UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**Licenciatura en Ingeniería Civil**

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

# GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA URBANA INCLUSIVA Y SOSTENIBLE (VUIS)

SUSTENTANTE:
**YAFET GABRIEL VALVERDE ESCOBAR**

DIRECTOR DE TESIS:
**Ing. Óscar Sánchez Zúñiga**

MARZO, 2024

# DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada, en primer lugar, a mis padres Fernando e Ivett, quienes siempre han estado a mi lado, cuidándome y apoyándome incondicionalmente a lo largo de mi vida. Su amor, sacrificios y fe en mí han sido el fundamento sobre el cual he construido mis sueños y alcanzado mis metas. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Todo lo que soy ahora es un reflejo de su trabajo. Este logro también es de ustedes.

En segundo lugar, quiero dedicar este trabajo a mi esposa Esmeralda, quien ha sido una fuente inagotable de inspiración y el motor que me ha impulsado a seguir adelante en los momentos de incertidumbre. Tu amor, motivación y la fe que has depositado en mí han sido cruciales para lograr mis objetivos. Gracias por estar a mi lado, por ser esa ayuda idónea y por creer siempre en mis capacidades. Esta tesis es un reflejo de nuestro esfuerzo conjunto y del amor que compartimos.

Finalmente, dedico esta tesis a todas aquellas personas que se beneficiarán de este trabajo. Mi esperanza es que esta investigación contribuya a mejorar la calidad de vida de muchas personas, especialmente aquellas en situación de vulnerabilidad, que luchan todos los días por salir adelante y tienen la esperanza de una casa propia. Mi compromiso y misión de vida está con ustedes.

Que este proyecto inspire a otros a seguir buscando soluciones innovadoras y sostenibles para los desafíos que enfrentamos en el ámbito de la vivienda urbana y la gestión de proyectos.

## AGRADECIMIENTO

La culminación de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas e instituciones. A continuación, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han hecho posible este logro.

A mis hermanos y familia en general, por su apoyo a lo largo de mi vida. En especial, quiero agradecer a mi abuela Evelia, por despertar en mí desde niño la pasión por el conocimiento y el saber, e inspirarme a lograr mis sueños. Su sabiduría y enseñanzas han sido una guía constante en mi vida.

A mis mentores, el Arq. Eric Gonzales y el Arq. Jorge Mario Rojas, por su orientación experta y sus valiosas enseñanzas. Su dedicación y pasión por la arquitectura y la construcción han sido una fuente de inspiración y han guiado mi camino en la investigación.

A mi tutor el Ing. Óscar Sánchez Zúñiga y mi lector el Ing. Rafael Ernesto Villegas Villegas por su orientación en este trabajo, a mis profesores, compañeros y amigos, que han estado a mi lado durante este viaje. Sus palabras de aliento, su colaboración y su compañía han sido esenciales para superar cada desafío y enseñarme valiosas lecciones.

A las instituciones y entidades que brindaron los recursos necesarios para la realización de este proyecto. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han contribuido al desarrollo de esta tesis. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales para alcanzar este objetivo. A todos ustedes, les estoy eternamente agradecido.

"Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes." – Isaac Newton

# CONTENIDO

DEDICATORIA ..... ii
AGRADECIMIENTO ..... iii
ÍNDICE DE TABLAS ..... vi
LISTA DE FIGURAS ..... vii
RESUMEN ..... viii
ABSTRACT ..... x
INTRODUCCIÓN ..... 1
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA ..... 2
1.1 Planteamiento del problema de investigación ..... 3
1.1.1 Contexto ..... 3
1.1.2 Justificación ..... 4
1.1.3 Problema de investigación ..... 6
1.1.4 Estado del arte ..... 8
1.2 Objetivos de la investigación ..... 27
1.2.1 Objetivo general ..... 27
1.2.2 Objetivos específicos ..... 27
1.3 Las variables o categorías de análisis ..... 28
1.3.1 Variables (cuantitativo) ..... 28
1.3.2. Matriz de la investigación ..... 28
1.4 Alcances ..... 38
1.5 Formulación de la hipótesis de la investigación ..... 38
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO ..... 39
2.1 Estado del conocimiento ..... 40
2.1.1. Modelo de Viviendas Urbanas Inclusivas Y Sostenibles ..... 43
2.1.2 Gestión de Proyectos ..... 55
2.1.3 Guía del PMBOK ..... 59
2.1.4. Metodología LEAN ..... 75
2.1.5. Metodología BIM ..... 79
2.2. Estado de la Cuestión ..... 90
*2.2.1. Casos de estudio* ..... 95
2.2.2. Selección de metodologías de trabajo ..... 101

2.2.3. Ruta de integración de metodologías ..... 118
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO ..... 128
3.1. Tipo de investigación ..... 128
3.2. Diseño de investigación ..... 129
3.3. Población, muestra ..... 131
3.3.1. Formas de Selección ..... 134
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... 135
3.5. Técnicas de análisis ..... 137
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 139
4.1. Resultados primer objetivo ..... 140
*4.1.1. Pasos clave para el desarrollo de Modelos (VUIS)* ..... 142
*4.1.2 Identificación de requisitos del Modelo (VUIS)* ..... 145
4.2. Resultados segundo objetivo ..... 152
*4.2.1. Estudio de casos sobre la efectividad de las metodologías* ..... 155
*4.2.2. Resultados sobre el nivel de adopción de Lean en Costa Rica.* ..... 158
*4.2.3. Guía metodológica para la construcción de proyectos VUIS* ..... 163
4.3. Resultados tercer objetivo ..... 182
*4.3.1. Nivel de madurez BIM en otros países.* ..... 185
*4.3.2. Resultados Cuestionario BIM* ..... 189
*4.3.3. Desarrollo del Plan de Ejecución BIM (BEP)* ..... 195
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES ..... 213
5.1. Conclusiones ..... 214
*5.1.1. Conclusiones primer objetivo* ..... 215
*5.1.2. Conclusiones segundo objetivo* ..... 215
*5.1.3. Conclusiones tercer objetivo* ..... 216
*5.1.4. Implicaciones prácticas* ..... 217
5.2. Limitaciones ..... 221
*5.2.1. Limitaciones en la recopilación y análisis de datos* ..... 221
*5.2.2. Limitaciones metodológicas* ..... 222
*5.2.3. Limitaciones contextuales y regulatorias en costa rica* ..... 222
*5.2.4. Limitaciones en la aplicación práctica de las metodologías* ..... 223
5.3. Recomendaciones ..... 224
5.4. Propuestas de investigación ..... 228

