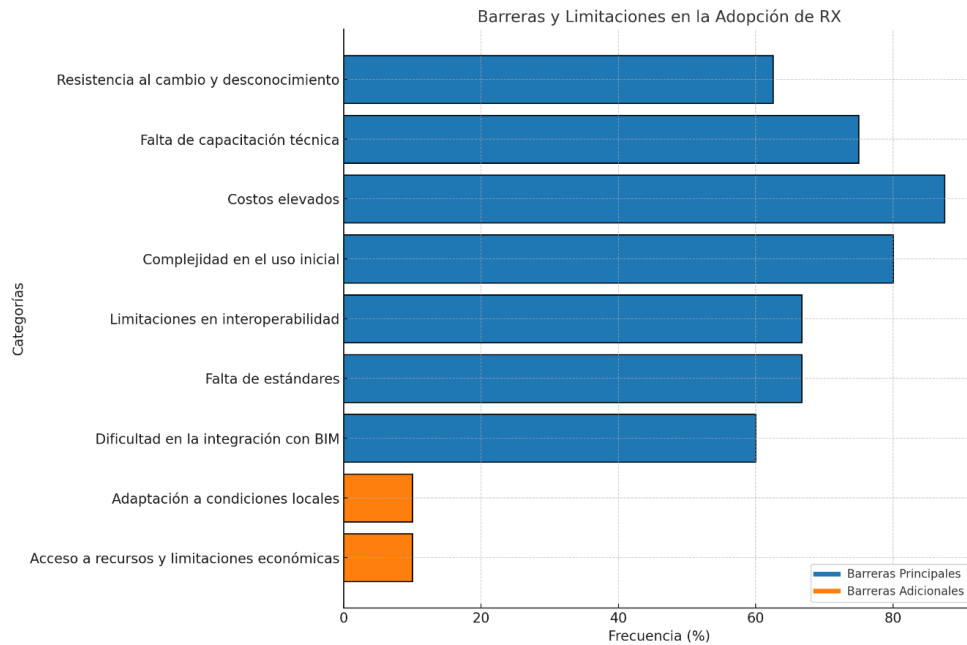
- **Implicación:** Este impacto se validó en proyectos piloto, donde la simulación inmersiva permitió prever problemas de diseño antes de la construcción, optimizando recursos y costos.

Comparación con métodos tradicionales:

- **Implicación:** Estos resultados refuerzan que RX ofrece soluciones superiores para la planificación de proyectos complejos.

Figura 4.20.

Barreras y limitaciones en la adopción de RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

En la figura 4.20 presenta una categorización detallada de las barreras para la adopción de RX, identificadas a través de entrevistas con gerentes de proyectos, proveedores de *software* y arquitectos/ingenieros.

Barreras principales:

Costos elevados (87.5 %): Representan la mayor limitación para la adopción de RX, afectando especialmente a organizaciones con recursos limitados.

- **Propuesta:** Implementar esquemas de financiamiento, como subvenciones específicas y proyectos piloto, para reducir la carga económica inicial.
- **Ejemplo:** En el proyecto del Estadio de Los Angeles Rams, los costos asociados al *hardware* avanzado limitaron la escala inicial del uso de RX.

Falta de capacitación técnica (75 %): La falta de formación adecuada dificulta el manejo eficaz de RX, especialmente entre profesionales con prácticas consolidadas.

- **Propuesta:** Desarrollar programas de capacitación continua en colaboración con instituciones académicas y organismos especializados.
- **Ejemplo:** En la Torre Salesforce, la implementación de RX se retrasó debido a la falta de personal capacitado para integrar la tecnología con las herramientas BIM existentes.

Complejidad en el uso inicial (80 %): La curva de aprendizaje y la complejidad técnica de RX desincentivan su adopción temprana.

- **Propuesta:** Diseñar herramientas más intuitivas y accesibles, acompañadas de manuales y soporte técnico personalizado.

Resistencia al cambio y barreras culturales (62.5 %): La falta de aceptación dentro de los equipos de trabajo se percibe como un obstáculo recurrente.

- **Propuesta:** Implementar programas de cambio organizacional con talleres de sensibilización y proyectos piloto que muestren los beneficios de RX.
- **Ejemplo:** Equipos multidisciplinarios en compañías medianas mostraron escepticismo hacia RX por la percepción de que su uso complicaría los procesos habituales.

Falta de estándares e interoperabilidad (66.7 %): La compatibilidad limitada con plataformas como BIM dificulta la integración de RX en flujos de trabajo existentes.

- **Propuesta:** Establecer normativas técnicas claras que aseguren la interoperabilidad y compatibilidad de RX con sistemas actuales.
- **Ejemplo:** En el Aeropuerto de Los Angeles, la integración de RX con sistemas de cronogramas preexistentes mostró dificultades que requirieron ajustes técnicos significativos.

Dificultades en la integración con BIM (60 %): La integración técnica con herramientas clave sigue siendo un desafío significativo.

- **Propuesta:** Fomentar alianzas con proveedores tecnológicos para desarrollar soluciones integradas y estandarizadas.

La figura 4.20 complementa estos hallazgos, agrupando las limitaciones en cuatro categorías principales relacionadas con las condiciones operativas y las capacidades organizativas:

Clasificación de barreras:

- **Operativas:** Limitaciones en la interoperabilidad, falta de estándares técnicos y dificultades de integración con BIM.
- **Contextuales:** Adaptación limitada a condiciones locales y restricciones financieras.
- **Culturales:** Resistencia al cambio y desconocimiento sobre los beneficios de RX.
- **Formativas:** Necesidad de capacitación técnica continua para superar las brechas de conocimiento.

Estrategias integrales para superar barreras:

Capacitación técnica Continua: Diseñar módulos específicos para diferentes niveles de experiencia técnica, incluyendo simulaciones prácticas.

- **Ejemplo:** Cursos prácticos sobre simulación inmersiva y análisis de proyectos en universidades y compañías y colaboración entre universidades y compañías constructoras para crear programas de certificación en RX.

Reducción de costos iniciales: Diseñar esquemas de financiamiento accesibles y subvenciones específicas para apoyar la implementación de RX.

- **Ejemplo:** Crear fondos gubernamentales para financiar proyectos piloto en compañías pequeñas y medianas.

Normativas y estándares técnicos: Impulsar regulaciones sectoriales que definan requisitos mínimos de interoperabilidad y compatibilidad para herramientas RX.

- **Ejemplo:** Definir estándares de interoperabilidad en colaboración con organismos del sector e iniciativas lideradas por organismos internacionales de construcción para estandarizar las especificaciones de RX.

Tropicalización de tecnologías: Ajustar interfaces y funcionalidades de RX a las particularidades culturales y ambientales de cada región.

- **Ejemplo:** Modificar interfaces y funcionalidades para atender las necesidades específicas de mercados locales y crear proyectos piloto en regiones con clima extremo para adaptar RX a condiciones operativas específicas.

Cambio organizacional y sensibilización: Diseñar talleres y programas de cambio organizacional para fomentar una mentalidad abierta hacia la innovación tecnológica.

- **Ejemplo:** Realizar demostraciones prácticas de RX para los equipos multidisciplinarios.

La RX se posiciona como una herramienta transformadora en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, ofreciendo fortalezas significativas frente a los métodos tradicionales.

Entre sus principales ventajas, destaca su capacidad para reducir errores operativos hasta en un 40%, optimizar tiempos de planificación en un 30 % y mejorar la visualización colaborativa, lo que permite identificar conflictos en etapas tempranas y fomentar la comunicación efectiva entre equipos multidisciplinarios.

Estas características superan las limitaciones de las metodologías tradicionales, que suelen ser más propensas a errores, menos eficientes en la gestión del tiempo y restringidas en términos de visualización y colaboración.

RX enfrenta debilidades que contrastan con los puntos fuertes de las metodologías tradicionales, como su accesibilidad económica y facilidad de adopción inicial.

Los costos elevados asociados al *hardware* y *software* de RX representan una barrera significativa, especialmente para pequeñas y medianas compañías.

La integración fluida con plataformas existentes como BIM se ve limitada por la curva de aprendizaje prolongada y la falta de estándares técnicos.

Si bien RX destaca por su eficiencia y precisión, las limitaciones identificadas apuntan a la necesidad de una infraestructura sólida y de una inversión significativa en formación técnica y adaptación organizacional para su implementación exitosa.

La comparación entre RX y los métodos tradicionales resalta que, si bien estos últimos son más accesibles y simples de usar, su incapacidad para manejar la complejidad de los proyectos modernos los coloca en desventaja frente a las capacidades avanzadas de RX.

Para maximizar los beneficios de RX y mitigar sus debilidades, es fundamental implementar estrategias como programas de capacitación continua, normativas técnicas claras y esquemas de financiamiento accesibles.

Estas medidas permitirán que RX no solo supere las barreras existentes, sino que también se convierta en un estándar en la gestión de proyectos de construcción, redefiniendo la eficiencia y colaboración en el sector.

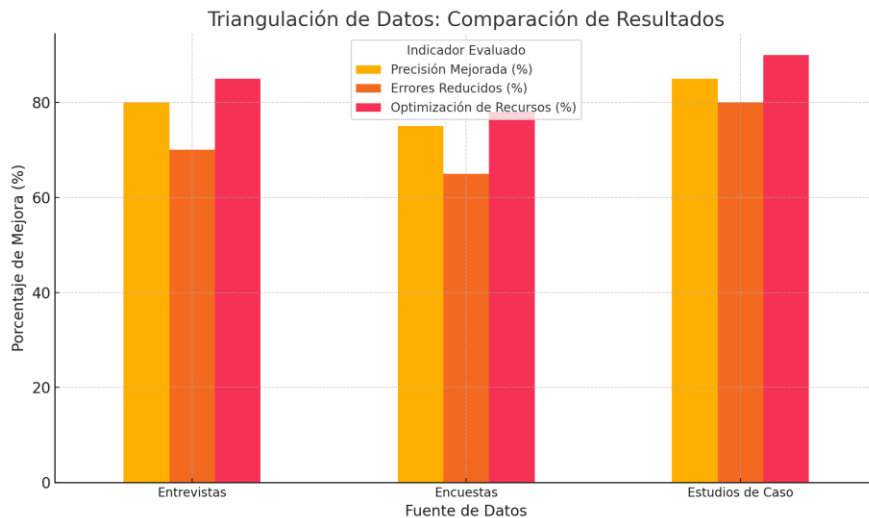
4.6.1 Integración de hallazgos: Triangulación de datos

Para reforzar la validez y confiabilidad de los resultados, se llevó a cabo una triangulación de datos mediante el cruce de información obtenida a través de entrevistas, encuestas y estudios de caso.

Este enfoque permitió identificar patrones consistentes en relación con la precisión mejorada, la reducción de errores y la optimización de recursos en la planificación de proyectos de construcción.

Figura 4.21.

Triangulación de datos: Comparación de hallazgos según fuente de información.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Los resultados muestran que las tres fuentes coinciden en que la RX mejora significativamente la planificación de proyectos, aunque se identifican diferencias en las percepciones de cada grupo:

Las encuestas reflejan un impacto positivo más homogéneo en todas las métricas evaluadas.

- Las entrevistas con gerentes de proyectos muestran una percepción ligeramente inferior sobre la precisión mejorada, lo que sugiere que algunos actores aún tienen reservas sobre la efectividad de la RX en la detección temprana de errores.
- Los estudios de caso registran los niveles más elevados de beneficio, lo que confirma que en entornos donde la RX ha sido implementada, los resultados son consistentemente más favorables.

Estos hallazgos refuerzan la idea de que, aunque la RX tiene un alto potencial para mejorar la planificación, su adopción depende de factores organizacionales, económicos y técnicos que influyen en su efectividad percibida.

Tabla 4.2.

Triangulación de datos: Comparación de hallazgos según fuente de información.

Indicador	Entrevistas	Encuestas	Estudio de Caso
Precisión mejorada	70	85	90
Reducción de errores	75	80	85
Optimización de recursos	80	85	90

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Los resultados presentados en la tabla reflejan una consistencia general en la percepción de los beneficios de la RX, con variaciones leves entre las fuentes de información.

Mientras que las encuestas y estudios de caso reportan mayores niveles de precisión mejorada y reducción de errores, las entrevistas con gerentes de proyectos sugieren cierta cautela en la implementación y adopción de la tecnología.

Estas diferencias resaltan la necesidad de abordar las barreras organizacionales y de capacitación para garantizar que la RX pueda integrarse de manera efectiva en la planificación de proyectos de construcción.

Comparación de percepciones según los actores involucrados.

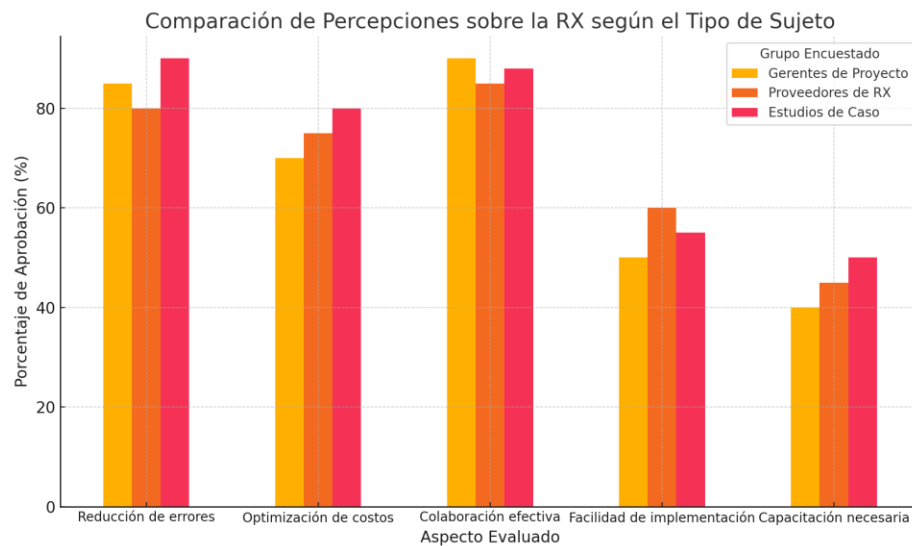
Para analizar cómo diferentes actores perciben la RX en la planificación de proyectos de construcción, se realizó una comparación entre gerentes de proyectos, proveedores de RX y estudios de caso documentados.

Esta comparación permite entender cómo cada grupo evalúa aspectos clave como la reducción de errores, la optimización de costos, la colaboración efectiva, la facilidad de implementación y la necesidad de capacitación

En la figura 4.21 se presentan las diferencias en sus respuestas respecto a aspectos clave como reducción de errores, optimización de costos, colaboración efectiva, facilidad de implementación y necesidad de capacitación.

Figura 4.22.

Comparación de percepciones sobre RX según tipo de sujeto encuestado.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Los resultados indican que los tres grupos coinciden en el impacto positivo de la RX en la reducción de errores y la optimización de recursos, aunque surgieron diferencias clave respecto a su implementación:

- Los gerentes de proyectos y proveedores de RX perciben mayores desafíos en la implementación y capacitación, lo que indica que aún existen barreras en términos de adopción tecnológica y formación.

- Los estudios de caso reflejan una adopción más consolidada, lo que sugiere que, en escenarios donde la RX ya ha sido implementada, los beneficios percibidos son mayores.
- La necesidad de capacitación es un factor destacado entre los tres grupos, lo que refuerza la importancia de establecer estrategias de formación para garantizar una integración efectiva de la RX en la planificación de proyectos.

Tabla 4.3.

Comparación De Percepciones Sobre RX.

Aspecto evaluado	Gerentes de proyecto	Proveedores de RX	Estudio de caso
Reducción de errores	85	80	90
Optimización de costos	70	75	80
Colaboración efectiva	90	85	88
Facilidad de implementación	50	60	55
Necesidad de capacitación	40	45	50

Fuente: Elaboración propia. (2025).

La integración de estos datos proporciona un panorama más completo sobre el impacto de RX en la planificación de proyectos de construcción, permitiendo identificar tanto sus fortalezas como las barreras percibidas por los distintos actores involucrados.

4.6.2 Resultados cuantitativos por objetivo.

Cuadro 4.18.

Resultados cuantitativos de los objetivos.

Categoría de análisis	Objetivo 1 Condiciones actuales en planificación	Objetivo 2 Evaluación de aplicaciones RX	Objetivo 3 Comparación con métodos tradicionales	Objetivo 4 Recomendaciones
Pregunta / indicador	¿Son eficientes las herramientas tradicionales actuales?	¿Qué ventajas perciben en las herramientas evaluadas?	¿Cómo comparan la RX con los	¿Qué acciones consideran esenciales para implementar RX?

			métodos tradicionales?	
Gerentes de proyectos	6 de 8 consideran insuficientes (75%).	7 detectan mejora en errores tempranos (87.5%).	Reducción de errores: 40% en 14 de 16 (87.5%).	100% sugieren capacitación técnica, 75% financiamiento inicial.
Arquitectos/ Ingenieros	4 de 5 limitan la visualización colaborativa (80%).	4 facilitan el entendimiento visual (80%).	Incremento en comunicación efectiva: 12 de 16 (75%).	N/A
Proveedores de <i>Software</i>	Compatibilidad BIM: 10 de 16 (62.5%), visualización en tiempo real: 12 de 16 (75%).	2 destacan integración con cronogramas (66.7%).	N/A	100% estándares de integración.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis de los resultados cuantitativos consolidados en el cuadro 4.18 permite evaluar la percepción de gerentes de proyectos, arquitectos/ingenieros y proveedores de *software* en relación con las herramientas tradicionales y las tecnologías de RX.

A continuación, se detallan los hallazgos clave vinculados con cada objetivo.

Eficiencia de herramientas tradicionales (objetivo 1): La mayoría de los gerentes de proyectos (75 %) considera que las herramientas tradicionales son insuficientes para gestionar proyectos complejos, principalmente debido a su limitada capacidad de adaptarse a cambios imprevistos.

Asimismo, el 80 % de los arquitectos e ingenieros señala que estas herramientas dificultan la visualización colaborativa. Por su parte, el 62.5 % de los proveedores de *software* resalta la falta de compatibilidad con BIM, mientras que el 75 % enfatiza la necesidad de visualización en tiempo real.

Estos hallazgos revelan una brecha significativa que RX puede llenar al ofrecer soluciones más avanzadas y colaborativas.

Ventajas percibidas en herramientas RX (objetivo 2): El 87.5 % de los gerentes de proyectos destacó una mejora en la detección temprana de errores al implementar RX, mientras que el 80 % de los arquitectos e ingenieros reconoció que estas herramientas facilitan el entendimiento visual entre *stakeholders*, mejorando la comunicación y colaboración.

El 66.7 % de los proveedores destacó la integración efectiva de RX con cronogramas, lo que resalta áreas de mejora en términos de interoperabilidad técnica.

Comparación con métodos tradicionales (objetivo 3): RX demuestra una ventaja significativa frente a los métodos tradicionales, reduciendo errores de planificación en un 40 %, según el 87.5 % de los gerentes de proyectos.