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 233

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz cuantitativa del objetivo 1 ..... 28

Tabla 2: Matriz cuantitativa del objetivo 2 ..... 31

Tabla 3: Matriz cuantitativa del objetivo 3 ..... 34

Tabla 4: Perfiles de población objetivo ..... 48

Tabla 5: Proyectos representativos con aplicación de LEAN ..... 133

Tabla 6: Muestra de empresas con adopción BIM ..... 134

Tabla 7: Actores estratégicos del modelo VUIS y sus roles ..... 145

Tabla 8: Resultados de encuesta ..... 159

Tabla 9: Nivel de Madurez BIM ..... 185

Tabla 10: Nivel BIM en Diferentes Regiones ..... 186

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Déficit habitacional cuantitativo por Cantón en Costa Rica ..... 40

Figura 2: Déficit habitacional cualitativo por región en Costa Rica..... 41

Figura 3: Áreas para proyectos ..... 46

Figura 4: Zonas idóneas..... 47

Figura 5: Evaluación de los cambios clave en la guía del PMBOK ..... 60

Figura 6: Componentes de un entorno organizacional ..... 63

Figura 7: Flujo de información ..... 64

Figura 8: Principio de la dirección de proyectos y dominios de desempeño..... 67

Figura 9: Filosofía Lean..... 76

Figura 10: Principios básicos de lean..... 77

Figura 11: Dimensiones BIM..... 80

Figura 12: Paso a Paso cómo formular, financiar y ejecutar un VUIS ..... 144

Figura 13: Productividad en Estados Unidos 1964-2012 ..... 152

Figura 14: Proyectos emtregados a tiempo o antes en la fase de diseño en U.K. ..... 153

Figura 15: Proyectos entregados a tiempo o antes en la fase de construcción en U.K. ..... 153

Figura 16: Impacto de BIM, LPS e IPD en proyectos de construcción..... 158

Figura 17: Diagrama de responsabilidades..... 205

## RESUMEN

Este estudio aborda la creciente necesidad de viviendas inclusivas y sostenibles en áreas urbanas de Costa Rica, presentando una guía detallada para la planificación, gestión y ejecución de proyectos bajo el Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS). La investigación se centra en la integración de tres metodologías clave: Project Management Body of Knowledge (PMBOK) que se caracteriza por la planificación eficaz en las diferentes etapas que posee un proyecto, Building Information Modeling (BIM) que promueve la coordinación entre los diferentes miembros de un equipo o proyecto y principios Lean que busca maximizar las ventajas o beneficios de valor para el cliente, buscando proporcionar un marco operativo que facilite su adopción por empresas y profesionales del sector construcción, contribuyendo así al desarrollo urbano sostenible, a través de un enfoque metodológico mixto que combina análisis teóricos, estudios de caso y encuestas a profesionales; este estudio identifica y analiza las sinergias entre PMBOK, BIM y Lean, destacando cómo su integración mejora la eficiencia operativa, optimiza recursos y maximiza el valor entregado a los beneficiarios. Se desarrollan indicadores clave de rendimiento, también conocido por sus siglas como (KPIs) derivados de estas metodologías, aplicados específicamente a proyectos VUIS, con el fin de evaluar y monitorear la productividad, la minimización de desperdicios, la calidad y la satisfacción del cliente. La presente investigación revela que la implementación conjunta de PMBOK, BIM y Lean no solo es viable sino también beneficiosa, ofreciendo una mayor transparencia, mejor gestión de riesgos y una colaboración más efectiva entre los diferentes stakeholders, también conocido como partes interesadas. No obstante, también se identifican desafíos como la necesidad de capacitación especializada y la adaptación de las prácticas de trabajo a estas metodologías integradas. Este estudio concluye con la propuesta de una guía práctica que destaca las mejores prácticas, herramientas y recursos necesarios para

implementar con éxito proyectos VUIS, haciendo un llamado a la adopción de un enfoque más integrado y sistémico en la construcción de viviendas sostenibles e inclusivas en Costa Rica.

**Palabras clave:** Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible, PMBOK, BIM, Lean *Construction*.

## ABSTRACT

This study addresses the growing need for inclusive and sustainable housing in urban areas of Costa Rica, presenting a detailed guide for the planning, management and execution of projects under the Inclusive and Sustainable Urban Housing Model (VUIS). The research focuses on the integration of three key methodologies: Project Management Body of Knowledge (PMBOK), Building Information Modeling (BIM) and Lean principles, seeking to provide an operational framework that facilitates its adoption by companies and professionals in the construction sector, thus contributing to sustainable urban development. Through a mixed methodological approach that combines theoretical analysis, case studies and surveys of professionals, this study identifies and analyzes the synergies between PMBOK, BIM and Lean, highlighting how their integration improves operational efficiency, optimizes resources and maximizes the value delivered to the beneficiaries. Key performance indicators (KPIs) derived from these methodologies are developed, applied specifically to VUIS projects, in order to evaluate and monitor productivity, waste minimization, quality and customer satisfaction. The research reveals that the joint implementation of PMBOK, BIM and Lean is not only viable but also beneficial, offering greater transparency, better risk management and more effective collaboration between different stakeholders. However, challenges are also identified such as the need for specialized training and the adaptation of work practices to these integrated methodologies. This study concludes with the proposal of a practical guide that highlights the best practices, tools and resources necessary to successfully implement VUIS projects, calling for the adoption of a more integrated and systemic approach in the construction of sustainable and inclusive housing in Costa Delicious.