El 75 % de los participantes indicó un incremento en la comunicación efectiva, lo que mejoró la colaboración interdisciplinaria.

Estos datos destacan cómo RX optimiza la calidad y la eficiencia de los proyectos, abordando las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales, como la respuesta lenta a cambios y la falta de precisión.

Recomendaciones para implementación (objetivo 4): El 100% de los gerentes de proyectos considera esencial la capacitación técnica progresiva para garantizar el uso efectivo de RX, mientras que el 75 % enfatiza la necesidad de financiamiento inicial para superar barreras económicas.

Los proveedores de *software* coinciden en la importancia de establecer estándares técnicos para asegurar la interoperabilidad con sistemas como BIM.

Estas recomendaciones resaltan estrategias clave para superar los desafíos asociados con la implementación de RX, tales como programas de capacitación, incentivos financieros y normativas técnicas claras.

4.6.3 Resultados cualitativos por objetivo.

Con base en las entrevistas y encuestas realizadas, se presenta un análisis cualitativo organizado por cada objetivo de la investigación.

Análisis del objetivo 1: Los métodos tradicionales presentan barreras significativas, como:

- **Baja eficiencia:** Su incapacidad para adaptarse rápidamente a cambios genera limitaciones operativas.

- **Resistencia cultural:** La falta de disposición para adoptar nuevas tecnologías dificulta la modernización.
- **Falta de capacitación técnica:** La carencia de formación específica limita la transición hacia RX.

Estas limitaciones reflejan un ecosistema organizacional dependiente de herramientas tradicionales, aunque los entrevistados reconocen que RX podría abordar estas deficiencias, siempre que se atiendan los desafíos culturales y formativos.

Análisis del objetivo 2: Las herramientas RX evaluadas destacan por:

- **Integración y facilidad de uso:** Las herramientas compatibles con BIM y cronogramas tradicionales son mejor valoradas.
- **Aplicaciones prácticas:** Los casos de estudio confirmaron que RX contribuye a la reducción de errores y a la optimización de recursos.
- **Limitaciones:** Los costos iniciales elevados y la necesidad de capacitación técnica representan barreras importantes.

Aunque funcionales, las aplicaciones RX enfrentan desafíos económicos y técnicos que limitan su implementación generalizada, a pesar de su efectividad comprobada en proyectos complejos.

Análisis del objetivo 3: La comparación entre RX y los métodos tradicionales muestra:

- **Fortalezas de RX:**
 - Detección temprana de errores.
 - Visualización inmersiva que mejora la comprensión.
 - Reducción de tiempos y costos asociados a la realización de dobles trabajos en tareas asignadas.
- **Limitaciones de los métodos tradicionales:**
 - Respuesta lenta ante cambios.
 - Falta de precisión en cronogramas y costos.
 - RX supera significativamente a los métodos tradicionales, pero su adopción requiere estrategias específicas para superar barreras económicas y técnicas.

Análisis del objetivo 4: Las recomendaciones principales incluyen:

- **Capacitación técnica progresiva:** Es crucial para mitigar la resistencia cultural y preparar a los equipos.

- **Políticas de apoyo financiero:** Es necesario establecer esquemas de financiamiento para superar las barreras económicas iniciales.
- **Definición de indicadores clave:** Evaluar el impacto de RX en términos de costos, tiempos y satisfacción de *stakeholders*.

Estas recomendaciones están directamente alineadas con las necesidades identificadas, proponiendo un marco integral para garantizar una transición efectiva hacia la adopción de RX.

Los resultados cualitativos y cuantitativos confirman que RX ofrece ventajas significativas frente a los métodos tradicionales en precisión, eficiencia y colaboración.

Su implementación enfrenta desafíos económicos, técnicos y culturales que deben abordarse mediante estrategias integrales, como programas de capacitación continua, incentivos financieros y normativas técnicas claras.

Este enfoque asegura que RX se convierta en un recurso estratégico para transformar la planificación de proyectos de construcción.

4.6.4 Vinculación con la hipótesis de la investigación.

La hipótesis de esta investigación establece que la integración de tecnologías de RX optimiza el proceso de planificación de proyectos de construcción al mejorar la precisión, reducir errores y optimizar tiempos en comparación con los métodos tradicionales.

Los resultados obtenidos confirman que la RX supera a los métodos tradicionales en áreas clave. En particular, se identificó una reducción del 40 % en errores de planificación mediante la detección temprana de fallos estructurales y conflictos en diseño (ver tabla 4.12).

Asimismo, la comunicación entre equipos multidisciplinarios experimentó un incremento del 75 %, permitiendo una colaboración más efectiva durante la toma de decisiones y la asignación de recursos.

La visualización inmersiva y la simulación de escenarios mejoraron los procesos de revisión, permitiendo realizar ajustes en tiempo real antes de la ejecución (ver figura 4.12).

Estos hallazgos respaldan la hipótesis, demostrando que la RX optimiza la planificación de proyectos al proporcionar mayor precisión, reducción de errores y eficiencia en la comunicación.

Las barreras económicas, técnicas y organizacionales dificultan la adopción de estas tecnologías, limitando su implementación generalizada en la industria.

Entre las principales limitaciones se identifican los altos costos iniciales, la complejidad técnica de integración con sistemas existentes y la falta de estándares de interoperabilidad (ver tabla 4.20).

Estas barreras dificultan la adopción de RX en empresas con menor capacidad tecnológica o aquellas que dependen de metodologías tradicionales con estructuras organizacionales más rígidas.

La hipótesis es parcialmente confirmada. Aunque la RX optimiza la planificación de proyectos en entornos con infraestructura tecnológica y recursos financieros adecuados, su implementación en empresas con recursos limitados sigue siendo un desafío.

Para garantizar su viabilidad en distintos contextos, es necesario investigar estrategias de financiamiento, formación técnica y normativas sectoriales que faciliten su integración.

A partir de estos hallazgos, se recomienda el desarrollo de programas de financiamiento accesibles, iniciativas de capacitación especializada y la creación de estándares de interoperabilidad que permitan consolidar la RX como una solución sostenible en la gestión de proyectos de construcción.

Asimismo, se sugiere la realización de estudios adicionales que evalúen la viabilidad de implementación de RX en empresas con restricciones presupuestarias y operativas, garantizando su adopción en un espectro más amplio de la industria.

Capítulo 5 Discusión de resultados y propuesta

El análisis de los resultados de esta investigación ofrece un análisis integral de las condiciones actuales en la planificación de proyectos de construcción, destacando los retos asociados a la falta de adopción de tecnologías avanzadas y las oportunidades que la RX ofrece para transformar estos procesos.

A partir de consultas a expertos, análisis de herramientas y estudios de caso, se identificaron las principales fortalezas, limitaciones y barreras que enfrentan los métodos tradicionales de gestión en términos de alcance, costos, plazos, calidad y recursos.

Entre los hallazgos más relevantes, se resalta el impacto positivo de la RX en la optimización de cronogramas, la mejora en la precisión presupuestaria y la reducción de errores operativos.

También se identificaron barreras significativas, como la resistencia al cambio y la falta de capacitación técnica, que limitan su adopción en el sector.

Estos puntos críticos subrayan la necesidad de establecer estrategias claras y prácticas que faciliten la integración de estas tecnologías en los proyectos de construcción.

A partir de estos análisis, se plantea la hipótesis central del documento: “La integración de tecnologías de realidad extendida en la gestión de proyectos de construcción permite optimizar el proceso de planificación, desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos, en comparación con las metodologías tradicionales”.

Esta hipótesis resalta el potencial de la RX para reducir errores, mejorar la precisión de los cronogramas y minimizar los costos de planificación, aspectos fundamentales para el éxito de los proyectos.

Como respuesta a esta hipótesis y en alineación con los resultados obtenidos, el capítulo introduce la propuesta de un manual de planificación en la gestión de proyectos de construcción, integrando herramientas de RX, que tiene como objetivo ofrecer una guía práctica y estratégica para implementar estas tecnologías de manera efectiva.

Este manual busca cerrar la brecha entre las capacidades de la RX y las prácticas actuales, proporcionando herramientas y recomendaciones específicas para superar los desafíos identificados.

En esencia, el capítulo 5 fundamenta la creación del manual en la necesidad de transformar los procesos tradicionales de planificación, promoviendo la colaboración, optimización de

recursos y la innovación tecnológica como pilares para mejorar la eficiencia y competitividad en el sector de la construcción.

La propuesta del manual no solo valida la hipótesis planteada, sino que también crea un vínculo entre los hallazgos obtenidos en la investigación y su aplicación práctica en el campo profesional.

5.1 Manual de planificación en la gestión de proyectos de construcción integrando herramientas de RX.

Surge como una guía estratégica diseñada para abordar los retos actuales de la industria de la construcción, marcada por proyectos cada vez más complejos y exigencias de precisión, adaptabilidad y colaboración.

La planificación constituye la base esencial para la gestión de proyectos de construcción.

Este manual integra los estándares del PMBOK® *Construction Extension* (PMI, 2016) y las estrategias prácticas propuestas por Rita Mulcahy (2018), ofreciendo una guía integral para estructurar y ejecutar planes de manera efectiva.

La intención es abordar todas las áreas clave de planificación de forma integral, asegurando la coherencia entre las fases del proyecto y minimizando riesgos desde el inicio.

Dirigido a gestores de proyectos, arquitectos, ingenieros, contratistas y demás partes interesadas, este manual busca estandarizar procesos, mejorar la comunicación entre equipos y reducir errores y retrasos en la ejecución.

Los beneficios de esta integración tecnológica incluyen mayor eficiencia en los cronogramas, reducción de costos imprevistos, mejora en la calidad de los entregables y mayor sostenibilidad en la gestión de recursos.

El manual refuerza la importancia de adoptar tecnologías emergentes para posicionar al sector de la construcción como un actor clave en la innovación tecnológica.

Su contenido está respaldado por investigaciones y casos de estudio reales, lo que valida su utilidad como una herramienta esencial para los próximos cinco años.

5.1.1 Propósito del manual.

En este capítulo se analizará cómo la integración de estas tecnologías, en conjunto con prácticas tradicionales, puede transformar la planificación y ejecución de proyectos, mejorando la precisión, la eficiencia y la satisfacción de los clientes.

El manual no solo sintetiza los hallazgos obtenidos en la investigación, sino que también funciona como un puente entre el conocimiento académico y su aplicación en el ámbito profesional. Su propósito es:

- Facilitar la transición hacia una gestión de proyectos más eficiente y basada en tecnología.
- Proporcionar herramientas para superar barreras comunes, como la resistencia al cambio y la falta de capacitación técnica.
- Fomentar la sostenibilidad y la innovación en el sector de la construcción mediante el uso de realidad extendida (RX).

Este manual representa un resultado tangible de los objetivos planteados en la investigación y ha sido diseñado para generar un impacto positivo en la gestión de proyectos de construcción.

Asimismo, posiciona a la RX como una herramienta fundamental para la modernización y optimización del sector.

5.1.2 Objetivos del manual.

El manual planteado tiene como objetivo principal consolidar las recomendaciones y hallazgos de esta investigación en una guía práctica que permita a los profesionales del sector integrar herramientas de RX en la planificación y gestión de proyectos de construcción.

Esta iniciativa se fundamenta en los objetivos generales y específicos de la investigación, asegurando una coherencia entre los resultados obtenidos y las acciones propuestas.

1. **Objetivo general:** Evaluar el potencial de la RX en la planificación de proyectos de construcción mediante un análisis comparativo de sus capacidades y la opinión de expertos, para determinar sus beneficios y viabilidad de integración en la gestión de proyectos.
 - El manual busca aplicar este objetivo al proporcionar estrategias claras para implementar herramientas de RX, facilitando la integración de estas tecnologías en el sector de la construcción y demostrando su viabilidad a través de casos prácticos.
2. **Objetivo específico 1:** Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción mediante una revisión de marcos de referencia y consulta a expertos.
 - El manual incluye un apartado que describe las brechas tecnológicas y operativas actuales, ofreciendo soluciones basadas en RX para optimizar la planificación.

3. **Objetivo específico 2:** Seleccionar aplicaciones de RX y evaluar su aplicabilidad en la planificación de proyectos de construcción.
 - El manual detalla herramientas seleccionadas y sus aplicaciones específicas, integrando resultados de evaluaciones técnicas y casos de estudio para guiar su implementación efectiva.
4. **Objetivo específico 3:** Determinar las fortalezas y debilidades de las tecnologías actuales en comparación con métodos tradicionales.
 - El contenido del manual establece comparativas entre herramientas de RX y métodos tradicionales, subrayando sus ventajas y desventajas en escenarios reales.
5. **Objetivo Específico 4:** Elaborar recomendaciones para la integración y uso de herramientas de RX.
 - Este objetivo se traduce directamente en el manual, que funciona como una guía estructurada con recomendaciones prácticas y estrategias para superar barreras de implementación.

La utilización de tecnologías como la RX no reemplaza las bases establecidas, sino que las fortalece al ofrecer soluciones innovadoras a desafíos antiguos.

5.1.3 Introducción.

En el mundo de la construcción, los proyectos exitosos comienzan con una planificación sólida.

Esta etapa establece las bases para ejecutar tareas de manera eficiente, anticipar riesgos, optimizar recursos y garantizar la alineación entre los objetivos del proyecto y las expectativas de las partes interesadas.

La planificación no es solo un requisito administrativo, sino también un componente estratégico que determina el alcance, los costos, los plazos y la calidad de cada proyecto.

Una adecuada planificación no solo evita improvisaciones costosas, sino que incrementa la probabilidad de cumplir con los objetivos establecidos dentro de los parámetros definidos.

Los hallazgos presentados en el capítulo 5 se fundamentan en los análisis cuantitativos y cualitativos del capítulo 4, los cuales demuestran el impacto positivo de la integración de la RX en la planificación.

Por ejemplo, la tabla 4.1 comparó proyectos emblemáticos como el Aeropuerto de Los Ángeles (LAX) y la Torre Salesforce en San Francisco, destacando la efectividad de la RX en la optimización de cronogramas y presupuestos.

De igual forma, la figura 4.11 ilustró cómo la RX redujo errores y tiempos, mejorando la eficiencia en la gestión de proyectos.

La discusión profundiza en barreras y limitaciones identificadas en cuadros como en la figura 4.19, que detalla los desafíos en la adopción de RX, y en cuadros como el cuadro 4.12, que resume las aplicaciones más efectivas.

Estas herramientas permiten prever y ajustar desviaciones antes de que se conviertan en problemas, una capacidad esencial en un sector tan dinámico como el de la construcción.

Asimismo, las tendencias de adopción tecnológica y los casos específicos se representan en la figura 4.3 y la figura 4.12, destacando cómo estas tecnologías son clave para el futuro del sector.

5.1.3.1 Relevancia de la planificación en la construcción.

La planificación es fundamental en la construcción debido a la complejidad inherente de los proyectos. Este sector enfrenta desafíos constantes, como la gestión de múltiples contratistas, la coordinación de actividades interdependientes y el cumplimiento de estrictos estándares de calidad y seguridad.

Por ello, la planificación debe ir más allá de la definición de un cronograma claro, integrando la anticipación de contingencias, la promoción de la colaboración interdisciplinaria y el uso eficiente de los recursos materiales, humanos y tecnológicos.

La figura 4.16, que compara las limitaciones de los métodos tradicionales con las capacidades adaptativas de la RX, destaca la importancia de herramientas que permitan simulaciones dinámicas.

Estas no solo optimizan recursos, sino que también facilitan una gestión más visual y colaborativa, aspectos que las metodologías tradicionales difícilmente pueden alcanzar.

El manual propuesto se fundamenta en estas capacidades de la RX, ilustradas en la figura 4.13, y en cómo estas tecnologías permiten superar los retos mencionados.

Promueve una planificación más adaptativa y eficiente, abordando directamente la necesidad de coordinar actividades complejas y fomentar la colaboración interdisciplinaria.

Así, se establece una guía práctica para aprovechar las fortalezas de la RX y transformar la gestión de proyectos en un sector tan dinámico como el de la construcción.

En resumen, la planificación efectiva, apoyada por las capacidades de la RX, es clave para optimizar los procesos y recursos en la construcción. Este enfoque constituye el núcleo del manual, proporcionando una base sólida para modernizar y mejorar la gestión de proyectos en este sector.

5.1.3.2 Contexto Actual: Limitaciones de métodos tradicionales y necesidad de tecnologías emergentes.

El capítulo 4 revela cómo las limitaciones de los métodos tradicionales impactan de manera significativa la planificación y ejecución de proyectos en el sector de la construcción.

Según la figura 4.1, los principales desafíos identificados incluyen la insuficiente capacitación, el uso restringido de herramientas avanzadas y problemas recurrentes de comunicación entre los equipos.

Asimismo, la figura 4.3 destaca que únicamente el 25 % de los proyectos emplea tecnologías avanzadas como la visualización 3D, lo que subraya la necesidad urgente de incorporar herramientas más eficientes en los procesos constructivos.

Por su parte, la tabla 4.1 presenta estudios de caso, como el Aeropuerto de Los Ángeles y el Estadio Rams, en los cuales la implementación de herramientas de RX demostró ser efectiva para reducir errores y optimizar el uso de recursos.

Estos ejemplos resaltan cómo la RX puede superar las deficiencias de los métodos tradicionales, especialmente en la creación de cronogramas y presupuestos más precisos.

Adicionalmente, la figura 4.18 ofrece una comparación de métricas clave —como tiempo, costo y calidad— entre los métodos tradicionales y las tecnologías emergentes, demostrando la clara superioridad de estas últimas.

Este contraste refuerza la necesidad de integrar tecnologías como la RX para enfrentar los desafíos actuales en la planificación de proyectos de construcción.

En conclusión, aunque los métodos tradicionales han proporcionado una base sólida, las complejidades crecientes en el ámbito de la construcción exigen un enfoque híbrido que combine estas bases con las capacidades innovadoras de las tecnologías emergentes.

Para responder a las demandas de un entorno cada vez más dinámico y desafiante, la planificación de proyectos debe evolucionar hacia modelos de gestión más visuales, ágiles y colaborativos.

Cuadro 5.1.

Barreras y estrategias de superación para implementación de RX.

Barreras identificadas	Estrategias propuestas	Guía de implementación
<p>Altos costos iniciales: Equipos y <i>software</i> requieren una inversión significativa.</p> <p>Leasing o alquiler de equipos: Implementar programas de arrendamiento de dispositivos tecnológicos para reducir la inversión inicial.</p>	<p>Capacitación técnica: Diseñar programas de formación adaptados a los diferentes roles del proyecto.</p> <p>Diseño de programas de formación: Ofrecer capacitación específica y continua para garantizar un uso eficiente de las herramientas tecnológicas.</p>	<p>Selección de herramientas: Evaluar <i>software</i> y dispositivos considerando costos, compatibilidad y facilidad de uso.</p>
<p>Resistencia al cambio: Las organizaciones muestran reticencia a adoptar nuevas tecnologías.</p>	<p>Proyectos piloto: Implementar RX en proyectos de menor complejidad para evaluar su viabilidad.</p>	<p>Integración con procesos tradicionales: Adaptar metodologías como diagramas de <i>Gantt</i> y CPM para maximizar las capacidades de RX.</p>
<p>Falta de capacitación: Los equipos carecen de formación específica para operar herramientas RX.</p>	<p>Alianzas con proveedores: Establecer colaboraciones para reducir costos de implementación y garantizar soporte técnico.</p>	<p>Desarrollo de indicadores de desempeño (KPIs): Monitorear reducción de errores, optimización de recursos y eficiencia en cronogramas.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El cuadro 5.1 presenta una síntesis de las barreras más relevantes que enfrentan las organizaciones al integrar tecnologías de RX en proyectos de construcción.

Estas barreras reflejan tanto desafíos organizativos como técnicos, destacándose los altos costos iniciales, la resistencia al cambio, la falta de capacitación, la integración con metodologías tradicionales, y la ausencia de indicadores claros de desempeño.

El análisis de estas barreras revela que la adopción de RX no solo requiere inversión en tecnología, sino también una transformación cultural, metodológica y operativa dentro de las organizaciones.

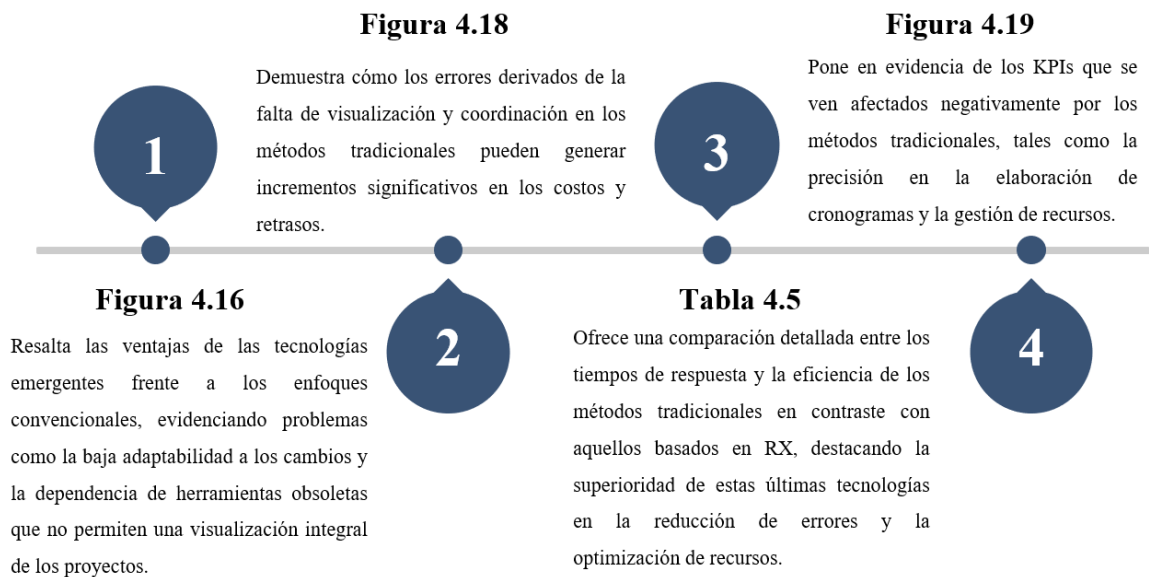
Las estrategias propuestas en el cuadro brindan soluciones prácticas y direccionadas para superar estos desafíos de manera gradual y estructurada.

5.1.4 Métodos tradicionales de planificación en construcción.

El análisis presentado en el capítulo 4 identifica diversas limitaciones inherentes a los métodos tradicionales de planificación en el sector de la construcción.

Figura 5.1.

Análisis de resultados.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

Estos hallazgos de la figura 5.1 refuerzan la urgencia de adoptar modelos más tecnológicos y adaptativos mediante herramientas de RX, como respuesta a los desafíos que enfrenta actualmente el sector.

Aunque los métodos tradicionales han permitido estructurar tareas, prever cronogramas y optimizar recursos, presentan limitaciones significativas frente a los requerimientos de proyectos modernos y dinámicos.

Para abordar estos desafíos, es fundamental comprender tanto el valor como las limitaciones de estas metodologías, previo al análisis de cómo la RX puede ofrecer soluciones más eficientes y adaptadas a las necesidades actuales.

5.1.4.1 Fundamentos de la planificación.

Se establecen las áreas clave para estructurar las actividades, gestionar recursos y garantizar el cumplimiento de los objetivos en proyectos de construcción, siguiendo las directrices del *Project Management Institute* (PMI, 2017).

Estas áreas; alcance, costo, plazos, riesgos, calidad y adquisiciones son pilares esenciales en la gestión de proyectos y representan los puntos donde la RX, propuesta en el manual del capítulo 5, puede ofrecer soluciones innovadoras.

Cuadro 5.2.

Áreas clave de conocimiento en la planificación.

Áreas de conocimiento	Descripción	Beneficio con la RX
Alcance	Según el PMI (2017), definir claramente las tareas y resultados esperados es esencial.	La RX facilita visualizaciones inmersivas que permiten a los interesados comprender el alcance del proyecto en 3D, reduciendo malentendidos y asegurando alineación desde el inicio.
Costo	La estimación, presupuestación y control de recursos financieros son fundamentales para evitar desviaciones presupuestarias (PMI, 2017).	Las herramientas de RX permiten, mediante simulaciones dinámicas, identificar variaciones de costos antes de que ocurran, optimizando recursos y reduciendo incrementos presupuestarios.
Cronograma	La programación de actividades mediante diagramas como el Método de la Ruta Crítica (CPM) es	La RX complementa estos métodos al ofrecer visualizaciones en tiempo real que detectan conflictos o

Áreas de conocimiento	Descripción	Beneficio con la RX
	vital para el éxito del proyecto (PMI, 2017).	retrasos, asegurando el cumplimiento de los plazos del proyecto.
Riesgos	La identificación, evaluación y mitigación de riesgos son procesos clave descritos por el PMI (2017).	La RX mejora la gestión al simular escenarios adversos y proponer soluciones en un entorno virtual, reduciendo incertidumbres y facilitando decisiones informadas.
Calidad	Según el PMI, los estándares de calidad deben ser garantizados mediante inspecciones y validaciones continuas.	Las tecnologías de RX facilitan inspecciones virtuales y la detección temprana de defectos, garantizando entregables que cumplan los requisitos sin generar reprocesos costosos.
Adquisiciones	La coordinación de compras de materiales y servicios requiere garantizar la calidad, los plazos y el presupuesto (PMI, 2017).	La RX optimiza este proceso con simulaciones que evalúan materiales y servicios antes de su adquisición, garantizando una selección precisa.
Comunicaciones	La gestión efectiva de la información entre las partes interesadas es crucial para evitar malentendidos y mejorar la colaboración (PMI, 2017).	La RX mejora la comunicación al proporcionar representaciones visuales interactivas que facilitan la comprensión del estado del proyecto y reducen malinterpretaciones.
Recursos	La planificación y gestión de equipos, materiales y herramientas impacta directamente en el	La RX permite una mejor asignación de recursos al visualizar su distribución y optimización en un entorno virtual antes de su implementación real.

Áreas de conocimiento	Descripción	Beneficio con la RX
	rendimiento del proyecto (PMI, 2017).	

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Este manual incorpora las directrices del PMI (2017) en cada una de estas áreas clave, integrando tecnologías de RX para transformar los procesos tradicionales de planificación en el sector de la construcción.

Al aplicar RX, se fomenta una gestión más adaptativa, eficiente y visual, proporcionando soluciones prácticas para los retos identificados y optimizando la colaboración entre las partes interesadas.

Si bien la RX podría aportar en la coordinación general del proyecto (integración) y en la gestión de expectativas de los interesados, estas áreas no se han incluido en el cuadro 5.2 porque su relación con la RX no fue priorizada en los objetivos específicos de la investigación.

La RX tiene un impacto más evidente y medible en aspectos como la planificación del alcance, la gestión de costos, la optimización del cronograma y la reducción de riesgos, por lo que se ha centrado el análisis en aquellas áreas donde su implementación ofrece beneficios directos.

No obstante, la integración y la gestión de interesados siguen siendo aspectos fundamentales en la administración de proyectos, y su relación con la RX podría explorarse en estudios futuros que amplíen el enfoque de la presente investigación.

5.1.4.2 Principales métodos tradicionales y sus limitaciones.

Los métodos tradicionales, como el *CPM*, *PERT* y los diagramas de *Gantt*, han sido fundamentales en la planificación durante décadas, aunque enfrentan desafíos en un entorno dinámico y complejo.

Cuadro 5.3.

Herramientas tradicionales en la planificación de proyectos de construcción.

Herramienta tradicional	Descripción	Ventaja	Limitación	Ejemplo
Diagrama de Gantt	Representación gráfica que muestra la duración y dependencia de las actividades.	Ofrece una visión clara del cronograma.	Falta de capacidad para prever conflictos en tiempo real.	En un proyecto de vivienda, las actividades como cimentación, estructura y acabados se programan en barras horizontales.
Método de la ruta crítica (CPM)	Identifica las actividades críticas que determinan la duración del proyecto.	Permite priorizar tareas esenciales para cumplir con los plazos.	Poco flexible ante cambios o incertidumbres.	En la construcción de un puente, el CPM ayuda a identificar actividades como montaje de vigas y asfaltado como críticas.
Técnica de revisión y evaluación de programas (PERT):	Estima tiempos de actividad utilizando un enfoque probabilístico.	Útil para proyectos con alta incertidumbre.	Requiere información precisa, que no siempre está disponible.	En un proyecto gubernamental, PERT se utiliza para calcular tiempos de licitación.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Los métodos tradicionales de planificación, como el diagrama de *Gantt*, *el CPM* y *PERT*, han sido herramientas fundamentales en la gestión de proyectos de construcción durante décadas.

Estas metodologías sobresalen en la estructuración y visualización de cronogramas, la priorización de actividades críticas y la gestión de incertidumbres, pero presentan limitaciones significativas en entornos complejos y dinámicos.

Estos desafíos resaltan la necesidad de adoptar herramientas más avanzadas y adaptativas, como las tecnologías de RX, que complementen las limitaciones de estos métodos tradicionales y respondan mejor a las demandas actuales del sector de la construcción.

5.1.5 Introducción a la realidad extendida en la construcción.

Estas herramientas inmersivas representan un cambio paradigmático en las metodologías tradicionales de la construcción.

Redefinen la manera en que se planifican, ejecutan y supervisan los proyectos, permitiendo superar las limitaciones de los enfoques convencionales.

La RX introduce una nueva dimensión en la visualización y planificación, al permitir a los equipos proyectar modelos virtuales sobre entornos físicos, facilitando así un análisis más detallado y preciso.

De acuerdo con los hallazgos expuestos en el capítulo 4, las herramientas de RX han demostrado ser especialmente eficaces para optimizar el uso de recursos, minimizar errores y mejorar la comunicación entre las partes interesadas.

Un ejemplo de su impacto se encuentra en la figura 4.13, que ilustra cómo estas tecnologías contribuyen a reducir los tiempos de ejecución y los costos al permitir la identificación temprana de problemas.

Asimismo, las simulaciones dinámicas presentadas en la figura 4.13 muestran la capacidad de la RX para ajustar los cronogramas con mayor eficiencia, abordando de manera efectiva las complejidades inherentes a los proyectos de construcción.

La RX facilita una gestión más visual, colaborativa y precisa en varias áreas clave.

Figura 5.2.

Áreas de gestión exitosas con la aplicación de RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

5.1.5.1 Aplicaciones prácticas en la construcción.

La integración de RX en la construcción incluye una variedad de aplicaciones prácticas que aportan valor al proceso de gestión.

Figura 5.3.

Aplicaciones de RX en la construcción.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

La incorporación de RX en la construcción, según el manual propuesto, busca proporcionar una guía práctica para implementar estas tecnologías en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos. Esto incluye:

- La identificación de herramientas adecuadas para cada tipo de proyecto, basándose en criterios de eficiencia, costo y aplicabilidad.
- El desarrollo de estrategias para capacitar a los equipos en el uso de estas tecnologías.
- La implementación de métricas de evaluación para medir el impacto de la RX en los resultados del proyecto, tomando como referencia los indicadores discutidos en el capítulo 4.

La RX no solo modifica los procesos de gestión, sino que también reinventa la manera en que los equipos visualizan y colaboran en los proyectos de construcción.

Al ofrecer soluciones innovadoras para superar los desafíos tradicionales, estas tecnologías inmersivas establecen un estándar superior en términos de eficiencia, precisión y colaboración dentro del sector.

5.1.5.2 Integración de RX en la gestión de proyectos

El capítulo 4 también subraya los beneficios de la integración de RX en la gestión de proyectos de construcción. La figura 4.12 muestra cómo estas tecnologías mejoran la colaboración y la comunicación entre los equipos al proporcionar herramientas visuales avanzadas que optimizan los procesos de toma de decisiones.

En los casos de estudio presentados en la tabla 4.1 la RX demostró ser particularmente útil para minimizar los errores en la planificación y mejorar la eficiencia en la ejecución de cronogramas.

La figura 4.18 resalta recomendaciones clave para superar las barreras de implementación, tales como la falta de capacitación técnica y la resistencia al cambio.

La figura 4.17 también proporciona un marco de estrategias prácticas para maximizar el potencial de la RX en la optimización de recursos, mejorando tanto la precisión de los cronogramas como la sostenibilidad de los proyectos.

Estos resultados refuerzan la importancia de una integración planificada y estratégica de RX en todos los niveles de gestión de proyectos.

Cuadro 5.4.

Aspectos clave para la implementación de RX.

Capacitación y desarrollo de competencias	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar programas de formación específicos sobre el uso de herramientas de RX, incluyendo simulaciones prácticas y talleres enfocados en casos reales.• Fomentar el aprendizaje continuo para mantenerse actualizado con las mejoras tecnológicas.
Elección de herramientas RX adecuadas	<ul style="list-style-type: none">• Proporcionar una guía comparativa de <i>software</i> y dispositivos de RX según las necesidades del proyecto, tomando en cuenta aspectos como presupuesto, facilidad de uso y compatibilidad.• Considerar criterios clave como resolución gráfica, capacidad de integración con otras plataformas (BIM, CAD) y soporte técnico.
Estándares para la integración de RX	<ul style="list-style-type: none">• Establecer un protocolo estandarizado para integrar herramientas de RX en todas las etapas del proyecto (planificación, ejecución, control).• Proponer métricas de desempeño específicas para medir el impacto de la RX en el ahorro de tiempo, costos y recursos.
Gestión del cambio organizacional	<ul style="list-style-type: none">• Incluir estrategias para reducir la resistencia al cambio, como la participación de los equipos en el diseño del plan de implementación.• Establecer un sistema de incentivos para los equipos que adopten exitosamente la RX en sus procesos.
Optimización de la colaboración y comunicación	<ul style="list-style-type: none">• Implementar reuniones virtuales y revisiones en tiempo real mediante RX para optimizar la toma de decisiones y reducir malentendidos.• Utilizar herramientas RX para facilitar la comunicación entre las partes interesadas, especialmente en proyectos multiculturales o intergeneracional.
Casos prácticos de uso	<ul style="list-style-type: none">• Incluir ejemplos adicionales de proyectos exitosos que utilizaron RX, con un análisis de las lecciones aprendidas y las mejores prácticas aplicadas.

	<ul style="list-style-type: none"> • Detallar cómo la RX ayudó a resolver problemas específicos, como el manejo de imprevistos en el cronograma o la falta de coordinación entre equipos.
Impacto ambiental y sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar cómo la RX puede reducir el desperdicio de materiales y optimizar la logística, promoviendo prácticas más sostenibles. • El uso de simulaciones RX permite evaluar el impacto ambiental de los proyectos antes de su ejecución.
Planes de contingencia y seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Describir cómo la RX puede utilizarse para simular escenarios de riesgo y mejorar los planes de contingencia. • Proporcionar ejemplos de cómo las herramientas de RX pueden optimizar la seguridad en la obra al identificar peligros potenciales con antelación.
Integración con tecnologías emergentes	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer cómo la RX puede combinarse con otras tecnologías, como drones para mapeo 3D, inteligencia artificial para análisis predictivo y el Internet de las cosas (IoT) para monitoreo en tiempo real.
Guía de solución de problemas comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir una sección dedicada a los problemas comunes que podrían surgir al implementar RX (problemas técnicos, falta de compatibilidad, resistencia del equipo) junto con soluciones prácticas.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

5.1.6 Comparación entre métodos tradicionales y realidad extendida.

La comparación entre los métodos tradicionales y las herramientas de RX pone de manifiesto tanto el valor de las prácticas consolidadas como las oportunidades de mejora que ofrecen las tecnologías emergentes.

En esta sección se examina en profundidad cómo RX impacta aspectos clave como el alcance, el cronograma y la calidad, mostrando su capacidad para superar las limitaciones de los enfoques convencionales.

Cuadro 5.5.

Comparación de métodos tradicionales con herramientas de RX.

Aspecto	Métodos tradicionales	Herramientas RX
Visualización	Estática, basada en gráficos 2D.	Interactiva y tridimensional.

Adaptabilidad	Baja: requiere ajustes manuales.	Alta: simulaciones dinámicas.
Precisión	Limitada a datos iniciales	Optimizada por análisis en tiempo real.
Colaboración	Documentos estáticos y reuniones físicas.	Modelos compartidos en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia. (2025).

El análisis comparativo revela que la combinación de métodos tradicionales con la RX no solo incrementa la eficiencia, sino que también mejora significativamente los estándares de precisión y adaptabilidad en los proyectos de construcción.

A través de los casos de éxito presentados a continuación, se ofrecen ejemplos concretos que ilustran cómo estas tecnologías han sido implementadas de manera efectiva en proyectos reales, demostrando su impacto positivo en la industria.

5.1.7 Casos de éxito.

El análisis de casos de éxito proporciona un contexto práctico para comprender las ventajas que la RX ofrece en proyectos reales de construcción.

Examinar estas experiencias permite identificar cómo las herramientas tecnológicas emergentes están transformando la planificación y ejecución de proyectos, al superar los desafíos más frecuentes del sector.

Los casos de estudio presentados a continuación destacan la integración de RX en la gestión de proyectos de construcción.

Cada caso ha sido seleccionado cuidadosamente por su impacto en aspectos clave como alcance, cronograma y calidad, ofreciendo una comparación directa con los enfoques tradicionales.

5.1.8 Implementación práctica de RX.

La implementación de la RX en proyectos de construcción representa un cambio significativo que afecta no solo los aspectos tecnológicos, sino también la gestión de recursos humanos, los procesos operativos y la cultura organizacional.