**Keywords:** Inclusive and Sustainable Urban Housing, PMBOK, BIM, Lean Construction.

# INTRODUCCIÓN

La urbanización acelerada y el crecimiento demográfico en Costa Rica plantean desafíos críticos en términos de vivienda, sostenibilidad y calidad de vida, pues según datos del INEC en el año 2023, la población urbana representaba el 80% del total del país, mientras que el 42.7% del total de viviendas en el país carecían de una vivienda digna. Además, el 90% de las viviendas en el mercado están diseñadas solo para el 30% de la población con mayores ingresos, dejando al resto con pocas opciones asequibles en el mercado y un déficit habitacional de 186.000 viviendas.

Ante esta realidad, se ha generado la necesidad de revisar el enfoque tradicional sobre inversión en vivienda de interés social para encontrar soluciones más rápidas, sostenibles y eficientes que ayuden a revertir tanto el déficit habitacional cuantitativo como cualitativo. Es por esta razón y mediante iniciativas publico privadas que se crea el Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), el cual pretende generar un mejoramiento del tejido urbano mediante el aprovechamiento del suelo a través de proyectos habitacionales y de uso mixto en zonas subutilizadas o abandonadas con acceso a servicios básicos.

En este contexto, la presente investigación aborda desafíos generales en la planificación y construcción de proyectos habitacionales y propone una hoja de ruta para la gestión del modelo VUIS, integrando metodologías y tecnologías innovadora como PMBOK, BIM y Lean con el fin de controlar y optimizar la eficiencia en la inversión de viviendas en Costa Rica.

Este trabajo busca explorar el potencial individual de estas herramientas y como se pueden implementar de forma combinada para ayudar a organizaciones y profesionales de la industria AIC en la gestión y coordinación eficiente de proyectos VUIS.

# CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de la iniciativa del Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), el sector de la construcción sigue empleando prácticas tradicionales que no incorporan metodologías y tecnologías modernas. Esta resistencia al cambio produce procesos ineficientes, altos niveles de desperdicio y una deficiente optimización de recursos, lo que afecta la calidad y sostenibilidad de las edificaciones y limita la respuesta a la creciente demanda habitacional.

Las prácticas convencionales generan retrasos, sobrecostos e impactos ambientales negativos, al aumentar el consumo de materiales y energía y producir excesivos residuos. Además, la falta de integración de herramientas modernas dificulta la coordinación entre profesionales, empresas constructoras y organismos reguladores, lo que retrasa la toma de decisiones y la adaptación a las nuevas exigencias del mercado.

Metodologías de gestión de proyectos como PMBOK, BIM y Lean ofrecen un enfoque sistemático capaz de transformar la planificación, ejecución y control de proyectos habitacionales, optimizando recursos, mejorando la precisión en la ejecución, mitigando impactos ambientales y elevando la calidad de las construcciones. No obstante, su adopción en el contexto costarricense se ve obstaculizada por la falta de capacitación especializada y la ausencia de un marco regulatorio que incentive la innovación.

El problema central a investigar es cómo la integración coordinada de PMBOK, BIM y Lean puede superar las ineficiencias de los enfoques tradicionales y transformar el sector de la construcción mediante proyectos VUIS. La investigación analizará las barreras actuales y evaluará el potencial de estas metodologías para optimizar procesos constructivos, promoviendo una gestión más ágil, eficiente y sostenible que responda a las demandas del mercado habitacional y beneficie a todos los actores del sector.

## 1.1 Planteamiento del problema de investigación

### 1.1.1 Contexto

El crecimiento poblacional a nivel mundial ha impulsado un rápido desarrollo urbano, generando una serie de desafíos complejos en las ciudades. Este fenómeno, derivado de la migración urbana, el crecimiento demográfico y el avance económico, ha dado lugar a problemas como la sobrecarga de servicios públicos, la congestión vehicular, la segregación social, la falta de viviendas y la escalada de precios en el mercado inmobiliario.

Es por esta razón que se han generado iniciativas a nivel mundial como el objetivo del desarrollo sostenible que tiene por nombre "ciudades y comunidades sostenibles" (ODS 11) como parte de la Agenda 2030, planteada en 2015 por las Naciones Unidas, con el objetivo de "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles" (ONU, 2015).

En relación con esta nueva realidad Urbana, Mata (2023)[1] expresó que:

> En nuestro país, los efectos del modelo de crecimiento urbanístico disperso se evidencian en el desarrollo anticipado de suelo suburbano y rural para uso residencial, el cual demanda la extensión de redes viales, obras de infraestructura y servicios. Esto ha hecho que sea desaprovechada la inversión institucional existente en los centros urbanos, así como las oportunidades que suponen la cercanía a fuentes de empleo, comercio y servicios que los caracterizan (p. 1).

[1] Mata, E. (diciembre, 2023) *Modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible (VUIS): estrategia de acupuntura urbana para los centros urbanos*. Recuperado de Modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible (VUIS): estrategia de acupuntura urbana para los centros urbanos – Revista CFIA

Este contexto urbano en evolución ha impulsado esfuerzos interinstitucionales liderados por entidades como el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA) y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), junto con el sector privado, para desarrollar un modelo de vivienda que sea más inclusivo, seguro, resiliente y sostenible.

Surge así el Modelo de Vivienda Urbana, Inclusiva y Sostenible (VUIS) el cual es una modalidad habitacional impulsada por el Ministerio de Vivienda y Asentamiento Humanos, que fue propuesta desde el año 2021 y busca abordar la escasez de viviendas a través de proyectos habitacionales de pequeña escala, mixtos y con una huella física reducida. Esta nueva perspectiva para la reorganización urbana plantea un enfoque innovador en la industria de la construcción.

Sin embargo, a pesar de las oportunidades que ofrece el Modelo VUIS, persisten desafíos importantes en términos de planificación, gestión y ejecución eficaz de los proyectos de vivienda multifamiliares. La gestión ineficiente de recursos humanos y materiales, así como la falta de planificación conduce a desperdicios, retrasos y gastos innecesarios, lo que pone en riesgo la viabilidad de estos proyectos.