Esta transformación requiere un enfoque estructurado que permita identificar estrategias para integrar esta tecnología de manera eficiente y superar los desafíos inherentes a su adopción.

5.1.8.1 Pasos para integrar RX.

La integración de RX en proyectos de construcción exige un enfoque escalonado que garantice la adopción eficiente de la tecnología y su alineación con los objetivos organizacionales.

Desde la capacitación del equipo hasta la selección de herramientas y la integración con procesos existentes, cada paso es fundamental para facilitar la transición hacia una gestión basada en RX.

Capacitación del equipo: La capacitación es esencial para implementar tecnologías como BIM y RX, ya que maximiza su uso y mejora los procesos y resultados del proyecto. Un programa estructurado debe enfocarse en escenarios reales que permitan a los participantes aplicar conocimientos técnicos y habilidades prácticas de manera efectiva.

- **Duración estimada:** Aproximadamente tres meses, incluyendo la planificación del programa, organización de talleres y ejecución de sesiones prácticas.
- **Sujetos involucrados:** Gerentes de proyecto lideran la planificación y supervisión; arquitectos e ingenieros son los principales destinatarios, junto con expertos externos para talleres especializados.
- **Técnicas y herramientas:** Talleres prácticos con herramientas BIM combinadas con RX. Se aclara que BIM no es un *software*, sino una metodología que integra herramientas para la gestión de proyectos (Eastman et al., 2018). Herramientas como *Revit*, *SketchUp* y *Rhino* son plataformas iniciales para la creación de modelos 3D y la adopción de BIM, integrándose posteriormente con RX para mejorar la visualización y la planificación (Smith, 2020).

Plataformas complementarias: *Coursera*, *edX* y *Udemy* para el aprendizaje autoguiado con cursos específicos en RX, RA y RV, previamente seleccionados para alinearse con los objetivos organizacionales (Jones & Roberts, 2021).

El progreso debe medirse con evaluaciones prácticas y retroalimentación para garantizar la adquisición efectiva de habilidades.

Selección de herramientas adecuadas: La correcta elección de herramientas de RX asegura su alineación con los objetivos del proyecto.

- **Duración estimada:** Aproximadamente un mes.
- **Sujetos involucrados:** Equipo de *TI* y gerentes de proyecto.

- **Técnicas y herramientas:** Matrices de costo-beneficio y pruebas piloto en escenarios reales.

Aplicaciones específicas:

- **RA:** Inspecciones de calidad y seguridad (Milgram & Kishino, 1994).
- **RV:** Simulación de cronogramas y flujos de trabajo (Smith & Jones, 2020).
- **RM:** Validación colaborativa de diseños (Jones & Roberts, 2021).

Soluciones recomendadas: Equipos como *Meta Ray-Ban*, *Apple Vision Pro*, *Meta Quest* y *Microsoft HoloLens*, junto con plataformas como *Arkio* y *Web AR*.

- **Integración con procesos existentes:** Combinar RX con metodologías tradicionales (*EDT*, *Gantt*) maximiza la eficiencia y la colaboración.
- **Duración estimada:** Aproximadamente dos meses.
- **Sujetos involucrados:** Gerentes de proyecto y analistas de procesos.
- **Técnicas y herramientas:** Visualizaciones inmersivas y simulaciones en tiempo real.

La transición de procesos analógicos a digitales debe incluir protocolos claros, garantizar interoperabilidad y definir métricas de impacto.

Implementación gradual mediante proyectos piloto: Los pilotos minimizan riesgos y permiten evaluar la viabilidad de RX antes de una adopción generalizada.

- **Duración estimada:** Aproximadamente dos meses.
- **Sujetos involucrados:** Gerentes de proyecto y equipo técnico.
- **Técnicas y herramientas:** Simulaciones inmersivas y herramientas RX para pruebas de funcionalidad.

KPIs sugeridos:

- Costo.
- Plazos.
- Alcance.
- Calidad.

Los resultados deben ser analizados con retroalimentación y lecciones aprendidas (Jones & Roberts, 2021).

Retos y estrategias para la adopción de RX: La inversión inicial puede ser una barrera, por lo que se recomienda un análisis detallado del *ROI* con estudios de casos exitosos.

- **Duración estimada:** Aproximadamente un mes.
- **Sujetos involucrados:** Área financiera y gerencia general.
- **Técnicas y herramientas:** Análisis financieros, presentación de casos exitosos y visualización de datos.

Redefinición de roles: Diseñar programas de formación adaptados a cada rol facilita la adopción de RX.

- **Duración estimada:** Aproximadamente dos meses.
- **Sujetos involucrados:** Recursos Humanos, equipos técnicos y especialistas externos.
- **Técnicas y herramientas:** Tutoriales interactivos, certificaciones en RX y evaluaciones periódicas.

Cambio cultural y resistencia a la innovación: Superar la resistencia al cambio requiere talleres de sensibilización con ejemplos inmersivos.

- **Duración estimada:** Aproximadamente un mes.
- **Sujetos involucrados:** Toda la organización.
- **Técnicas y herramientas:** Simulaciones en RV y reconocimientos a equipos que adopten exitosamente RX.

Integración tecnológica sostenible: Establecer un plan de mantenimiento garantiza la sostenibilidad tecnológica a largo plazo.

- **Duración estimada:** Revisión y actualización cada seis meses.
- **Sujetos involucrados:** Equipo de TI, proveedores y gerentes de proyecto.
- **Técnicas y herramientas:** Contratos de mantenimiento y SLA.

5.1.8.2 Guía básica para quienes no conocen sobre gestión de proyectos

Para aquellas personas que desean implementar RX en proyectos de construcción, pero no cuentan con conocimientos previos de gestión de proyectos, es importante comprender algunos conceptos fundamentales antes de adentrarse en la tecnología.

¿Qué es la gestión de proyectos y por qué es relevante para RX?

La gestión de proyectos es el conjunto de procesos, habilidades y herramientas que permiten planificar, ejecutar y cerrar un proyecto de manera exitosa.

En el contexto de la construcción, gestionar un proyecto significa coordinar recursos (personas, materiales, tecnología y presupuesto) para cumplir con los objetivos en tiempo, costo y calidad.

La implementación de RX no debe verse solo como la adopción de herramientas tecnológicas, sino como parte de una estrategia de gestión para mejorar la eficiencia, reducir errores y optimizar procesos.

¿Por dónde empezar si no sé de gestión de proyectos?

Aprende los fundamentos básicos:

- **Alcance:** Define qué entregables y metas quieres lograr con tu proyecto de construcción y con la integración de RX.
- **Tiempo:** Establece un cronograma con etapas claras (capacitación, selección de herramientas, pilotos, etc.).
- **Costo:** Calcula un presupuesto que contemple la adquisición de herramientas RX y la capacitación.
- **Calidad:** Establece cómo asegurarás la calidad en cada fase, incluyendo la verificación de que la tecnología RX esté bien implementada.

Define roles y responsabilidades:

- Si bien no eres un experto en gestión, asegúrate de tener claridad sobre quién liderará la planificación, quién gestionará la tecnología y quién evaluará los resultados.

Selecciona las herramientas adecuadas:

- RX no es una solución única. Existen tecnologías específicas para cada etapa de la obra (por ejemplo, RV para la simulación del cronograma y RA para inspecciones en campo).

Crea un plan paso a paso:

- Organiza tu proyecto en fases, tal como se muestra en este documento: capacitación, selección de herramientas, integración, piloto y análisis final.

Evalúa y mejora continuamente:

- Implementa indicadores simples como: ¿se cumplieron las fechas?, ¿se redujeron errores?, ¿el equipo usa la tecnología con confianza?.

¿Por qué es importante para ti como no-gestor?

Sin una visión clara de gestión, la implementación de RX puede fallar por falta de planificación, descoordinación o inversiones mal dirigidas. Aprender estos fundamentos te permitirá implementar RX de manera estratégica y obtener mejores resultados.

5.1.8.3 Beneficios esperados y recomendaciones finales.

Con una implementación adecuada, RX puede transformar la gestión de proyectos de construcción, ofreciendo beneficios como:

- Mayor precisión en la planificación y ejecución.
- Reducción del aumento de costos y retrasos.
- Mejora en la colaboración y toma de decisiones informadas.

5.1.9 Consideraciones éticas en la adopción intensiva de la RX en la construcción.

La adopción de tecnologías emergentes como la RX en la industria de la construcción no solo genera impactos en la eficiencia y la gestión de proyectos, sino que también plantea desafíos éticos que deben ser abordados para garantizar una implementación responsable y sostenible.

Brecha tecnológica y exclusión de pequeñas empresas: La implementación masiva de RX podría ampliar la brecha entre grandes empresas con capacidad de inversión tecnológica y pequeñas y medianas empresas (PYMES) que carecen de recursos para adoptar estas herramientas.

Esto puede limitar el acceso equitativo a los beneficios de la RX y dificultar la competitividad de actores con menor capacidad económica.

Privacidad y gestión de datos: El uso de RX, especialmente cuando se integra con BIM, IoT e inteligencia artificial, genera grandes volúmenes de datos sobre los procesos y el comportamiento de los equipos de trabajo.

La recopilación y análisis de esta información debe estar regulada bajo principios de confidencialidad y consentimiento informado, para evitar el mal uso de los datos personales o estratégicos de las empresas.

Impacto en la fuerza laboral: El reemplazo de procesos manuales o tradicionales por tecnologías RX puede generar incertidumbre entre los trabajadores sobre la estabilidad de sus empleos.

Aunque la RX complementa las habilidades humanas, es fundamental implementar programas de capacitación que permitan una transición justa, reduciendo el temor al reemplazo y promoviendo la adopción tecnológica responsable.

Ética en la toma de decisiones automatizadas: La RX, cuando se integra con inteligencia artificial para realizar simulaciones predictivas, podría influir en decisiones críticas relacionadas con la planificación y la ejecución de proyectos.

En este contexto, es necesario garantizar que estas decisiones sean supervisadas por profesionales, evitando la delegación total de responsabilidades a sistemas automatizados.

La adopción intensiva de RX debe ser guiada no solo por la búsqueda de eficiencia y competitividad, sino también por principios de equidad, transparencia, protección de datos y sostenibilidad laboral.

La gestión ética de estas tecnologías permitirá su integración responsable en la industria de la construcción, asegurando beneficios para todos los actores involucrados.

5.1.10 Recomendaciones y buenas prácticas.

Para maximizar el impacto de la RX en la construcción, es esencial adoptar un enfoque estratégico que integre metodologías innovadoras con prácticas consolidadas.

Este capítulo reúne las recomendaciones clave y las buenas prácticas que han demostrado su efectividad, considerando indicadores de desempeño, áreas de impacto y estrategias de implementación.

5.1.10.1 Estandarización de procesos y formación continua.

- **Desarrollo de plantillas y protocolos:** Crear plantillas y protocolos específicos para la integración de RX, alineados con metodologías tradicionales como *EDT* (Estructura Desglosada del Trabajo) y diagramas de *Gantt*.
- **Guía operativa:** Diseñar una guía práctica para la aplicación de RX en diferentes etapas del proyecto, incluyendo planificación, monitoreo y control, asegurando consistencia y replicabilidad.

5.1.10.2 Formación continua del equipo.

La formación continua es esencial para garantizar que los equipos no solo dominen las herramientas tecnológicas, sino que también adquieran competencias en la gestión eficiente de proyectos.

La combinación de conocimientos técnicos y de gestión fortalece la capacidad del equipo para implementar RX de manera estratégica.

- **Capacitación inicial:** Implementar programas introductorios que familiaricen a los equipos con herramientas de RX, adaptados a los diferentes roles en el proyecto (arquitectos, ingenieros, supervisores).

Esta formación debe incluir también los conceptos básicos de gestión de proyectos, como la planificación, control de costos, gestión del alcance y cronogramas, para asegurar una comprensión integral del contexto en el que se aplicará la tecnología.

- **Entrenamiento avanzado:** Ofrecer cursos especializados en tecnologías como RA, RV y RM, integrando certificaciones reconocidas que respalden las competencias adquiridas.

Complementar estos cursos con formación en metodologías de gestión de proyectos como el *PMBOK* o *Agile*, fortaleciendo las capacidades para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera eficiente.

- **Aprendizaje práctico:** Incorporar simulaciones en tiempo real y ejercicios inmersivos como parte del desarrollo profesional continuo, promoviendo la transferencia de habilidades a escenarios reales.

Estas simulaciones no solo deben enfocarse en el uso de RX, sino también en la gestión de situaciones complejas del proyecto, como la toma de decisiones bajo presión, la gestión de riesgos y la coordinación entre equipos multidisciplinarios.

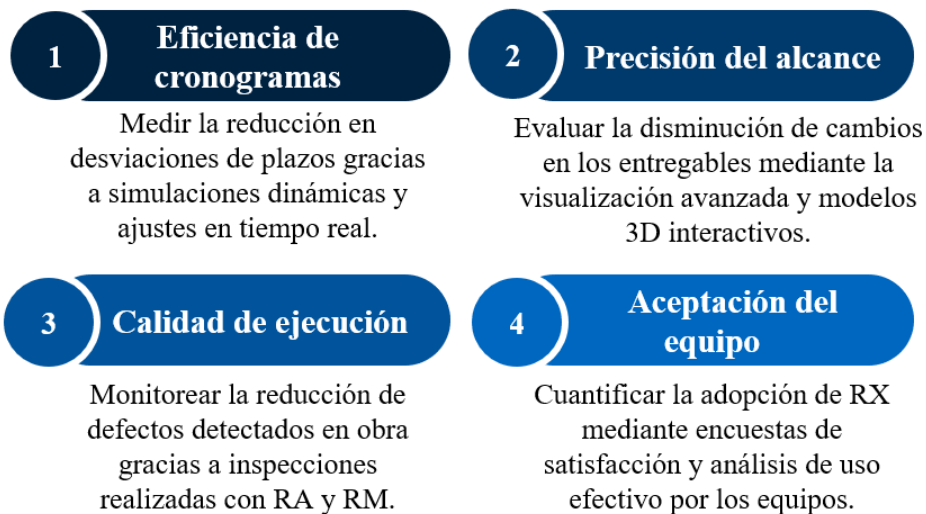
La combinación de formación técnica y de gestión permite al equipo no solo implementar RX de manera efectiva, sino también gestionar los proyectos de construcción de forma más estratégica, eficiente y alineada con los objetivos organizacionales.

5.1.10.3 Indicadores clave de desempeño (KPIs).

El monitoreo de KPIs específicos es esencial para evaluar el éxito de la implementación de RX y guiar mejoras futuras.

Figura 5.4.

KPIs para la evaluación del éxito de RX.



Fuente: Elaboración propia. (2025).

5.1.10.4 Perfil del personal necesario para implementar RX.

Para implementar tecnologías de RX de manera efectiva, es necesario contar con un equipo especializado que incluya un líder digital.

Este perfil debe combinar conocimientos técnicos en RX con experiencia en operaciones de negocio y gestión de proyectos.

En caso de que la organización no disponga de un líder digital interno, se sugiere contratar servicios de consultoría especializados.

Estas consultorías, enfocadas en la integración de tecnologías emergentes, pueden diseñar, implementar y facilitar la adopción de RX en industrias como la construcción.

Este apoyo externo aporta experiencia y herramientas que optimizan los procesos de adopción tecnológica, garantizando resultados efectivos y sostenibles.

Con estas recomendaciones, las organizaciones pueden liderar el cambio hacia una gestión de proyectos más eficiente, innovadora y adaptativa.

La estandarización de procesos, la formación continua y la implementación gradual de RX son pilares fundamentales para asegurar el éxito de esta transformación.

A medida que las herramientas evolucionan, el compromiso con la mejora constante permitirá que RX se convierta en un componente esencial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

5.1.11 Beneficios tangibles de RX en la construcción.

La RX aporta beneficios concretos en diversas áreas críticas de los proyectos de construcción.

- **Precisión mejorada:** Las herramientas de visualización en 3D y simulaciones dinámicas permiten prever conflictos antes de la ejecución, lo que reduce significativamente los errores y la realización de dobles trabajos en tareas asignadas.
- **Eficiencia operativa:** La colaboración remota y en tiempo real entre equipos multidisciplinarios acelera la toma de decisiones y mejora la coordinación.
- **Calidad y seguridad:** Las inspecciones realizadas con RA y RM aseguran que los estándares de calidad se cumplan desde las primeras etapas, reduciendo riesgos y defectos en obra.
- **Sostenibilidad:** Al optimizar los recursos y minimizar desperdicios, RX contribuye a un enfoque más ecológico y rentable en la construcción.

5.1.12 Enfoque estratégico para la adopción de RX.

Para adoptar RX de manera efectiva, las organizaciones deben mantener un equilibrio entre la innovación y la consolidación de las bases tradicionales.

- **Integración híbrida:** RX no debe reemplazar por completo las metodologías tradicionales, sino complementarlas. Por ejemplo, herramientas como EDT y *Gantt* pueden ser potenciadas con visualizaciones inmersivas.
- **Capacitación constante:** Formar equipos multidisciplinarios con habilidades en herramientas de RX asegura que la tecnología se use de manera eficiente y estratégica.
- **Implementación escalonada:** Iniciar con proyectos piloto de baja complejidad permite validar la viabilidad de RX y ajustar su uso antes de aplicarlo en proyectos más grandes.
- **Documentación y mejora continua:** Registrar las lecciones aprendidas y de los KPIs en cada implementación fomenta un proceso de mejora constante que maximiza los beneficios de RX.

La RX trasciende su rol como una herramienta tecnológica, representando una nueva perspectiva para concebir y ejecutar proyectos en el ámbito de la construcción. Su implementación

estratégica permite a los profesionales enfrentar con mayor confianza los desafíos de un sector caracterizado por su constante evolución.

Al integrar las fortalezas de los métodos tradicionales con las capacidades innovadoras de RX, las organizaciones pueden transformar significativamente la planificación, ejecución y entrega de proyectos, garantizando resultados de alta calidad, mayor eficiencia y sostenibilidad.

Con este enfoque, los líderes del sector se posicionan para afrontar los retos actuales y dirigir la transición hacia un futuro más tecnológico, colaborativo y eficiente en el ámbito de la construcción.

5.1.13 Conclusiones.

El análisis presentado en este manual demuestra que la integración de métodos tradicionales con tecnologías emergentes, como la RX, tiene el potencial de transformar significativamente la planificación y gestión de proyectos de construcción.

Mediante una adopción estratégica, RX no solo optimiza los procesos existentes, sino que también abre nuevas oportunidades para abordar los retos presentes y futuros del sector.

Las conclusiones desarrolladas sintetizan los aprendizajes más relevantes y delinean un camino claro hacia el futuro de la industria, marcando una evolución en las prácticas y herramientas del ámbito constructivo.

1. **RX como un catalizador de innovación:** La capacidad de RX para mejorar la visualización, la precisión y la adaptabilidad en proyectos de construcción la posiciona como una herramienta esencial en entornos cada vez más complejos.
2. **Optimización de recursos:** Su implementación facilita la reducción de errores, minimiza el aumento de costos y optimiza cronogramas, lo que genera un impacto tangible en la satisfacción del cliente y en la rentabilidad de los proyectos.
3. **Beneficios a mediano y largo plazo:** Aunque los costos iniciales de implementación pueden representar una barrera, el retorno de la inversión se justifica por las mejoras sostenidas en la eficiencia, la calidad y la colaboración a lo largo del tiempo. Para facilitar el acceso a tecnologías de RX en etapas tempranas, se recomienda explorar alternativas de bajo costo, como el uso de aplicaciones gratuitas o de código abierto, simulaciones en dispositivos de menor gama y programas de leasing o alquiler de equipos. Estas opciones

pueden alentar la implementación inicial de RX, permitiendo que las organizaciones experimenten sus beneficios sin incurrir en gastos significativos.

Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones

Según los objetivos planteados en la investigación, se muestran las conclusiones y recomendaciones a continuación.

6.1 Conclusiones.

Este capítulo presenta las reflexiones clave derivadas del cumplimiento de los objetivos de la investigación, con un enfoque en las oportunidades y desafíos asociados con la integración de herramientas de RX en la planificación de proyectos de construcción.

Los hallazgos más relevantes se destacan al compararlos con los métodos tradicionales.

1. Objetivo General

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la incorporación de RX posee un alto potencial para transformar la planificación de proyectos de construcción, ya que permite optimizar procesos, mejorar la precisión en las actividades y promover una colaboración más efectiva entre equipos multidisciplinarios.

En particular, los hallazgos presentados en la tabla 4.14 y figura 4.12 indican que la RX reduce los errores en planificación en un 40 %, lo que se debe a su capacidad de visualización inmersiva en tiempo real, la cual facilita la detección temprana de fallos estructurales y problemas de diseño antes de la ejecución.

Asimismo, la tabla 4.15 confirma que la comunicación entre equipos multidisciplinarios aumentó en un 75 %, fortaleciendo la coordinación y la toma de decisiones en los proyectos.

Aunque los datos muestran beneficios en términos de precisión y eficiencia, la adopción de RX enfrenta barreras económicas, culturales y técnicas que dificultan su integración generalizada en la industria.

La sección 4.5.2 y la tabla 4.18 reflejan que los altos costos de implementación, la falta de estándares de interoperabilidad y la necesidad de capacitación técnica especializada siguen siendo obstáculos significativos para su adopción.

En consecuencia, se concluye que la hipótesis es parcialmente confirmada. Si bien la RX mejora la planificación y reduce errores en entornos donde existe infraestructura tecnológica y recursos suficientes para su implementación, su viabilidad en organizaciones con capacidad limitada sigue siendo un desafío y requiere estrategias adicionales de financiamiento y capacitación para garantizar su éxito.

Objetivo 1: Analizar las condiciones actuales de la planificación de proyectos de construcción.

- i. Se concluye que los métodos tradicionales de planificación, como *CPM*, *PERT* y los diagramas de *Gantt*, si bien son ampliamente utilizados en la industria de la construcción, presentan limitaciones importantes.

Estas herramientas no logran anticipar de manera precisa los conflictos en las etapas tempranas del proyecto ni facilitan la colaboración eficiente en entornos dinámicos. En la sección 4.3.1, se observa que el 60 % de los encuestados percibe una falta de precisión en estos métodos para predecir errores en la fase de diseño (véase figura 4.8).

- ii. La RX se posiciona como una solución que aborda estas deficiencias al permitir la visualización en tiempo real de modelos y procesos. Como se observa en las figuras 4.10 y 4.12, esta tecnología facilita la detección temprana de errores y mejora la coordinación entre equipos, contribuyendo a una planificación más robusta y eficiente.

Objetivo 2: Comparar herramientas de RX frente a los requisitos críticos.

- i. Los resultados de la investigación, expuestos en la sección 4.4.3, demuestran que la implementación de RX genera mejoras significativas en la planificación de proyectos.

En particular, se reporta una reducción del 40 % en errores (véase tabla 4.14) y una optimización de tiempos del 35 % (véase figura 4.13), lo que confirma la capacidad de la RX para cumplir con requisitos críticos de eficiencia y precisión.

- ii. No obstante, los datos también revelan desafíos importantes. La inversión inicial en RX y la curva de aprendizaje prolongada continúan siendo las principales barreras de adopción, tal como se refleja en la percepción de los encuestados y en los datos analizados. Estos factores afectan especialmente a empresas con menor capacidad tecnológica y limitan la viabilidad de su implementación a gran escala.

Objetivo 3: Determinar fortalezas y debilidades de la RX en comparación con métodos tradicionales.

- i. Se concluye que la RX aporta beneficios sustanciales frente a los métodos tradicionales de planificación. La capacidad de esta tecnología para reducir errores

en la fase de diseño en un 40 % (véase figura 4.12) y para aumentar la colaboración entre equipos en un 75 % (véase tabla 4.15) destaca su potencial para transformar la gestión de proyectos de construcción.

- ii. De igual manera, los resultados indican que la RX contribuye a la optimización de recursos y tiempos de planificación, logrando una reducción del 35 % en plazos, como se detalla en la figura 4.13.

Esta mejora sustancial en la eficiencia operativa refuerza la viabilidad de RX como herramienta para entornos complejos y colaborativos dentro del sector.

Objetivo 4: Proponer recomendaciones para la integración de RX.

- i. Se concluye que la adopción efectiva de RX requiere una implementación gradual y planificada.

Según la sección 4.6.3, la implementación de proyectos piloto, junto con una estrategia de capacitación y la creación de normativas sectoriales, facilita una transición exitosa hacia entornos que integren tecnologías de RX.

- ii. Los hallazgos respaldan la necesidad de estructurar políticas de financiamiento que permitan a las organizaciones enfrentar los desafíos económicos asociados a la inversión inicial.

Este enfoque integral permitirá maximizar los beneficios de la RX y garantizar una integración sostenible en los procesos de planificación y ejecución de proyectos de construcción.

6.2 Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones están dirigidas a actores clave del sector, con un cronograma estructurado en corto (0-1 años), mediano (1-3 años) y largo plazo (3-5 años), con el fin de facilitar la adopción de la RX y maximizar su impacto en la planificación de proyectos de construcción.

Una recomendación fundamental derivada de este estudio es validar las estrategias propuestas mediante datos de campo y la retroalimentación de expertos de entidades clave de la industria, como la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) y el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

La CCC ha mostrado interés en la implementación de la RA en el sector construcción. Por ejemplo, ha difundido información sobre cómo la RA puede facilitar la comunicación y la

prevención de problemas en proyectos de construcción, destacando su potencial para mejorar la eficiencia y la precisión en el sector (Cámara Costarricense de la Construcción, s.f.).

Por su parte, el CFIA ha organizado eventos que promueven la adopción de tecnologías emergentes en la industria de la construcción.

En el BIM CON CFIA 2024, se abordaron temas como la RA, la IA y otras tecnologías disruptivas que están revolucionando los procesos de diseño, construcción y gestión de activos, permitiendo una mayor eficiencia y colaboración en toda la cadena de valor (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2024). revista.cfia.or.cr

El Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales (CIEMI), miembro del CFIA, ha impulsado cursos especializados en realidad aumentada para la industria, señalando el interés y la necesidad de capacitación en estas tecnologías dentro del sector (CIEMI Costa Rica, 2023).

La participación de la CCC y el CFIA en la validación de las estrategias propuestas garantizará que las recomendaciones estén alineadas con las mejores prácticas del mercado y las necesidades reales de la industria, así como con el marco regulatorio nacional.

Se sugiere que ambas instituciones participen en talleres de retroalimentación y validación de las estrategias propuestas, y en la posible adopción de guías de buenas prácticas adaptadas al contexto costarricense, facilitando así una adopción efectiva de la RX en la industria de la construcción.

Se han priorizado las recomendaciones según dos criterios principales:

1. **Urgencia:** Grado de importancia de la acción para garantizar la correcta adopción de RX en la industria de la construcción.
 - **Alta:** Acciones que deben implementarse de inmediato para sentar las bases de la adopción de RX.
 - **Media:** Acciones necesarias para consolidar la RX en el sector, pero que pueden desarrollarse en un período más amplio.
 - **Baja:** Acciones estratégicas a largo plazo, orientadas a la sostenibilidad y evolución de la tecnología.
2. **Factibilidad:** Nivel de viabilidad para ejecutar la acción según los recursos disponibles, el contexto tecnológico y la infraestructura existente.

- **Alta:** Se pueden implementar con los recursos actuales y requieren pocos ajustes.
- **Media:** Necesitan planificación adicional, financiamiento o cambios organizacionales moderados.
- **Baja:** Requieren inversión significativa o desarrollos tecnológicos avanzados antes de su implementación.

Esta priorización permite establecer un marco de acción claro, asegurando que las estrategias propuestas sean realistas y aplicables en el tiempo adecuado.

6.2.1 Corto plazo (0-1 años): Establecer las bases.

Urgencia: Alta | Factibilidad: Alta

Capacitación y sensibilización.

- **Para gerentes de proyectos:** Implementar programas de formación técnica progresiva enfocados en el uso práctico de RX en todas las etapas del proyecto (sección 4.5.3).
- **Para instituciones educativas y centros de investigación:** Establecer programas académicos y talleres especializados en RX para preparar a futuros profesionales y reducir la curva de aprendizaje (tabla 4.20).

Proyectos piloto y evaluación de impacto.

- **Para responsables de tecnología en empresas constructoras:** Diseñar estrategias de adopción gradual con fases piloto para evaluar el impacto de la RX y realizar ajustes antes de una implementación total (figura 4.15).
- Medir indicadores clave de desempeño (*KPIs*) como reducción en tiempos de planificación, mejora en detección de errores y eficiencia en comunicación entre equipos (tabla 4.18).

Sensibilización organizacional..

- **Para directores ejecutivos de compañías:** Implementar programas de cambio cultural organizacional, destacando los beneficios de RX mediante demostraciones prácticas y casos de éxito (figura 4.17).
- **Para responsables de contratación:** Priorizar la contratación de perfiles especializados en RX para acelerar la adopción en proyectos reales (figura 4.19).

6.2.2 Mediano plazo (1-3 años): Expansión y optimización.

Urgencia: Media | Factibilidad: Media

Interoperabilidad y normativas sectoriales.

- **Para desarrolladores de *software* de RX:** Crear interfaces más intuitivas que reduzcan la curva de aprendizaje y mejoren la experiencia del usuario (tabla 4.22).
- **Para instituciones reguladoras:** Definir lineamientos de interoperabilidad para garantizar la compatibilidad de RX con plataformas tradicionales como BIM y herramientas de gestión de cronogramas (figura 4.20).
- **Para asociaciones del sector de la construcción:** Organizar foros y talleres para compartir experiencias y mejores prácticas en implementación de RX (sección 4.6.2).

Incentivos financieros y estrategias de adopción.

- **Para gobiernos y entidades financieras:** Diseñar esquemas de financiamiento para facilitar la adopción de RX en empresas con menor capacidad económica, incluyendo subsidios o incentivos fiscales (tabla 4.23).
- **Para empresas del sector construcción:** Desarrollar planes de inversión tecnológica para modernizar herramientas de planificación y gestión de proyectos (figura 4.21).

6.2.3 Largo plazo (3-5 años): Consolidación y sostenibilidad.

Urgencia: Baja | Factibilidad: Baja

Cambio organizacional y estandarización.

- **Para directores ejecutivos de compañías:** Establecer una cultura organizacional orientada a la innovación tecnológica como un elemento clave para la competitividad (sección 4.6.3).
- **Para instituciones reguladoras:** Promover la adopción de estándares técnicos nacionales e internacionales que regulen la utilización de RX en la industria de la construcción (tabla 4.25).

Innovación y evolución tecnológica.

- **Para desarrolladores de *software* y startups:** Invertir en investigación y desarrollo para mejorar la accesibilidad y reducir costos de las tecnologías RX (figura 4.24).
- **Para asociaciones tecnológicas:** Crear alianzas estratégicas entre empresas constructoras y desarrolladores de *software* para acelerar la adopción de RX en el sector (tabla 4.26).

Monitoreo de impacto y mejora continua.

- **Para responsables de planificación:** Implementar sistemas de evaluación que midan el impacto de RX en productividad y costos a lo largo del tiempo (tabla 4.27).
- **Para líderes de proyectos y gobiernos:** Ajustar estrategias y herramientas con base en los avances tecnológicos y las necesidades emergentes del sector (figura 4.28).

Los resultados de esta investigación confirman que la RX tiene el potencial de transformar la planificación de proyectos de construcción.

Su adopción requiere superar barreras económicas, técnicas y organizacionales.

Para garantizar su viabilidad, es fundamental implementar estrategias de capacitación, financiamiento y estandarización, permitiendo así una transición sostenible hacia una planificación más eficiente y precisa.

6.3 Confirmación de la hipótesis

Los hallazgos obtenidos en la sección 4.6.3 confirman que la RX mejora la planificación de proyectos, en especial en la detección temprana de errores (40 %, figura 4.12), la comunicación efectiva (75 %, tabla 4.15) y la visualización colaborativa en tiempo real (sección 4.4.2).

La adopción de RX está condicionada por factores clave como la capacitación, la infraestructura tecnológica y la inversión económica.

Esto sugiere que la RX es más viable en empresas con alta capacidad tecnológica, mientras que su adopción en organizaciones con menor acceso a recursos requiere estrategias adicionales de financiamiento y formación especializada.

Se concluye que la hipótesis es parcialmente confirmada. Si bien la RX optimiza la planificación en entornos con infraestructura y financiamiento adecuados, su implementación no es inmediata ni universal.

La presencia de barreras económicas, organizacionales y técnicas indica que su viabilidad varía según el contexto, por lo que se requiere mayor investigación sobre estrategias de adopción en empresas con limitaciones de recursos.

Capítulo 7 Referencias bibliográficas

Ahmad, M. O., Dennehy, D., Conboy, K., Oivo, M., & Markkula, J. (2019). Kanban in software engineering: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software, 149*, 340–359. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.12.021>

Ahmed, M., & Al-Hammad, A. (2020). Gestión de riesgos en proyectos de construcción: Estrategias para el control de recursos y tiempos. *Journal of Construction Management, 12*(4), 345–359.

Ahsan, M., & Sattar, T. (2021). Mejora en la comunicación y calidad en proyectos de construcción: Un análisis de impacto. *International Journal of Project Management, 39*(5), 567–582.

Ahmad, R., Wong, S., & Chong, H. (2021). Agile project management in the construction industry: Application and challenges. *Construction Management and Economics, 39*(4), 248–263.

Ahuja, R., Sawhney, A., & Arif, M. (2022). *Virtual reality based design validation in healthcare construction projects: A Mexican case study*. *Automation in Construction, 140*, 104312. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104312>

Alarcón, L. F., Mourgues, C., & Bustamante, C. (2021). *Use of augmented reality for coordination of infrastructure projects in Bogotá metro system*. *Journal of Construction Engineering and Management, 147*(7), 04021059. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002025)

Al-Sakkaf, Y., & Campbell, G. (2022). Cultural barriers to the adoption of augmented reality in construction projects. *Automation in Construction, 134*, 104163. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104163>

Arkio. (n.d.). Collaborative design in AR and VR. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.arkio.com>

Apple. (n.d.). Apple Vision Pro. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.apple.com/vision-pro>

Armenakis, A. A., & Bedeian, A. G. (2021). Organizational change: A review of theory and research in the 1990s. *Journal of Management, 21*(3), 293–315. <https://doi.org/10.1177/014920639502100302>

Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2021). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, *11*(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000123](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000123)

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2021). Building Information Modeling (BIM): Benefits and implementation in the construction industry. *Automation in Construction*, *116*, 103195.

Beatty, J. (2022, 5 de diciembre). Rams and ARound introduce the next generation of stadium augmented reality sponsored by SoFi. *Los Angeles Rams*.

BigRentz. (2024). BigRentz: Alquiler de equipos de construcción en línea. Recuperado de <https://www.bigrentz.com/about-us>

Braun, V., & Clarke, V. (2020). Thematic analysis. En *The SAGE Handbook of Qualitative Research in Psychology* (2^a ed., pp. 17–37). SAGE Publications.

Brito, G., dos Santos, R., & Silva, P. (2019). Augmented reality and stakeholder communication: Enhancing collaborative decision-making. *Construction Innovation*, *19*(3), 334–349.

Brown, T., & Green, M. (2021). Benefits and challenges of adopting augmented reality in construction project planning. *International Journal of Project Management*, *39*(7), 878–892. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.05.003>

Cámara Costarricense de la Construcción. (s.f.). *Archivos secretos de la realidad aumentada: Cómo la RA mejora la eficiencia en proyectos de construcción*. Cámara Costarricense de la Construcción. Recuperado el 19 de marzo de 2025, de <https://construccion.co.cr/archivos-secretos-de-la-realidad-aumentada/>

Cameron, K., & Quinn, R. (2021). Diagnosing and changing organizational culture: Based on the competing values framework (4th ed.). Wiley.

Carayannis, E. G., Meissner, D., & Edelkina, A. (2021). The Emerging Digital Economy: Reshaping Globalization. *Journal of the Knowledge Economy*, *12*(1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s13132-019-00610-z>

Choi, S., Lee, H., & Kang, M. (2021). Virtual reality as a decision-making tool for residential construction projects. *Journal of Building Performance Simulation*, *14*(1), 24–38. <https://doi.org/10.1080/19401493.2020.1824931>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2024). *BIM CON CFIA 2024: Innovación, tecnología y gestión*. Revista CFIA. Recuperado el 19 de marzo de 2025, de <https://revista.cfia.or.cr/bim-con-cfia-2024-innovacion-tecnologia-y-gestion/>

Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales de Costa Rica. (2023, 8 de noviembre). *Curso: Realidad aumentada para la industria*. CIEMI. Recuperado el 19 de marzo de 2025.

Conforto, E. C., Amaral, D. C., da Silva, S. L., & Di Felippo, A. (2020). The agile transformation in the construction industry: From waterfall to agile methodologies. *International Journal of Project Management*, 38(7), 473–484.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2020). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Coursera. (n.d.). *Online courses from top universities and companies*. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.coursera.org>

García, L., & López, M. (2020). Aplicaciones de realidad aumentada en proyectos de construcción. *Automation in Construction*, 110, 102839. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.102839>

Discover Los Angeles. (2025, 16 de enero). Descubre el Aeropuerto Internacional de Los Ángeles (LAX). Recuperado de <https://www.discoverlosangeles.com>

Dossick, C. S., & Neff, G. (2019). Data and the digital divide: The role of robust software in enhancing construction quality through virtual technologies. *Journal of Information Technology in Construction*, 24, 75–92. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.005>

Du, J., Shi, Y., & Zheng, P. (2020). Virtual reality for stakeholder management in construction projects: A case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 05020038.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.

edX. (n.d.). *Online courses by Harvard, MIT, and more*. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.edx.org>

El Khatib, A. (2024). Disruptive technologies in project management: Adapting to the future. *Journal of Project Management*, 45(1), 32–49.