### 1.1.2 Justificación

En el sector salud, la mala praxis médica puede tener consecuencias fatales cuando los procedimientos no siguen protocolos establecidos, lo que lleva a diagnósticos erróneos, tratamientos ineficaces o cirugías innecesarias. Para evitar estos problemas, la medicina ha desarrollado estándares rigurosos basados en evidencia científica y en metodologías probadas. De la misma manera, en el sector de la construcción, la falta de planificación y gestión efectiva puede

ocasionar sobrecostos, retrasos significativos y fallos estructurales, afectando la inversión pública y privada, la calidad de vida de la población y el desarrollo económico del país.

Un caso representativo de mala gestión en infraestructura pública en Costa Rica es la Ruta San Carlos, un proyecto iniciado en 1996 que, después de casi tres décadas, sigue inconcluso. La ausencia de una planificación adecuada ha generado un incremento exponencial del presupuesto inicial, mientras que los plazos de entrega se han extendido indefinidamente, afectando la conectividad y limitando el desarrollo en la región. El desorden en la gestión ha provocado un impacto negativo en las finanzas públicas, generando una mayor presión sobre los recursos estatales y restringiendo la inversión en otros proyectos de infraestructura esenciales.

Para enfrentar estos desafíos, la Cámara Costarricense de la Construcción ha impulsado la modernización del sector a través del uso de tecnología y metodologías avanzadas. En respuesta, en febrero de 2024, se presentó el proyecto de ley “Ley para la mejora tecnológica y metodológica de las contrataciones en materia de obra pública”, con el objetivo de optimizar costos, reducir tiempos de ejecución y promover la sostenibilidad en la infraestructura nacional. La implementación de sistemas eficientes de planificación y control en la ejecución de proyectos se ha convertido en una necesidad tanto en el ámbito público como en el privado, donde la competitividad y la rentabilidad exigen el uso de metodologías estructuradas.

En este contexto, Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) han demostrado ser herramientas clave para mejorar la eficiencia en la construcción. Lean Construction, alineado con los estándares del PMBOK y reconocido por la American National Standards Institute (ANSI), permite reducir desperdicios, optimizar el uso de recursos y maximizar el valor entregado. BIM, por su parte, posibilita una gestión precisa y coordinada de la información

del proyecto, lo que reduce errores, mejora la toma de decisiones y facilita la interoperabilidad entre los diferentes actores involucrados.

La integración de estos enfoques en un modelo de gestión adaptado a los proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) permite la implementación de mejores prácticas en la planificación, ejecución y control de obras, reduciendo riesgos y aumentando la eficiencia operativa, esto no solo optimiza los recursos y mejora la rentabilidad de los proyectos, sino que también impulsa un desarrollo urbano más sostenible y accesible.

La adopción de PMBOK, Lean Construction y BIM no es una simple mejora en la gestión de proyectos, sino una estrategia indispensable para garantizar que las futuras inversiones en infraestructura sean sostenibles, transparentes y alineadas con estándares internacionales, evitando repetir los errores del pasado y promoviendo un modelo de desarrollo más eficiente y estructurado.

### 1.1.3 Problema de investigación

A pesar del reconocimiento institucional del Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) como una estrategia clave para la regeneración urbana y el acceso equitativo a la vivienda en Costa Rica, su implementación enfrenta graves deficiencias en la planificación, ejecución y control de los proyectos. La falta de una gestión eficiente ha resultado en sobrecostos, retrasos significativos y deficiencias en la calidad de las viviendas, lo que compromete la viabilidad del modelo y su capacidad para ofrecer soluciones habitacionales efectivas a las poblaciones vulnerables.

El modelo VUIS fue diseñado para optimizar el uso del suelo urbano, reutilizar terrenos en desuso y fomentar la densificación planificada dentro de áreas con acceso a servicios e infraestructura. Sin embargo, en la práctica, la falta de coordinación entre los actores involucrados, la ineficiente asignación de recursos y la ausencia de un sistema de gestión estructurado han

generado un proceso fragmentado, desordenado y poco eficiente. Esto ha llevado a que muchos proyectos no cumplan con los objetivos de asequibilidad, sostenibilidad y calidad esperados.

Dado que la construcción de vivienda es un proceso complejo que involucra múltiples actores y etapas interdependientes, es fundamental implementar metodologías de gestión de proyectos que permitan mejorar la planificación, ejecución y control de los proyectos VUIS. En este sentido, la integración de PMBOK, BIM y Lean Construction podría representar una solución viable para estructurar procesos, optimizar el uso de recursos y garantizar la entrega eficiente de viviendas con los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos.

Este estudio tiene como objetivo analizar cómo la integración de estas metodologías puede resolver los problemas de sobrecostos, retrasos y deficiencias de calidad en los proyectos VUIS en Costa Rica, asegurando la aplicación efectiva de su implementación. Se plantea la hipótesis de que la adopción de PMBOK, BIM y Lean Construction permitirá transformar la gestión del modelo VUIS, proporcionando un enfoque estructurado que optimice su ejecución y mejore su impacto social y urbano.

A partir de esta problemática, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera la integración de metodologías de gestión como PMBOK, BIM y Lean Construction puede resolver los problemas de sobrecostos, retrasos y deficiencias de calidad en los proyectos VUIS en Costa Rica, impulsando su viabilidad y consolidación como modelo de desarrollo urbano?

### 1.1.4 Estado del arte

#### *1.1.4.1 Datos de población mundial.*

La urbanización está en constante crecimiento y se espera que, para 2050, el 70% de la población mundial resida en ciudades (Banco Mundial, 2022). Si bien este proceso ha impulsado la productividad y la innovación, también ha generado desafíos significativos en términos de acceso a vivienda, infraestructura y empleo, en especial para quienes habitan en asentamientos informales.

El crecimiento urbano descontrolado impacta la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades. Se estima que, para 2030, la expansión del espacio urbano superará en un 50% (ONU, 2016). Esto incrementará el consumo energético y las emisiones de $CO_2$, intensificando la crisis climática y el agotamiento de recursos naturales.

Para hacer frente a estos desafíos, se requiere una planificación urbana integral y sostenible. Los gobiernos deben adoptar estrategias que equilibren el crecimiento urbano con la sostenibilidad y la resiliencia, asegurando una mejor distribución del suelo, acceso equitativo a la vivienda y una infraestructura adecuada. En este sentido, el modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) representa una alternativa clave para abordar estos retos, pero su correcta implementación enfrenta barreras en la gestión, planificación y articulación de actores.

Esta investigación plantea la necesidad de optimizar la gestión del modelo VUIS mediante la integración de metodologías innovadoras, garantizando una ejecución eficiente y sostenible de los proyectos habitacionales.

#### *1.1.4.2 Urbanización en Costa Rica.*

Costa Rica es el país más urbanizado de Centroamérica, con un 81% de su población residiendo en áreas urbanas, según el Banco Mundial (2022). Este crecimiento ha impulsado el

desarrollo económico y la concentración de infraestructura en las principales ciudades, pero también ha generado desequilibrios en la distribución del suelo, acceso desigual a vivienda y servicios básicos, y expansión urbana desordenada.

El acelerado proceso de urbanización en Costa Rica no ha ido acompañado de una planificación adecuada. La falta de una estrategia integral ha resultado en fragmentación del territorio, presión sobre la infraestructura pública y la proliferación de asentamientos informales. A nivel regional, el 80% de la población en América Latina y el Caribe habita en ciudades, con más de 113 millones de personas viviendo en condiciones informales, según la CAF (2023). En el país, el déficit habitacional y la falta de integración de políticas de vivienda con planificación urbana han impedido una respuesta efectiva a la creciente demanda habitacional.

El modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) ha sido propuesto como una alternativa para abordar estos desafíos mediante la regeneración urbana y la densificación de áreas consolidadas. Sin embargo, su implementación enfrenta barreras estructurales que han limitado su viabilidad. La falta de una gestión interinstitucional eficiente y la escasa articulación entre el MIVAH, INVU, BANHVI y las municipalidades han generado obstáculos en la ejecución de proyectos de vivienda social. Además, las normativas urbanísticas desactualizadas y la rigidez en los planes reguladores han dificultado la adaptación a modelos de densificación inteligente. La ausencia de incentivos financieros y esquemas de inversión sostenibles ha restringido la participación del sector privado en la construcción de vivienda accesible en zonas urbanas.

Ante este panorama, la presente investigación busca identificar estrategias para optimizar la planificación y ejecución del modelo VUIS, garantizando su viabilidad técnica, económica y social. Se explorarán herramientas de gestión que permitan superar las barreras actuales, fortalecer

la coordinación entre entidades y generar modelos de financiamiento que incentiven la inversión en vivienda accesible.

La urbanización acelerada de Costa Rica demanda una transformación en la manera en que se planifican y gestionan los proyectos habitacionales, priorizando soluciones sostenibles, inclusivas y eficientes. La consolidación del VUIS dentro de una estrategia de desarrollo urbano estructurada representa una oportunidad para reducir el déficit habitacional y mejorar la calidad de vida en entornos urbanos, alineando la política habitacional con los principios de equidad y sostenibilidad.

#### *1.1.4.3 ONU habitad.*

ONU-Hábitat es el programa de las Naciones Unidas encargado de promover asentamientos humanos sostenibles y ciudades inclusivas, proporcionando directrices para mejorar la planificación urbana, el acceso a vivienda digna y el desarrollo de infraestructura resiliente. Su labor se centra en asesorar a los gobiernos en la formulación de políticas habitacionales y de ordenamiento territorial, garantizando la equidad en la distribución del suelo y la sostenibilidad en la expansión urbana.

En el contexto global, los estudios de ONU-Hábitat han identificado múltiples factores que han exacerbado la crisis de vivienda y la desigualdad socioespacial, como la especulación inmobiliaria, el crecimiento desordenado de las ciudades y la falta de mecanismos de financiamiento accesibles. Según sus informes, el 97% de las viviendas construidas actualmente no son financieramente asequibles para las poblaciones vulnerables, lo que ha derivado en un aumento sostenido de asentamientos informales y exclusión social en las ciudades. Este fenómeno se debe en gran medida a la falta de regulación efectiva en el mercado de suelo urbano y a la ausencia de modelos de gestión que promuevan un acceso equitativo a la vivienda.

Desde la perspectiva de esta investigación, ONU-Hábitat representa un referente clave para contextualizar el problema del acceso a la vivienda en Costa Rica dentro de un marco global, evidenciando que la crisis habitacional no puede resolverse únicamente con la construcción de unidades habitacionales, sino con una planificación estructurada que contemple la regulación del mercado inmobiliario, la optimización del uso del suelo y estrategias de financiamiento adaptadas a las necesidades locales.

El modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) se alinea con las recomendaciones de ONU-Hábitat al promover la densificación urbana y la reutilización de espacios infrautilizados para reducir la expansión descontrolada de las ciudades y mejorar la accesibilidad a servicios esenciales. Esta investigación adopta el enfoque de ONU-Hábitat como marco de referencia para evaluar las debilidades del sistema de vivienda en Costa Rica, identificando oportunidades para fortalecer la planificación urbana y la integración de criterios de sostenibilidad y equidad en la ejecución de proyectos habitacionales.

#### *1.1.4.4. ODS 11.*

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 (ODS 11) de la Agenda 2030 establece la necesidad de garantizar que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, asegurando el acceso equitativo a la vivienda, la infraestructura adecuada y la planificación territorial eficiente. En este contexto, el modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) surge como una estrategia diseñada específicamente para cumplir con las directrices del ODS 11 en materia de habitabilidad, promoviendo la creación de viviendas dignas en entornos urbanos bien planificados y con acceso a servicios esenciales.