Elghaish, F., Abrishami, S., & Hosseini, M. R. (2020). Integrated project delivery with BIM: An AR/VR-enhanced approach. *Automation in Construction*, *118*, 103274.

Fischer, M., & Kunz, J. (2021). Collaborative design review in virtual reality for construction. *Stanford University Report*. <https://purl.stanford.edu/>

Ge, Z., Liu, S., Wang, F., Li, Z., & Sun, J. (2021). YOLOX: Exceeding YOLO series in 2021. *arXiv preprint arXiv:2107.08430*.

Getuli, V., Ventura, S. M., Capone, P., & Ciribini, A. L. C. (2020). BIM-based immersive virtual reality for construction scheduling: A comparative study. *Advanced Engineering Informatics*, *45*, 101122.

Hartmann, T., & Levitt, R. E. (2020). Organizational barriers to adopting innovative technologies in construction. *Construction Management and Economics*, *38*(10), 857–873. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1799643>

Hasan, R., Ahmed, S., & Ullah, A. (2022). Augmented reality in construction project cost estimation. *Automation in Construction*, *137*, 104212.

Hou, L., Wang, X., & Zhou, Y. (2021). Augmented reality in construction procurement and inventory management: Efficiency and accuracy improvements. *Automation in Construction*, *126*, 103654.

Jones, M., & Roberts, L. (2021). *Integrating virtual and augmented reality in construction project management*. Springer.

Karan, E. P., Irizarry, J., & Gheisari, M. (2021). Integrating augmented and virtual reality in construction resource management systems. *Journal of Construction Management and Economics*, *40*(2), 145–159.

Kerzner, H. (2020). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.

Khan, A., Ali, S., & Iqbal, N. (2021). Impact of augmented reality on project management knowledge areas: A comprehensive review. *Journal of Project Management*, *6*(1), 39–53.

Kim, J., & Kim, H. (2023). Strategies for integrating augmented reality in construction project management systems. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, *28*(1), 45–60. <https://doi.org/10.36680/ITcon.2023.28.1.45>

Kerzner, H. (2021). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.

Kotter, J. P. (2020). *Leading change*. Harvard Business Review Press.

La Opinión. (2021, 14 de julio). Aeropuerto Internacional de Los Angeles se moderniza con sistema automático para transportar personas. Recuperado de <https://laopinion.com/2021/07/14/aeropuerto-internacional-de-los-angeles-se-moderniza-con-sistema-automatico-para-transportar-personas/>

Lee, J., & Park, H. (2021). Exploring augmented reality tools for construction project management: A case study approach. *Automation in Construction*, 125, 103627. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103627>

Lee, S., & Wong, K. (2021). Overcoming cultural resistance in implementing virtual reality in construction project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(10), 04021089. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001994](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001994)

Li, H., Lu, W., & Chan, N. (2021). Applications of augmented and virtual reality in quality control of construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 05021011.

Li, Y., Wu, W., Wang, X., & Gao, G. (2022). Augmented reality for collaborative design and construction: Current status and future trends. *Automation in Construction*, 132, 103980. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103980>

Lin, C. H., & Su, S. Y. (2019). Enhancing customer experience through virtual reality in construction projects. *Computers in Industry*, 112, 103122. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103122>

Lin, C. H., & Su, S. Y. (2019). Enhancing customer experience through virtual reality in construction projects. *Computers in Industry*, 112, 103122. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103122>

Los Angeles Rams. (s.f.). Rams Around Stadium: Augmented Reality sponsored by SoFi. Recuperado de <https://www.therams.com/news/rams-around-stadium-augmented-reality-sponsored-by-sofi>

Lovreglio, R., Gonzalez, V., & Amor, R. (2020). The effectiveness of virtual reality for building design review tasks. *Automation in Construction*, 107, 102933. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102933>

Lu, Y., Wu, X., Li, Y., & Xu, J. (2020). Blockchain technology in the construction industry: Applications, benefits, and challenges. *Automation in Construction*, 118, 103312. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103312>

Martinez, S., & Lopez, A. (2020). Seamless integration of virtual reality into construction project workflows. *Construction Innovation*, 20(4), 456–474. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2020-0108>

Masood, R., Kharal, M. K., & Nasir, A. R. (2021). BIM for sustainable buildings: Assessing the role of BIM in green building project delivery. *Building and Environment*, 194, 107705. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107705>

Melo, M., Fernandes, G., & Araújo, M. (2021). Agile project management in construction: Benefits, challenges, and industry adaptation. *Procedia Computer Science*, 180, 1022–1029.

Melo, R., Silva, J. M., & Alarcón, L. F. (2021). Agile approaches in construction project management: A systematic literature review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 1–11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002016](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002016)

Meta. (n.d.). *Meta Quest Pro*. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.meta.com>

Mihić, M., Petrović, J., & Obradović, D. (2020). Virtual project management: Enhancing team collaboration and decision-making through immersive tools. *International Journal of Project Management*, 38(5), 789–802.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2023). *Informe de avances en la modernización de procesos de control y planificación de proyectos viales en Costa Rica*. Dirección de Obras Públicas.

Milgram, P., & Kishino, F. (2020). The reality-virtuality continuum: An overview. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 29(2), 1–15.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (2021). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 30(1), 1–19.

Moment Factory. (s.f.). Transformación del Aeropuerto Internacional de Los Angeles. Recuperado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/transformacion-del-aeropuerto-internacional-de-los-angeles-por-moment-factory>

Nguyen, T., & Tran, M. (2022). Virtual reality applications in construction project management: Enhancing collaboration and visualization. *International Journal of Construction Management*, 22(3), 245–260. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1985674>

Noghabaei, M., Han, K., Esmaeili, B., & Alizadehsalehi, S. (2020). Barriers to adopting emerging technologies in the construction sector. *Journal of Construction Research*, 12(3), 345–367.

Nsflow. (2024). Nsflow: Plataforma de realidad aumentada para colaboración remota y capacitación práctica. Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nsFlow.nsMobileFlow>

Oliveira, T., Thomas, M., Baptista, G., & Campos, F. (2020). Mobile payment adoption: A unified perspective of five models. *International Journal of Information Management*, 30(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2011.05.003>

PMI. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (7th ed.). Project Management Institute.

Rogers, E. M. (2020). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., & Xie, H. (2019). Training construction workers with virtual reality: A safety-focused approach. *Automation in Construction*, 101, 29–40.

Sacks, R., Dave, B., Koskela, L., & Owen, R. (2020). Lean construction: Principles and practices. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*, 173(1), 24–32. <https://doi.org/10.1680/jcien.20.00041>

Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2020). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3^a ed.). Wiley.

Saifan, S., El-Gohary, H., & Khalil, M. (2022). Quality standards and risk management in construction. *Journal of Construction Research*, 15(2), 201–225.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game*. Scrum.org.

Shen, Y., & Wu, Z. (2020). Real-time adjustments in construction using augmented reality technologies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6), 04020046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001809](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001809)

Sidani, M., Khalil, R., & Hamdan, S. (2021). Unexplored potentials of augmented and virtual reality in construction management. *Journal of Building Research and Information*, 49(4), 387–401.

Silver, C., & Woolf, N. H. (2019). *Qualitative analysis using NVivo: The Five-Level QDA Method*. SAGE Publications.

Singh, R., & Gupta, S. (2022). Evaluating the impact of virtual reality on project planning efficiency in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(6), 04022035. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002129](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002129)

Skanska. (2022). *Implementing Agile Methodologies in Construction: A Case Study*. Skanska Group Publications.

Smith, A., & Johnson, B. (2021). *Advanced data analysis techniques in Excel*. Pearson Education.

Smith, J. (2020). *Advanced visualization techniques in construction management*. Taylor & Francis.

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2020). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 110, 103018. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103018>

Taghizadegan, S., Gorman, J. R., & Taghizadegan, M. (2019). *Six Sigma: Advanced tools for black belts and master black belts*. Elsevier.

Telemundo 52. (2021, 14 de julio). LAX estrena recorrido virtual de las instalaciones del aeropuerto. Recuperado de <https://www.telemundo52.com/noticias/local/lax-estrena-recorrido-virtual-de-las-instalaciones-del-aeropuerto/2138159/>

Udemy. (n.d.). *Learn anything, on your schedule*. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.udemy.com>

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2020). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/249008>

Web AR. (n.d.). *Augmented reality experiences*. Retrieved January 27, 2025, from <https://www.webar.io>

Wong, J. K. W., & Fan, Q. (2020). Building Information Modeling (BIM) and augmented reality (AR) integration for effective collaboration in construction projects. *Automation in Construction*, 113, 103144. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103144>

Wu, P., Feng, Y., Pienaar, J., & Zhao, Y. (2021). Exploring the benefits of agile approaches in construction project management. *Journal of Building Engineering*, 43, 102525.

Zaher, M., Greenwood, D., & Marzouk, M. (2022). Integrating mobile augmented reality with project scheduling software for construction monitoring. *Automation in Construction*, 137, 104232. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104232>

Zhang, Y., & Teizer, J. (2022). Augmented reality for construction safety training and management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(1), 04021043. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002095](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002095)

Capítulo 8 Apéndices

8.1 Apéndice A: Entrevista semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción.

Estimado/a [Nombre del Participante],

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales

¿Qué herramientas y *software* tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX)

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Firma:

[Tú Nombre]

[Tú Contacto]

[Tu Universidad]

8.2 Apéndice B: Cuestionario: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción.

Estimado/a experto/a,

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

- Arquitecto/a Ingeniero/a Civil
 Diseñador/a BIM Otro (especificar): _____
 Gerente de Proyectos

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

- Menos de 1 año 7-10 años
 1-3 años Más de 10 años
 4-6 años

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

- Sí (especificar): _____
 No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

- Ninguno 3-5 proyectos
 1-2 proyectos Más de 5 proyectos

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

- Sí
 No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Autodesk Revit | <input type="checkbox"/> Procore |
| <input type="checkbox"/> Navisworks | <input type="checkbox"/> Herramientas RX (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> PlanRadar | _____ |
| <input type="checkbox"/> Oracle Primavera | <input type="checkbox"/> Otras (especificar): _____ |

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

- | | |
|-----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Frecuentemente |
| <input type="checkbox"/> Rara vez | <input type="checkbox"/> Siempre |
| <input type="checkbox"/> A veces | |

4. Uso de herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Diseño conceptual | <input type="checkbox"/> Análisis de costos |
| <input type="checkbox"/> Desarrollo de planos | <input type="checkbox"/> Control de calidad |
| <input type="checkbox"/> Coordinación interdisciplinaria | <input type="checkbox"/> Otro (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> Gestión de cronogramas | |

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Modelado 3D avanzado | <input type="checkbox"/> Gestión de recursos |
| <input type="checkbox"/> Simulación de escenarios | <input type="checkbox"/> Colaboración en tiempo real |
| <input type="checkbox"/> Integración con BIM | <input type="checkbox"/> Otro (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> Análisis predictivo | |

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

- No se ha observado mejora
- Leve mejora
- Mejora moderada
- Alta mejora
- Mejora significativa

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

- No han contribuido
- Han contribuido poco
- Han contribuido moderadamente
- Han contribuido mucho
- Han contribuido de manera muy significativa

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Muy difíciles de usar
- Difíciles de usar
- Neutrales
- Fáciles de usar
- Muy fáciles de usar

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

- Muy difícil de integrar
- Difícil de integrar
- Neutro
- Fácil de integrar
- Muy fácil de integrar

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

- Muy insatisfactorio
- Insatisfactorio
- Neutro
- Satisfactorio
- Muy satisfactorio

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

- No importante
- Poco importante
- Moderadamente importante
- Muy importante
- Vital para el futuro

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

- Mayor integración con IA
- Realidad aumentada y virtual
- Automatización de procesos
- Análisis de big data
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- Otro (especificar): _____

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

- Falta de conocimiento y capacitación
- Resistencia al cambio por parte del personal
- Costos de implementación
- Complejidad de las herramientas
- Falta de integración con sistemas existentes
- Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

- Mayor capacitación y formación
- Inversión en infraestructura tecnológica
- Desarrollo de herramientas más intuitivas
- Mejora en el soporte técnico
- Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas
- Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

Sí

No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

8.3 Apéndice C: Entrevista semiestructurada para proveedores de *hardware* y *software* de Realidad Extendida (RX)

Estimado/a [Nombre del Participante],

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como proveedor de soluciones de RX son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las soluciones de Realidad Extendida (RX) que su empresa provee están siendo integradas en la gestión de proyectos de construcción, evaluar los beneficios observados en comparación con metodologías tradicionales y explorar recomendaciones para una implementación efectiva.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 60 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes

¿Podría describir brevemente la trayectoria de su empresa en el desarrollo y provisión de tecnologías de Realidad Extendida (RX) para la industria de la construcción?

¿Cuáles considera que han sido los hitos más significativos en la evolución de sus soluciones de RX para la gestión de proyectos de construcción?

Sección 2: Capacidades y funcionalidades de las soluciones RX

¿Qué características distinguen a sus productos de RX en comparación con otras soluciones en el mercado?

¿Cómo se aseguran de que sus soluciones de RX se adapten a las necesidades específicas de los proyectos de construcción?

Sección 3: Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción

¿Puede compartir ejemplos de cómo sus herramientas de RX han sido integradas en proyectos de construcción específicos?

¿Qué desafíos ha enfrentado su empresa al integrar RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción y cómo los ha superado?

Sección 4: Beneficios y desafíos de la integración de RX

Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios que la integración de RX aporta al proceso de planificación de proyectos de construcción?

¿Qué limitaciones o desafíos identifica en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Sección 5: Comparación con metodologías tradicionales

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión en la planificación?

¿Puede proporcionar casos donde la implementación de RX ha superado significativamente las expectativas en comparación con métodos tradicionales?

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones

¿Qué recomendaciones ofrecería a las compañías de construcción que están considerando la integración de tecnologías de RX en sus procesos de gestión de proyectos?

¿Cómo anticipa que evolucionarán las tecnologías de RX en los próximos cinco años y su impacto en la gestión de proyectos de construcción?

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Firma:

[Tu Nombre]

[Tu Contacto]

[Tu Universidad]

8.4 Apéndice D: Instrumento de evaluación de herramientas tradicionales vs. herramientas con aplicaciones de RX en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado experto,

Agradezco profundamente su colaboración en esta evaluación. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, actualmente curso la maestría en Gestión de Proyectos en el Tecnológico de Costa Rica. Me encuentro desarrollando una investigación enfocada en la implementación de

herramientas de Realidad Extendida (RX) dentro de la gestión de proyectos de construcción, particularmente en el ámbito de la planificación. El propósito de esta evaluación es examinar y contrastar diversas soluciones tecnológicas empleadas en la planificación de proyectos de construcción, con el objetivo de identificar sus ventajas, desventajas y el impacto que generan para optimizar la eficiencia y exactitud en la gestión de proyectos.

A continuación, encontrará una tabla que contiene los criterios fundamentales que hemos determinado como esenciales para el éxito de las herramientas en el contexto de la gestión de proyectos de construcción. Su tarea consiste en asignar un porcentaje de peso a cada herramienta, basado en su experiencia y conocimiento sobre cada una de ellas.

Los criterios incluyen aspectos como la funcionalidad, precisión y eficiencia, implementación e integración, flexibilidad, facilidad de uso, soporte técnico y costo.

Cada criterio ha sido valorado de acuerdo con su relevancia relativa, y su evaluación será vital para elaborar recomendaciones prácticas sobre la adopción de estas herramientas en entornos de proyectos de construcción. Las respuestas que proporcione serán tratadas con total confidencialidad y se utilizarán exclusivamente con fines académicos.

Le solicitamos dedicar el tiempo necesario para considerar cada herramienta y ofrecer una evaluación precisa. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación, y le agradecemos de antemano su valiosa contribución.

Tabla 8.1.*Comparación de herramientas en gestión de proyectos de construcción.*

Criterio	Descripción	Peso (%)	HT: Microsoft Project	HT: Primavera P6 (Oracle)	HRX: Autodesk BIM 360	HRX: Trimble XR10 con Microsoft HoloLens
Funcionalidad	Evalúa las capacidades y características que cada herramienta ofrece para la planificación de proyectos, incluyendo la gestión de recursos, cronogramas y seguimiento de tareas.	25 %				
Precisión y eficiencia	Mide la exactitud en la planificación y la capacidad de la herramienta para optimizar procesos, reduciendo errores y mejorando la productividad en la gestión de proyectos.	20 %				
Implementación/ integración	Considera la facilidad con la que las herramientas pueden integrarse con sistemas existentes y la complejidad de su implementación en el entorno de construcción.	15 %				
Flexibilidad	Determina la capacidad de la herramienta para adaptarse a cambios y nuevas necesidades durante el ciclo de vida del proyecto,	15 %				

Criterio	Descripción	Peso (%)	HT: Microsoft Project	HT: Primavera P6 (Oracle)	HRX: Autodesk BIM 360	HRX: Trimble XR10 con Microsoft HoloLens
	permitiendo ajustes dinámicos en la planificación.					
Facilidad de uso	Mide la usabilidad de las herramientas y la curva de aprendizaje requerida para su manejo efectivo por parte del equipo de planificación.	10 %				
Soporte técnico	Examina la disponibilidad y calidad del soporte técnico que se ofrece para cada herramienta, incluyendo asistencia en la resolución de problemas y actualizaciones.	10 %				
Costo	Analiza la inversión inicial y los costos a largo plazo asociados con cada tipo de herramienta, incluyendo licencias, mantenimiento y actualizaciones.	5 %				
Total	Puntuación total ponderada según el peso de cada criterio.	100 %				

Fuente: Elaboración propia. (2025).

8.5 Apéndice E: Herramienta para Desarrollar el Caso de Estudio.

A continuación, se presenta una Herramienta para llevar a cabo el estudio de caso descrito.

Esta herramienta está diseñada para guiar el proceso desde la selección de los proyectos hasta la formulación de recomendaciones, asegurando una aplicación coherente y sistemática al sujeto poblacional elegido.

Tabla 8.2.

Criterios de comparación de casos de estudio.

Criterio	Descripción	Peso (%)	Proyecto de infraestructura urbana	Proyecto de construcción residencial
Funcionalidad	Capacidad de la herramienta para cubrir todas las necesidades específicas de la planificación de proyectos, incluyendo gestión de recursos, cronogramas y seguimiento de tareas.	25 %		
Precisión y eficiencia	Exactitud en la planificación y optimización de procesos, reduciendo errores y mejorando la productividad en la gestión de proyectos.	20 %		
Implementación /integración	Facilidad con la que la herramienta se integra con sistemas existentes y la complejidad de su implementación en el entorno de construcción.	15 %		

Criterio	Descripción	Peso (%)	Proyecto de infraestructura urbana	Proyecto de construcción residencial
Flexibilidad	Capacidad de la herramienta para adaptarse a cambios y nuevas necesidades durante el ciclo de vida del proyecto, permitiendo ajustes dinámicos en la planificación.	15 %		
Facilidad de uso	Usabilidad de la herramienta y la curva de aprendizaje requerida para su manejo efectivo por parte del equipo de planificación.	10 %		
Soporte técnico	Disponibilidad y calidad del soporte técnico ofrecido para la herramienta, incluyendo asistencia en la resolución de problemas y actualizaciones.	10 %		
Costo	Inversión inicial y costos a largo plazo asociados con la herramienta, incluyendo licencias, mantenimiento y actualizaciones.	5 %		
Total		100 %		

Fuente: Elaboración propia. (2025).

8.6 Apéndice F: Revisión bibliográfica.

Una ficha bibliográfica bien estructurada es esencial para organizar y analizar de manera efectiva las fuentes de información relevantes para el desarrollo de la investigación.

A continuación, se presenta una plantilla de ficha bibliográfica para catalogar y evaluar las publicaciones relacionadas con la aplicación de la Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción.

Cuadro 8.1.

Ficha bibliográfica.

Campo	Descripción
Referencia completa	Formato de cita completa según el estilo de citación que estés utilizando (APA, MLA, Chicago, etc.). Incluye todos los elementos necesarios como autor, año, título, fuente, etc.
Tipo de fuente	Clasificación de la fuente (Artículo de revista, Libro, Informe técnico, Estudio de caso, Tesis, etc.).
Título del trabajo	Título completo de la publicación.
Autor(es)	Nombre completo de los autores en el orden en que aparecen en la publicación.
Año de publicación	Año en que se publicó el trabajo.
Revista/editorial	Nombre de la revista, editorial o plataforma donde se publicó la fuente.
DOI o URL	Identificador de objeto digital (DOI) o URL donde se puede acceder a la publicación.
Resumen	Breve resumen de la publicación (150-250 palabras) que destaque los puntos principales y hallazgos relevantes
Metodología	Descripción de la metodología utilizada en el estudio (cualitativa, cuantitativa, mixto, estudio de caso, etc.).
Relevancia para la tesis	Explicación de cómo la fuente contribuye a tu investigación sobre RX en la gestión de proyectos de construcción.

Campo	Descripción
Notas adicionales	Comentarios adicionales que consideres relevantes (por ejemplo, conexiones con otras fuentes, posibles citas, ideas para tu investigación, etc.).

Fuente: Elaboración propia. (2025).

Capítulo 9 Anexos

9.1 Anexo 1: Resultados de entrevistas semiestructurada para gerentes de proyectos de construcción

Estimado/a **Olman Barrantes Pineda**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Ingeniero civil con más de 10 años en construcción.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Terreno natural, cambios climáticos, personal responsable, cronograma.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Mawi

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Va de acuerdo con lo que se necesita para la Administración de proyectos.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: Si.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Poder tener una mejor realidad de las rutas de cada elemento (electromecánico, civil y estructural).

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: Cálculos de materiales, rutas de elementos.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: Están muy por encima de lo convencional, el tiempo que se ahorra es muy importante.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Tropicalizarlos a nuestras condiciones ambientales.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Mejor capacitaciones.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Debemos de actualizarnos para no quedar en el pasado.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Avimelek Jiménez Acuña**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: He trabajado como gerente de proyectos principalmente en industria médica, liderando equipos de coordinación, los proyectos ejecutados en su mayoría con enfoque electromecánico, otros de menor cantidad en enfoque civil.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Mantener el plan de trabajo inicial del proyecto.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Project.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Buena.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: No.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: No conozco la realidad extendida.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No he tendido experiencia con realidad extendida.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: No he tendido experiencia con realidad extendida.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: No he tendido experiencia con realidad extendida, sin embargo considero que podría ser innovador en la gestión de proyectos.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Resistencia al cambio o implementación por desconocimiento.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Participación en foros para conocer este tipo de herramienta.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Puede ser retador para las compañías que no la conocen, sin embargo también puede venir a aportar nuevas formas de gestión de proyectos.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: Se debe tener una etapa de implementación y aceptación en las empresas donde se esté adoptando esta metodología.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Diego Sánchez Chavarría**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la Entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración Estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Construcción de obras.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Los tiempos de entrega.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Excel y MS Project.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Cumplen con los objetivos.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: No.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: No la he utilizado.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: No la he utilizado.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: No las conozco.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Aprender a utilizar la herramienta.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Tutorías.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Muy prometedor.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Randall Vinicio Durán Alvarado**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Coordinación de ejecución de la parte eléctrica en proyecto de más 9000 M2. Nave de manufactura.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Adaptación a los procesos propios del cliente relacionados con políticas internas. Surtimiento en tiempo de materiales y coordinación de espacios de tiempo para evaluar entregables.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Excel y Project.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Rango medio en escala de 0 a 10 en un 7.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: Si.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: En planificación, identificación rápida de errores y percepción anticipada de resultados finales.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: Puede generar un mejor tiempo de respuesta a la hora de tomar decisiones y acuerdos entre los stakeholders.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: No hay comparación en temas de visualización anticipada. La RX y RA deja de lado la necesidad de imaginación.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Rapidez de aprendizaje por parte de profesionales de la vieja escuela.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Mayor acceso a la capacitación y regulación de lineamientos.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: De gran apertura económica, pero con amenazas al mercado laboral.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No por el momento.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Jorge Vargas**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Mi experiencia profesional se ha dirigido principalmente al área de la ingeniería mecánica en proyectos de minería y excavaciones bajo tierra para diferentes propósitos.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Calcular los tiempos y afinar los presupuestos.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Procore.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Es efectiva en cuanto las partes involucradas estén atentas a actualizar la información con eficacia.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: Un poco con la realidad virtual.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Ahorro de tiempo, seguridad en los procesos.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: Muchas veces el hecho de poder simular un proceso podría evitar errores de cálculo y de diseño, lo cual se reflejaría en un ahorro significativo de tiempo y por ende de dinero.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: Personalmente no las uso mucho, pero escuchando experiencias de colegas dan un impulso significativo el uso de la realidad extendida sobre los métodos tradicionales.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: El principal desafío es cambiar el chip que esto es lo que viene y por ende es un cambio en toda la estructura de construcción, lo cual va a tener un tiempo moderado de adaptación.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Se debe integrar desde la formación de profesionales u técnicos antes de salir a integrarse al mundo laboral.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Lo veo como un gran aliado, sin embargo el ojo clínico de la parte humana siempre va a ser quien se la última palabra.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Ivannia Sánchez León,**

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Tengo alrededor de 15 años liderando equipos de diseño e inspección arquitectónica y unos 8 años como gerente de proyectos.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: La coordinación entre disciplinas y los cambios inesperados a solicitud del cliente en etapas muy avanzadas del proyecto.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Utilizo, Excel, Project.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Siguen estando bien.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: Un poco.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: No estoy muy enterada del tema.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: No se.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: No la he utilizado.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: No contestó.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: No contestó.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Hay que tener precaución del uso de nuevas herramientas y no descuidar la atención personalizada de los proyectos. En arquitectura la integración de las personas en los proyectos es muy importante para el éxito de estos.

Es bueno poder contar con más herramientas para la mejor explicación de las ideas, pero con cautela, no dejándolo todo a la inteligencia artificial.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Bryan Mena**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Contratista.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: Mal cálculo de materiales.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Básico Excel el entre otros.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Bajas.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: Un poco.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Mejor el alcance visual y objetivo final de cada proyecto.

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No aún.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: En decisiones rápidas.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: Las tradicionales son poco eficaces y rudimentarias y creo que entre mayor tecnología aplicada mejor calidad del proyecto.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Poco conocimiento de las empresas

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Pruebas con empresas pequeñas y medianas de construcción.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Muy cercano y mejoramiento en cada área

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado/a **Claudia Elizondo Santos**,

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz y soy estudiante de maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como gerente de proyectos de construcción son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la gestión y planificación de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente su experiencia profesional en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: He trabajado en la gestión de proyectos constructivos en todas las etapas de su vida, desde la planificación, hasta la entrega final del proyecto.

¿Cuáles han sido los principales desafíos que ha enfrentado en la planificación y ejecución de proyectos de construcción utilizando metodologías tradicionales?

Respuesta: La gestión correcta y adecuada de los cambios durante el proceso constructivo.

Sección 2: Herramientas y metodologías tradicionales.

¿Qué herramientas y software tradicionales utiliza actualmente para la planificación y gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Microsoft Project.

¿Cómo evalúa la efectividad de estas herramientas en comparación con las necesidades actuales de sus proyectos?

Respuesta: Los proyectos a veces son tan cambiantes, que la herramienta se queda perdida.

Sección 3: Conocimiento y percepción de la Realidad Extendida (RX).

¿Está familiarizado/a con las tecnologías de Realidad Extendida (RX), como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV)?

Respuesta: No realmente.

En su opinión, ¿cuáles son las principales ventajas que la RX podría aportar a la gestión y planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Se podrían prevenir de una manera más certera a la realidad la gestión de riesgos y futuros cambios que podrían tener los proyectos, con el fin de evitarlos o minimizarlos

Sección 4: Integración de RX en la gestión de proyectos.

¿Ha considerado o implementado alguna vez tecnologías de RX en sus proyectos de construcción? Si es así, ¿cómo fue su experiencia?

Respuesta: No aún.

¿Cómo cree que la integración de RX puede optimizar el proceso de planificación desde los requerimientos iniciales hasta la visualización y simulación de los proyectos?

Respuesta: Mitigando los posibles riesgos que podrían entorpecer el proceso constructivo.

Sección 5: Comparación entre RX y metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión?

Respuesta: Realmente no tengo experiencia en RX en mis proyectos, pero sin duda creo que la industria va hacia eso y es requerido actualizar las metodologías para poder ser

competitivos, agilizando y generando proyectos que puedan presentar un ahorro en tiempo, costos y mitigación de riesgos.

¿Qué limitaciones o desafíos anticipa en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Las herramientas y el conocimiento que podían estar limitados al alcance de todos en este preciso momento.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones haría para facilitar la integración efectiva de tecnologías de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: El acceso a la información y capacitación de los profesionales como primera instancia.

¿Cómo ve el futuro de la gestión de proyectos de construcción con la incorporación de tecnologías como la RX e inteligencia artificial (IA)?

Respuesta: Prometedor, sin duda la generación emergente podrá gestionar los proyectos de una manera más ágil.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No por el momento.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

9.2 Anexo 2: Resultados de cuestionarios: Evaluación de la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción

Estimada **Kelly Mora**

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Arquitecto/a | <input type="checkbox"/> Ingeniero/a Civil |
| <input type="checkbox"/> Diseñador/a BIM | <input checked="" type="checkbox"/> Otro (especificar): Ingeniero |
| <input type="checkbox"/> Gerente de Proyectos | Eléctrico |

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Menos de 1 año | <input type="checkbox"/> 7-10 años |
| <input checked="" type="checkbox"/> 1-3 años | <input type="checkbox"/> Más de 10 años |
| <input type="checkbox"/> 4-6 años | |

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

- Sí (especificar): _____
 No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

- Ninguno 3-5 proyectos
 1-2 proyectos Más de 5 proyectos

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

- Sí
 No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Autodesk Revit Procore
 Navisworks Herramientas RX (especificar):
 PlanRadar Otras (especificar):
 Oracle Primavera

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

- Nunca Frecuentemente
 Rara vez Siempre
 A veces

4. Uso de herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

- Diseño conceptual Análisis de costos
 Desarrollo de planos Control de calidad
 Coordinación interdisciplinaria Otro (especificar): _____
 Gestión de cronogramas

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Modelado 3D avanzado Simulación de escenarios

- Integración con BIM
- Análisis predictivo
- Gestión de recursos
- Colaboración en tiempo real
- Otro (especificar): _____

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

- No se ha observado mejora
- Leve mejora
- Mejora moderada
- Alta mejora
- Mejora significativa

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

- No han contribuido
- Han contribuido poco
- Han contribuido moderadamente
- Han contribuido mucho
- Han contribuido de manera muy significativa

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Muy difíciles de usar
- Difíciles de usar
- Neutrales
- Fáciles de usar
- Muy fáciles de usar

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

- Muy difícil de integrar
- Difícil de integrar
- Neutro
- Fácil de integrar

Muy fácil de integrar

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

Muy insatisfactorio

Satisfactorio

Insatisfactorio

Muy satisfactorio

Neutro

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

No importante

Muy importante

Poco importante

Vital para el futuro

Moderadamente importante

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

Mayor integración con IA

Realidad aumentada y virtual

Automatización de procesos

Análisis de big data

Sostenibilidad y eficiencia energética

Otro (especificar): _____

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

Falta de conocimiento y capacitación

Resistencia al cambio por parte del personal

Costos de implementación

Complejidad de las herramientas

Falta de integración con sistemas existentes

Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

Mayor capacitación y formación
 Inversión en infraestructura
tecnológica

Desarrollo de herramientas más
intuitivas

Mejora en el soporte técnico
 Incentivos para el uso de
tecnologías avanzadas

Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

Sí

No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

Estimado **Edder Fajardo**

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

Arquitecto/a

Ingeniero/a Civil

Diseñador/a BIM

Otro (especificar): _____

Gerente de Proyectos

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

Menos de 1 año

7-10 años

1-3 años

Más de 10 años

4-6 años

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

Sí (especificar): _____

No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

- Ninguno 3-5 proyectos
 1-2 proyectos Más de 5 proyectos

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

- Sí
 No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Autodesk Revit Procore
 Navisworks Herramientas RX (especificar):
 PlanRadar _____
 Oracle Primavera Otras (especificar):

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

- Nunca Frecuentemente
 Rara vez Siempre
 A veces

4. Uso de herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

- Diseño conceptual
 Desarrollo de planos
 Coordinación interdisciplinaria
 Gestión de cronogramas
 Análisis de costos
 Control de calidad
 Otro (especificar): _____

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Modelado 3D avanzado
- Simulación de escenarios
- Integración con BIM
- Análisis predictivo
- Gestión de recursos
- Colaboración en tiempo real
- Otro (especificar): _____

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

- 1 4
- 2 5
- 3

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

- No se ha observado mejora Alta mejora
- Leve mejora Mejora significativa
- Mejora moderada

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

- No han contribuido Han contribuido mucho
- Han contribuido poco Han contribuido de manera muy significativa
- Han contribuido moderadamente

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Muy difíciles de usar Difíciles de usar

Neutrales

Muy fáciles de usar

Fáciles de usar

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

Muy difícil de integrar

Fácil de integrar

Difícil de integrar

Muy fácil de integrar

Neutro

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

Muy insatisfactorio

Satisfactorio

Insatisfactorio

Muy satisfactorio

Neutro

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

No importante

Muy importante

Poco importante

Vital para el futuro

Moderadamente importante

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

Mayor integración con IA

Sostenibilidad y eficiencia energética

Realidad aumentada y virtual

Automatización de procesos

Otro (especificar): _____

Análisis de big data

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

Falta de conocimiento y capacitación

Resistencia al cambio por parte del personal

Costos de implementación

Complejidad de las herramientas

Falta de integración con sistemas existentes

Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

Mayor capacitación y formación

Inversión en infraestructura tecnológica

Desarrollo de herramientas más intuitivas

Mejora en el soporte técnico

Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas

Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

Sí

No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

Estimado **Felipe Sánchez**

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Arquitecto/a | <input type="checkbox"/> Ingeniero/a Civil |
| <input type="checkbox"/> Diseñador/a BIM | <input checked="" type="checkbox"/> Otro (especificar): Ingeniero |
| <input type="checkbox"/> Gerente de Proyectos | Mecánico |

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Menos de 1 año | <input checked="" type="checkbox"/> 7-10 años |
| <input type="checkbox"/> 1-3 años | <input type="checkbox"/> Más de 10 años |
| <input type="checkbox"/> 4-6 años | |

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

- Sí (especificar): _____
- No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

- Ninguno 3-5 proyectos
 1-2 proyectos Más de 5 proyectos

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

- Sí
 No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Autodesk Revit Procore
 Navisworks Herramientas RX (especificar):
 PlanRadar Otras (especificar): _____
 Oracle Primavera

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

- Nunca Frecuentemente
 Rara vez Siempre
 A veces

4. Uso de herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

- Diseño conceptual
 Desarrollo de planos
 Coordinación interdisciplinaria
 Gestión de cronogramas
 Análisis de costos
 Control de calidad
 Otro (especificar): _____

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- Modelado 3D avanzado
- Simulación de escenarios
- Integración con BIM
- Análisis predictivo
- Gestión de recursos
- Colaboración en tiempo real
- Otro (especificar): _____

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

- 1 4
- 2 5
- 3

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

- No se ha observado mejora Alta mejora
- Leve mejora Mejora significativa
- Mejora moderada

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

- No han contribuido Han contribuido mucho
- Han contribuido poco Han contribuido de manera muy significativa
- Han contribuido moderadamente

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Muy difíciles de usar Difíciles de usar

- Neutrales Muy fáciles de usar
 Fáciles de usar

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

- Muy difícil de integrar Fácil de integrar
 Difícil de integrar Muy fácil de integrar
 Neutro

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

- Muy insatisfactorio Satisfactorio
 Insatisfactorio Muy satisfactorio
 Neutro

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

- No importante Muy importante
 Poco importante Vital para el futuro
 Moderadamente importante

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

- Mayor integración con IA
 Realidad aumentada y virtual
 Automatización de procesos
 Análisis de big data
 Sostenibilidad y eficiencia energética
 Otro (especificar): _____

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

- Falta de conocimiento y capacitación
 Resistencia al cambio por parte del personal

- Costos de implementación
- Complejidad de las herramientas
- Falta de integración con sistemas existentes
- Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

- Mayor capacitación y formación
- Inversión en infraestructura tecnológica
- Desarrollo de herramientas más intuitivas
- Mejora en el soporte técnico
- Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas
- Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Sí
- No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

Estimado **Marco Vinicio Ramírez Sáenz**

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

Arquitecto/a

Ingeniero/a Civil

Diseñador/a BIM

Otro (especificar): _____

Gerente de Proyectos

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

Menos de 1 año

7-10 años

1-3 años

Más de 10 años

4-6 años

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

Sí (especificar): _____

No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ninguno | <input checked="" type="checkbox"/> 3-5 proyectos |
| <input type="checkbox"/> 1-2 proyectos | <input type="checkbox"/> Más de 5 proyectos |

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

- Sí
 No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Autodesk Revit | <input checked="" type="checkbox"/> Procore |
| <input type="checkbox"/> Navisworks | <input type="checkbox"/> Herramientas RX (especificar): |
| <input type="checkbox"/> PlanRadar | <input type="checkbox"/> Otras (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> Oracle Primavera | |

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Frecuentemente |
| <input type="checkbox"/> Rara vez | <input type="checkbox"/> Siempre |
| <input checked="" type="checkbox"/> A veces | |

4. Uso de Herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Diseño conceptual | <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de costos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Desarrollo de planos | <input checked="" type="checkbox"/> Control de calidad |
| <input checked="" type="checkbox"/> Coordinación interdisciplinaria | <input type="checkbox"/> Otro (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> Gestión de cronogramas | |

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modelado 3D avanzado | <input type="checkbox"/> Simulación de escenarios |
|--|---|

Integración con BIM

Colaboración en tiempo real

Análisis predictivo

Otro (especificar): _____

Gestión de recursos

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

1

4

2

5

3

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

No se ha observado mejora

Alta mejora

Leve mejora

Mejora significativa

Mejora moderada

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

No han contribuido

Han contribuido mucho

Han contribuido poco

Han contribuido de manera muy

Han contribuido moderadamente significativa

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

Muy difíciles de usar

Fáciles de usar

Difíciles de usar

Muy fáciles de usar

Neutrales

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

Muy difícil de integrar

Neutro

Difícil de integrar

Fácil de integrar

Muy fácil de integrar

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

Muy insatisfactorio

Satisfactorio

Insatisfactorio

Muy satisfactorio

Neutro

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

No importante

Muy importante

Poco importante

Vital para el futuro

Moderadamente importante

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

Mayor integración con IA

Realidad aumentada y virtual

Automatización de procesos

Análisis de big data

Sostenibilidad y eficiencia energética

Otro (especificar): _____

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

Falta de conocimiento y capacitación

Resistencia al cambio por parte del personal

Costos de implementación

Complejidad de las herramientas

Falta de integración con sistemas existentes

Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

- Mayor capacitación y formación
- Inversión en infraestructura tecnológica
- Desarrollo de herramientas más intuitivas
- Mejora en el soporte técnico
- Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas
- Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- Sí
- No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

Estimado **Carlos Luis Acuña Mora**

Gracias por participar en esta investigación sobre la aplicación de herramientas tecnológicas RX en la planificación de proyectos de construcción. Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica.