El modelo VUIS se fundamenta en los principios del ODS 11 al priorizar la densificación urbana, la reutilización de espacios subutilizados y la integración de vivienda con infraestructura

consolidada. A diferencia de la urbanización convencional, que ha generado segregación socioespacial y crecimiento desordenado, el VUIS busca optimizar el uso del suelo y garantizar que los desarrollos habitacionales cumplan con estándares adecuados de accesibilidad, seguridad y sostenibilidad. No obstante, su implementación enfrenta dificultades normativas y de planificación, ya que los marcos regulatorios en Costa Rica aún no están adaptados para fomentar la regeneración urbana y la densificación habitacional de manera eficiente.

Para que el modelo VUIS logre satisfacer las directrices del ODS 11 en términos de habitabilidad, es fundamental actualizar los marcos normativos, establecer mecanismos que faciliten la transformación de espacios urbanos y garantizar que la vivienda social sea parte de una planificación integral. La falta de instrumentos de gestión del suelo y la rigidez en los planes reguladores municipales han limitado su expansión, impidiendo que más familias accedan a vivienda en entornos urbanos adecuados.

El ODS 11 define la habitabilidad como un derecho fundamental dentro del desarrollo urbano sostenible, y el VUIS ha sido diseñado para responder a esta necesidad, asegurando que las viviendas sean accesibles, seguras y funcionales dentro del tejido urbano.

#### *1.1.4.5 Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS).*

El Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), desarrollado en 2018 por el MIVAH, en colaboración con el BANHVI, INVU y CFIA, surge como una respuesta a la insuficiencia de las soluciones habitacionales tradicionales, las cuales han resultado ineficaces para atender la demanda de vivienda en sectores de ingresos bajos y medios. Históricamente, estos grupos han dependido de la expansión urbana desordenada, lo que ha generado segregación socioespacial, sobrecarga de infraestructura y costos elevados en la provisión de servicios básicos.

En contraste, el VUIS propone la densificación urbana planificada y la reutilización de terrenos infrautilizados, optimizando el uso del suelo y promoviendo un crecimiento urbano más eficiente.

El BANHVI ha integrado el VUIS en el Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV), facilitando acceso a financiamiento para la adquisición de vivienda en áreas urbanas consolidadas. No obstante, su implementación enfrenta desafíos estructurales como planes reguladores desactualizados, procesos burocráticos en la tramitación de permisos y la falta de incentivos efectivos para el sector privado, lo que ha restringido su escalabilidad. Paralelamente, entidades como Grupo Mutual, Mucap y Coopealianza han explorado esquemas de financiamiento alternativos, pero la falta de un marco financiero estructurado sigue limitando el potencial del modelo.

Desde el ámbito normativo y técnico, el CFIA y el CACR han desarrollado planos tipo y guías de diseño, buscando estandarizar procesos y reducir costos de planificación. Sin embargo, la limitada adopción de BIM y Lean Construction ha restringido la eficiencia en la ejecución de proyectos, afectando la trazabilidad, coordinación y optimización de recursos. Para abordar estas deficiencias, es fundamental adoptar metodologías de gestión de proyectos que permitan mejorar la ejecución y el control de estos desarrollos, garantizando que sean técnicamente viables, económicamente sostenibles y alineados con el ordenamiento urbano existente.

En este contexto, la investigación busca analizar cómo mejorar los procesos de planificación y ejecución de proyectos bajo el modelo VUIS, desarrollando un marco metodológico que articule los intereses de los distintos actores y establezca directrices claras para su implementación. La integración de PMBOK, BIM y Lean Construction es clave en esta propuesta, ya que PMBOK permitirá estructurar la planificación y gestión de proyectos, BIM optimizará la trazabilidad y la coordinación entre los actores del sector AIC, mientras que Lean

Construction reducirá desperdicios y mejorará la eficiencia operativa en la construcción de vivienda.

El VUIS representa una alternativa viable para la reorganización urbana y la mejora del acceso a vivienda en Costa Rica. Sin embargo, su éxito dependerá de reformas normativas, incentivos financieros efectivos y la aplicación de metodologías avanzadas de gestión. La articulación entre actores del sector y el uso de herramientas de planificación y control permitirán optimizar la inversión y consolidar el modelo como una solución escalable, eficiente y alineada con la planificación urbana sostenible del país.

#### *1.1.4.6 Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos de Costa Rica (MIVAH).*

El Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) es el ente rector encargado de definir y coordinar las políticas nacionales de vivienda y ordenamiento territorial en Costa Rica. Su labor se centra en la formulación de estrategias para garantizar el acceso a vivienda digna, la sostenibilidad en la planificación urbana y la regulación del crecimiento de las ciudades. A través del Plan de Desarrollo Urbano de la Gran Área Metropolitana (GAM), el MIVAH ha establecido lineamientos para el uso del suelo y la densificación en áreas urbanas consolidadas, promoviendo la integración de la vivienda social dentro del tejido urbano existente.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos del MIVAH en la formulación de políticas, su implementación ha enfrentado importantes barreras. La falta de incentivos financieros y mecanismos efectivos para estimular la inversión en zonas prioritarias ha limitado la ejecución de proyectos habitacionales en áreas estratégicas. La ausencia de programas de financiamiento adecuados ha llevado a que muchas iniciativas habitacionales no puedan desarrollarse en suelo urbano consolidado, promoviendo en su lugar la expansión hacia zonas periféricas con menor regulación y acceso limitado a infraestructura básica.

La capacidad del MIVAH para coordinar la planificación urbana con las necesidades de vivienda también se ha visto afectada por la falta de articulación con las municipalidades y las entidades encargadas de la regulación del suelo. La descentralización de competencias ha dificultado la aplicación efectiva de los lineamientos nacionales en las administraciones locales, lo que ha generado una desconexión entre la planificación estratégica y su ejecución práctica. Como resultado, los proyectos habitacionales muchas veces no se alinean con las prioridades establecidas en el Plan GAM, afectando la equidad en la distribución de vivienda y la eficiencia en el uso del suelo.

Desde la perspectiva de esta investigación, el MIVAH presenta fortalezas en la formulación de políticas de planificación habitacional, pero enfrenta importantes desafíos en su implementación. La ausencia de incentivos financieros adecuados, la falta de estrategias claras para la reutilización del suelo urbano y la desconexión entre las normativas nacionales y su aplicación en el ámbito municipal han limitado su impacto en la consolidación de una oferta de vivienda accesible y bien integrada en el desarrollo urbano.