El formulario tiene como objetivo recopilar su experiencia y opinión sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en este ámbito. Su tiempo y respuestas serán valiosas para nuestro análisis y el desarrollo de mi tesis de grado.

Duración estimada: 10 minutos.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las herramientas tradicionales han influido en la planificación y diseño de proyectos de construcción y explorar su perspectiva sobre la integración de tecnologías de Realidad Extendida (RX) en este contexto.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

1. Información general.

a. ¿Cuál es su rol principal en la organización?

Arquitecto/a

Ingeniero/a Civil

Diseñador/a BIM

Otro (especificar): _____

Gerente de Proyectos

b. ¿Cuántos años de experiencia tiene en roles relacionados con la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción utilizando BIM?

Menos de 1 año

7-10 años

1-3 años

Más de 10 años

4-6 años

c. ¿Posee alguna certificación profesional en BIM o tecnologías relacionadas?

Sí (especificar): _____

No

2. Experiencia en proyectos de construcción.

a. ¿Cuántos proyectos de infraestructura ha liderado que utilicen BIM con una envergadura no menor a 1500 metros cuadrados?

Ninguno

3-5 proyectos

1-2 proyectos

Más de 5 proyectos

b. ¿Ha participado en proyectos que integren tecnologías RX o estén orientados a la innovación en la gestión de proyectos de construcción?

Sí

No

3. Herramientas tecnológicas utilizadas.

a. De las siguientes herramientas tecnológicas, ¿cuáles utiliza actualmente en su organización para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

Autodesk Revit

Procore

Navisworks

Herramientas RX (especificar):

PlanRadar

Otras (especificar): _____

Oracle Primavera

b. ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas tecnológicas RX en sus procesos de planificación?

Nunca

Frecuentemente

Rara vez

Siempre

A veces

4. Uso de herramientas RX en la planificación.

a. ¿En qué etapas del proceso de planificación utiliza principalmente herramientas RX? (Marque todas las que apliquen)

Diseño conceptual

Análisis de costos

Desarrollo de planos

Control de calidad

Coordinación interdisciplinaria

Otro (especificar): _____

Gestión de cronogramas

b. ¿Qué funcionalidades de las herramientas RX considera más útiles para la planificación de proyectos de construcción? (Marque todas las que apliquen)

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modelado 3D avanzado | <input checked="" type="checkbox"/> Gestión de recursos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Simulación de escenarios | <input checked="" type="checkbox"/> Colaboración en tiempo real |
| <input checked="" type="checkbox"/> Integración con BIM | <input type="checkbox"/> Otro (especificar): _____ |
| <input type="checkbox"/> Análisis predictivo | |

5. Impacto de las herramientas RX en la gestión de proyectos.

a. ¿Cómo calificaría el impacto de las herramientas RX en la eficiencia de la planificación de sus proyectos?

1=Muy bajo impacto 2=Bajo impacto 3=Impacto moderado 4=Alto impacto 5 = Muy alto impacto

- | | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 4 |
| <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 |
| <input type="checkbox"/> 3 | |

b. ¿Ha observado una mejora en la precisión de los cronogramas y presupuestos desde que utiliza herramientas RX?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> No se ha observado mejora | <input type="checkbox"/> Alta mejora |
| <input type="checkbox"/> Leve mejora | <input type="checkbox"/> Mejora significativa |
| <input checked="" type="checkbox"/> Mejora moderada | |

c. ¿En qué medida han contribuido las herramientas RX a la reducción de errores en la planificación y diseño?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> No han contribuido | <input checked="" type="checkbox"/> Han contribuido mucho |
| <input type="checkbox"/> Han contribuido poco | <input type="checkbox"/> Han contribuido de manera muy significativa |
| <input type="checkbox"/> Han contribuido moderadamente | |

6. Evaluación de las herramientas RX.

a. ¿Qué tan fáciles de usar encuentra las herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Muy difíciles de usar | <input type="checkbox"/> Fáciles de usar |
| <input type="checkbox"/> Difíciles de usar | <input type="checkbox"/> Muy fáciles de usar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Neutrales | |

b. ¿Cómo calificaría la integración de las herramientas RX con otras tecnologías utilizadas en sus proyectos (como BIM)?

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Muy difícil de integrar | <input checked="" type="radio"/> Fácil de integrar |
| <input type="radio"/> Difícil de integrar | <input type="radio"/> Muy fácil de integrar |
| <input type="radio"/> Neutro | |

c. ¿Qué tan satisfactorio es el soporte técnico y la capacitación proporcionada para las herramientas RX en su organización?

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Muy insatisfactorio | <input type="radio"/> Satisfactorio |
| <input type="radio"/> Insatisfactorio | <input checked="" type="radio"/> Muy satisfactorio |
| <input type="radio"/> Neutro | |

7. Futuro de las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción.

a. ¿Qué tan importante considera la adopción de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción en los próximos 5 años?

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> No importante | <input type="radio"/> Muy importante |
| <input type="radio"/> Poco importante | <input checked="" type="radio"/> Vital para el futuro |
| <input type="radio"/> Moderadamente importante | |

b. En su opinión, ¿cuáles son las principales tendencias futuras para las herramientas RX en la gestión de proyectos de construcción?

- Mayor integración con IA
- Realidad aumentada y virtual
- Automatización de procesos
- Análisis de big data
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- Otro (especificar): _____

8. Obstáculos para la implementación de herramientas RX.

a. ¿Cuál considera que es el mayor obstáculo para la implementación de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción?

- Falta de conocimiento y capacitación
- Resistencia al cambio por parte del personal
- Costos de implementación
- Complejidad de las herramientas

Falta de integración con sistemas existentes

Otro (especificar): _____

b. ¿Qué medidas cree que podrían facilitar una mejor adopción de herramientas RX en su organización? (Marque todas las que apliquen)

Mayor capacitación y formación

Inversión en infraestructura tecnológica

Desarrollo de herramientas más intuitivas

Mejora en el soporte técnico

Incentivos para el uso de tecnologías avanzadas

Otro (especificar): _____

9. Recomendaciones

a. ¿Recomendaría a otras organizaciones adoptar herramientas RX para la planificación de proyectos de construcción?

Sí

No

b. Por favor, comparta cualquier comentario adicional o sugerencia que considere relevante para la implementación efectiva de herramientas RX en la planificación de proyectos de construcción:

Muchas gracias por su participación. Su contribución es fundamental para el éxito de este estudio.

9.3 Anexo 3: Resultado de entrevistas semiestructurada para proveedores de hardware y software de Realidad Extendida (RX)

Estimado **Julian Villamizar**

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como proveedor de soluciones de RX son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las soluciones de Realidad Extendida (RX) que su empresa provee están siendo integradas en la gestión de proyectos de construcción, evaluar los beneficios observados en comparación con metodologías tradicionales y explorar recomendaciones para una implementación efectiva.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 60 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente la trayectoria de su empresa en el desarrollo y provisión de tecnologías de Realidad Extendida (RX) para la industria de la construcción?

Respuesta: Tenemos experiencia de 3 años en la industria de construcción como proveedores de realidad virtual y realidad aumentada para múltiples proyectos principalmente Colombia y Latinoamérica.

¿Cuáles considera que han sido los hitos más significativos en la evolución de sus soluciones de RX para la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Considero que los tours virtuales son un hito significativo en la forma en la que se venden los proyectos. Ya que facilita ambientes inmersivos y comunicar espacios físicos de forma Clara en un medio virtual.

Sección 2: Capacidades y funcionalidades de las soluciones RX.

¿Qué características distinguen a sus productos de RX en comparación con otras soluciones en el mercado?

Respuesta: Esta experiencia son inmersivas e interactivas. Más allá del marketing tradicional plano convencional. Es una experiencia innovadora disruptiva que causa mayor retención de la información en el cliente fin.

¿Cómo se aseguran de que sus soluciones de RX se adapten a las necesidades específicas de los proyectos de construcción?

Respuesta: Todos nuestros desarrollos son hechos a la medida, escuchamos las necesidades del cliente, los asesoramos y le brindamos la mejor solución.

Sección 3: Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción.

¿Puede compartir ejemplos de cómo sus herramientas de RX han sido integradas en proyectos de construcción específicos?

Respuesta: En nuestra página web www.xnova360.com en la sección proyectos de tour virtual.

¿Qué desafíos ha enfrentado su empresa al integrar RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción y cómo los ha superado?

Respuesta: No hemos tenido desafíos tecnológicos.

Sección 4: Beneficios y desafíos de la integración de RX.

Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios que la integración de RX aporta al proceso de planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: No es nuestro foco pero esta tecnología permite una mejor visualización y puesta a marcha al proyecto. para tomar decisiones rápidamente sin tener que estar presente en la construcción

¿Qué limitaciones o desafíos identifica en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: La limitación principalmente es adaptar estas tecnologías a todo tipo de presupuestos

Sección 5: Comparación con metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión en la planificación?

Respuesta: En nuestro caso estas tecnologías se enfocan a marketing no tanto hacia la planificación del proyecto.

¿Puede proporcionar casos donde la implementación de RX ha superado significativamente las expectativas en comparación con métodos tradicionales?

Respuesta: Con nuestros tours virtuales hemos superado expectativas en comparación a los métodos tradicionales anteriores de ventas.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones ofrecería a las compañía de construcción que están considerando la integración de tecnologías de RX en sus procesos de gestión de proyectos?

Respuesta: Recomendaría que tengan en cuenta para qué tipo de proyectos es más conveniente esa tecnología en términos de presupuestos y viabilidad.

¿Cómo anticipa que evolucionarán las tecnologías de RX en los próximos cinco años y su impacto en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: En los próximos años será una tecnología de uso convencional y habrá nuevas innovaciones que serán aún más innovadoras.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: Un colega con su empresa SPY BEE enfoca estas tecnologías al proceso de construcción, planificación y seguimiento

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado **Santiago Ortega**

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como proveedor de soluciones de RX son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las soluciones de Realidad Extendida (RX) que su empresa provee están siendo integradas en la gestión de proyectos de construcción, evaluar los beneficios observados en comparación con metodologías tradicionales y explorar recomendaciones para una implementación efectiva.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 60 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente la trayectoria de su empresa en el desarrollo y provisión de tecnologías de Realidad Extendida (RX) para la industria de la construcción?

Respuesta: Somos una empresa que desde hace poco más de 2 años nos hemos actualizado al nivel de innovar en tecnología BIM-VDC Trabajando en proyectos del nivel del aeropuerto internacional de Guadalajara, el matadero porcícola más grande de México o la arena Guadalajara.

¿Cuáles considera que han sido los hitos más significativos en la evolución de sus soluciones de RX para la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: La implementación de realidad aumentada para visualización de instalaciones en campo.

Sección 2: Capacidades y funcionalidades de las soluciones RX.

¿Qué características distinguen a sus productos de RX en comparación con otras soluciones en el mercado?

Respuesta: El amplio dominio que tenemos sobre estas tecnologías y su versatilidad para adaptarse a cualquier proyecto.

¿Cómo se aseguran de que sus soluciones de RX se adapten a las necesidades específicas de los proyectos de construcción?

Respuesta: A través el plan de ejecución bim de cada proyecto.

Sección 3: Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción.

¿Puede compartir ejemplos de cómo sus herramientas de RX han sido integradas en proyectos de construcción específicos?

Respuesta: Lo utilizamos en el aeropuerto de Guadalajara para visualizar incidencias e instalaciones en sitio.

¿Qué desafíos ha enfrentado su empresa al integrar RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción y cómo los ha superado?

Respuesta: La curva de aprendizaje que conlleva capacitar a los residentes en obra o ingenieros en general que estén en sitio.

Sección 4: Beneficios y desafíos de la integración de RX.

Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios que la integración de RX aporta al proceso de planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Es una integración completa que va desde la pre-construcción generando el modelo bim hasta el seguimiento a obra que es cuando creemos que realmente se implementa la realidad aumentada para la darle respuesta a las incidencias en sitio.

¿Qué limitaciones o desafíos identifica en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Creemos que actualmente al menos en México existe una gran resistencia al cambio por lo que la curva de aprendizaje se vuelve aún más compleja

Sección 5: Comparación con metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión en la planificación?

Respuesta: Hablando en términos financieros existe muchísima más eficiencia ya que se pueden reducir hasta un 8% de costos y acotar de manera más realista los planes de trabajo pero recordando que es una implementación completa desde pre-construcción.

¿Puede proporcionar casos donde la implementación de RX ha superado significativamente las expectativas en comparación con métodos tradicionales?

Respuesta: Claro en la arena Guadalajara y el aeropuerto internacional de Guadalajara.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones ofrecería a las empresas de construcción que están considerando la integración de tecnologías de RX en sus procesos de gestión de proyectos?

Respuesta: Que prácticamente como en todos los casos donde existe una salida de nuestra zona de confort existe una curva de aprendizaje bastante amplia pero en este caso considero necesaria por el costo beneficios que se obtiene de ella.

¿Cómo anticipa que evolucionarán las tecnologías de RX en los próximos cinco años y su impacto en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Creemos que la dinámica de trabajo cambiará ya que ahora por ejemplo los despachos de cálculo solo se dedicarán a calcular y subcontratarán a despachos como el nuestro que se dediquen a hacer la representación tridimensional especializada.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: Todo bien

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.

Estimado **Johnny**

Mi nombre es María José Sandoval Ruíz, estudiante de la Maestría en Gerencia de Proyectos del Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, estoy realizando una investigación sobre la aplicación de tecnologías emergentes de Realidad Extendida (RX) en la gestión de proyectos de construcción. Su experiencia y conocimientos como proveedor de soluciones de RX son de gran valor para este estudio.

Agradezco de antemano su disposición para participar en esta entrevista, la cual será realizada de manera semiestructurada para permitir una conversación fluida y enriquecedora.

Objetivo de la entrevista:

El propósito de esta entrevista es comprender cómo las soluciones de Realidad Extendida (RX) que su empresa provee están siendo integradas en la gestión de proyectos de construcción, evaluar los beneficios observados en comparación con metodologías tradicionales y explorar recomendaciones para una implementación efectiva.

Duración estimada:

La entrevista tendrá una duración aproximada de 60 minutos.

Confidencialidad:

Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial y se utilizará exclusivamente para fines académicos. Sus respuestas serán anonimizadas en el informe final.

Sección 1: Experiencia y antecedentes.

¿Podría describir brevemente la trayectoria de su empresa en el desarrollo y provisión de tecnologías de Realidad Extendida (RX) para la industria de la construcción?

Respuesta: Ha nivel de WOW hemos trabajado el rededor de unos 10 proyectos en arquitectura.

¿Cuáles considera que han sido los hitos más significativos en la evolución de sus soluciones de RX para la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Recorridos virtuales e inspección inmersiva.

Sección 2: Capacidades y funcionalidades de las soluciones RX.

¿Qué características distinguen a sus productos de RX en comparación con otras soluciones en el mercado?

Respuesta: Mayor interacción.

¿Cómo se aseguran de que sus soluciones de RX se adapten a las necesidades específicas de los proyectos de construcción?

Respuesta: A través de consultores.

Sección 3: Integración de RX en la gestión de proyectos de construcción.

¿Puede compartir ejemplos de cómo sus herramientas de RX han sido integradas en proyectos de construcción específicos?

Respuesta: Recorridos virtuales.

¿Qué desafíos ha enfrentado su empresa al integrar RX en los procesos de gestión de proyectos de construcción y cómo los ha superado?

Respuesta: Falta de aliados.

Sección 4: Beneficios y desafíos de la integración de RX.

Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios que la integración de RX aporta al proceso de planificación de proyectos de construcción?

Respuesta: Tomas de decisiones visualmente más reales.

¿Qué limitaciones o desafíos identifica en la adopción de RX en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Presupuestos.

Sección 5: Comparación con metodologías tradicionales.

En su experiencia, ¿cómo se comparan las metodologías tradicionales con aquellas que incorporan tecnologías emergentes como la RX en términos de eficiencia y precisión en la planificación?

Respuesta: Mucho más precisas.

¿Puede proporcionar casos donde la implementación de RX ha superado significativamente las expectativas en comparación con métodos tradicionales?

Respuesta: Showroom interactivos.

Sección 6: Sugerencias y recomendaciones.

¿Qué recomendaciones ofrecería a las empresas de construcción que están considerando la integración de tecnologías de RX en sus procesos de gestión de proyectos?

Respuesta: Buscar a expertos con trayectoria comprobada.

¿Cómo anticipa que evolucionarán las tecnologías de RX en los próximos cinco años y su impacto en la gestión de proyectos de construcción?

Respuesta: Serán el día a día.

Conclusión

¿Hay algún otro aspecto relacionado con la gestión de proyectos de construcción y la integración de tecnologías emergentes que le gustaría compartir?

Respuesta: No.

Agradecimiento:

Agradezco profundamente su tiempo y colaboración en esta entrevista. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y contribuirá significativamente al conocimiento sobre la aplicación de tecnologías de Realidad Extendida en la gestión de proyectos de construcción.