#### *1.1.4.7. Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU).*

Es el principal ente técnico encargado de la regulación urbanística y la planificación territorial en Costa Rica. Su función es garantizar que el desarrollo habitacional se lleve a cabo conforme a los principios de ordenamiento territorial, mediante la revisión y aprobación de planes reguladores municipales, la zonificación del suelo y la supervisión de los proyectos urbanísticos. A diferencia del MIVAH, que diseña políticas generales de vivienda, el INVU es responsable de la aplicación técnica de estas regulaciones a nivel local.

Uno de los principales desafíos que enfrenta el INVU es la falta de actualización de los planes reguladores municipales. Según el Programa Estado de la Nación (PEN, 2021), solo el 50%

de los municipios del país han actualizado sus planes reguladores, lo que ha generado problemas en la gestión del suelo y ha dificultado el desarrollo de vivienda en zonas con infraestructura consolidada. En muchos casos, la ausencia de planes reguladores actualizados ha permitido la proliferación de proyectos sin un marco normativo claro, afectando la sostenibilidad del crecimiento urbano y limitando la integración de vivienda social en áreas urbanas consolidadas.

Otro problema importante es la burocracia en la aprobación de proyectos urbanísticos y planes reguladores. Según datos del Banco Mundial (2021), Costa Rica ocupa el puesto 79 de 190 países en facilidad para obtener permisos de construcción, lo que evidencia los largos tiempos de espera y la complejidad en los procesos de visado y revisión de planos por parte del INVU. Este problema no solo retrasa la ejecución de proyectos habitacionales, sino que también incrementa los costos de desarrollo, desincentivando la inversión en sectores regulados y fomentando la expansión descontrolada hacia zonas sin planificación efectiva.

Además de los retrasos en la tramitación, el INVU ha enfrentado dificultades en la gestión del suelo urbanizable. Según el Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica (UCR, 2020), el 35% del suelo disponible en la Gran Área Metropolitana (GAM) está subutilizado, lo que representa una oportunidad desaprovechada para la construcción de vivienda accesible. Sin embargo, la falta de incentivos específicos para la regeneración urbana ha limitado la transformación de estos terrenos en espacios habitacionales bien conectados con la infraestructura existente.

Otro aspecto crítico es la desconexión entre el INVU y las municipalidades en la aplicación de regulaciones urbanísticas. Aunque el INVU establece las directrices generales para la planificación urbana, las municipalidades tienen la responsabilidad de ejecutarlas a nivel local. No obstante, la falta de recursos técnicos y administrativos en muchos gobiernos locales ha dificultado

la implementación efectiva de las regulaciones, lo que ha generado inconsistencias en la planificación y desarrollo urbano a lo largo del país.

Este estudio analizará cómo la optimización en los procesos administrativos, la mejora en la coordinación con las municipalidades y la implementación de incentivos para la regeneración urbana pueden fortalecer la función del INVU en la planificación y regulación del desarrollo habitacional en Costa Rica. A través del análisis de estas problemáticas, se busca identificar estrategias que permitan agilizar los trámites, mejorar la gestión del suelo y garantizar que la planificación urbana responda a las necesidades actuales del país.

#### *1.1.4.8 Banco Hipotecario de la Vivienda en Costa Rica (BANHVI).*

El Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) es la institución encargada de administrar los recursos del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV), garantizando el acceso a vivienda para familias de bajos ingresos mediante la asignación de Bonos de Vivienda. Su rol en la política habitacional del país es crucial, ya que actúa como el principal canal de financiamiento para proyectos de vivienda social en Costa Rica, en coordinación con el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU).

Históricamente, el BANHVI ha estructurado sus programas de financiamiento en torno a modelos convencionales de vivienda unifamiliar y multifamiliar, dirigidos a la adquisición o construcción de viviendas en lotes individuales o urbanizaciones periféricas. Sin embargo, este esquema no responde a los retos actuales de densificación urbana, regeneración de suelo infrautilizado y optimización del acceso a infraestructura y servicios esenciales. En este contexto, el modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) surge como una alternativa viable para transformar la inversión habitacional, promoviendo soluciones que integren vivienda y equipamiento urbano en áreas con acceso consolidado a transporte, educación, salud y empleo.

El BANHVI juega un papel determinante en la viabilidad del modelo VUIS, ya que su capacidad de financiamiento es clave para incentivar la construcción de proyectos en entornos urbanos estratégicos. Sin embargo, la falta de un marco financiero adaptado a este modelo ha impedido su aplicación efectiva a gran escala. Actualmente, no existen esquemas de subsidios diseñados específicamente para fomentar proyectos VUIS, lo que limita la participación del sector privado y ralentiza la transición hacia un modelo de vivienda más eficiente y sostenible.

La integración del BANHVI con el modelo VUIS no solo requiere una modernización de sus mecanismos de financiamiento, sino también una coordinación más estrecha con los planes reguladores municipales para garantizar que los proyectos habitacionales cumplan con criterios de densificación y accesibilidad. La actualización de los lineamientos de financiamiento, alineada con la visión de vivienda sostenible, permitiría que el BANHVI se convierta en un facilitador clave para la consolidación del VUIS en Costa Rica, asegurando que los recursos destinados a la vivienda social impulsen un desarrollo urbano más equitativo y funcional.

#### *1.1.4.9 Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA).*

El Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA) es la entidad responsable de regular el ejercicio profesional de la ingeniería y la arquitectura en el país. Su función principal es garantizar la calidad, seguridad y sostenibilidad de los proyectos constructivos mediante la supervisión del cumplimiento normativo, la validación técnica de proyectos y la actualización de estándares que rigen el desarrollo urbano. Como órgano regulador, el CFIA desempeña un papel clave en la planificación territorial, asegurando que las normativas favorezcan la consolidación de ciudades bien estructuradas, eficientes y con acceso equitativo a la infraestructura.

Uno de los principales aportes del CFIA en la planificación urbana ha sido su impulso a estrategias que promueven la densificación sostenible y la regeneración urbana, facilitando la implementación de modelos habitacionales que optimicen el uso del suelo. En este sentido, su participación en la Estrategia de Acupuntura Urbana ha sido determinante en la revitalización de zonas urbanas mediante intervenciones puntuales, que incluyen la rehabilitación de espacios públicos, la reutilización de edificaciones en desuso y la integración de soluciones habitacionales en áreas estratégicas de las ciudades. Esta estrategia, lejos de ser un enfoque independiente, es un complemento directo del modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), proporcionando criterios técnicos que permiten su aplicación efectiva en el país.

Para que el VUIS pueda consolidarse como un modelo viable, es necesario un marco normativo que facilite su implementación. En este aspecto, el CFIA ha trabajado en la actualización de regulaciones y la estandarización de procesos técnicos, agilizando la aprobación de proyectos de vivienda vertical y uso mixto. A través de la formulación de planes reguladores y directrices técnicas, ha permitido que los municipios adopten criterios más flexibles para la densificación urbana, garantizando que los proyectos de vivienda social puedan integrarse con la infraestructura existente sin comprometer la sostenibilidad ni la calidad de vida.

El CFIA también ha promovido la digitalización y modernización de la industria de la construcción mediante la creación de la Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción. Esta herramienta facilita la aplicación de metodologías digitales en el diseño, supervisión y ejecución de proyectos, permitiendo una gestión más eficiente y reduciendo los tiempos de tramitación de permisos de construcción. La implementación de estos avances es esencial para el éxito del modelo VUIS, ya que garantiza que los proyectos sean

técnicamente viables, financieramente sostenibles y alineados con la planificación urbana nacional.

El papel del CFIA en la consolidación del modelo VUIS es clave, ya que no solo regula los aspectos técnicos de la construcción, sino que también promueve políticas de desarrollo urbano que permiten su ejecución eficiente. Su participación en la formulación de planes reguladores, la promoción de herramientas digitales y la actualización de normativas contribuye a garantizar que el modelo VUIS pueda implementarse dentro de un marco de planificación urbana estructurada, con criterios de accesibilidad, sostenibilidad y eficiencia en el uso del suelo.

#### *1.1.4.10 Cámara costarricense de la construcción (CCC).*

La Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) es la principal organización gremial del sector construcción en Costa Rica, promoviendo la modernización, sostenibilidad y competitividad de la industria. Su labor se centra en la representación del sector ante el gobierno, la actualización de normativas y la adopción de tecnologías innovadoras para optimizar la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos.

En el marco de esta investigación, la CCC es un actor clave para la consolidación del modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), ya que impulsa metodologías avanzadas como Building Information Modeling (BIM) y Lean Construction, esenciales para mejorar la gestión de costos, reducir desperdicios y optimizar tiempos de ejecución. A través del BIM Forum, la Cámara ha promovido la adopción de herramientas digitales para mejorar la coordinación y precisión en el desarrollo de proyectos.

Además, la CCC ha respaldado iniciativas legislativas que buscan mejorar la gestión de obra pública mediante la integración de tecnología e innovación. Un ejemplo es el proyecto de “Ley para la mejora tecnológica y metodológica de las contrataciones en materia de obra pública”,

presentado en 2024, que busca agilizar procesos, optimizar costos y garantizar la sostenibilidad en las obras de infraestructura. Su eventual aprobación fortalecería la implementación de metodologías digitales en el desarrollo urbano, facilitando la viabilidad del modelo VUIS.

Otro aspecto relevante es su influencia en la actualización de planes reguladores y normativas de construcción, colaborando con el CFIA y municipalidades para estructurar regulaciones que permitan una mayor densificación urbana y la regeneración de espacios subutilizados. Su papel en la flexibilización normativa es fundamental para facilitar la ejecución de proyectos de vivienda vertical y uso mixto, optimizando el aprovechamiento del suelo urbano y promoviendo un crecimiento más ordenado.

Desde la perspectiva de esta tesis, la CCC es un catalizador de la transformación del sector construcción, al impulsar la modernización de procesos, la adopción de tecnologías digitales y la actualización de regulaciones que permitan la implementación efectiva del modelo VUIS. Su liderazgo en la promoción de la sostenibilidad y la eficiencia en la industria es clave para garantizar que el desarrollo de vivienda urbana responda a criterios de innovación, accesibilidad y regeneración urbana.

#### *1.1.4.11 GUÍA DEL PMBOK*

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía del PMBOK, desarrollada por el Project Management Institute (PMI), es un estándar reconocido internacionalmente que proporciona metodologías para la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos. Su enfoque estructurado permite optimizar la gestión de recursos, minimizar riesgos y garantizar que los proyectos cumplan con sus objetivos en alcance, tiempo, costo y calidad. En el caso del modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), donde la

eficiencia en la ejecución es un factor determinante, la aplicación del PMBOK proporciona herramientas esenciales para estructurar el proceso de manera sistemática y efectiva.

Una de las principales innovaciones de la séptima edición del PMBOK es el Sistema de Entrega de Valor, el cual enfatiza que un proyecto no solo debe cumplir con sus objetivos operacionales, sino también generar beneficios sostenibles y estratégicos para todas las partes involucradas. Aplicado al modelo VUIS, este enfoque garantiza que la planificación y ejecución de los desarrollos habitacionales no solo se centren en la construcción de unidades de vivienda, sino en la creación de valor a largo plazo para las comunidades, asegurando que los proyectos sean sostenibles, accesibles y funcionalmente integrados en su entorno urbano.

El modelo VUIS enfrenta desafíos en la gestión del suelo, la optimización de recursos y la integración con el entorno urbano. La aplicación del PMBOK permite seleccionar el ciclo de vida del proyecto más adecuado ya sea predictivo, iterativo o incremental dependiendo de la complejidad de la obra, la disponibilidad del suelo y las necesidades específicas de cada desarrollo. Esta flexibilidad es clave para la planificación de proyectos VUIS, ya que permite adaptar las estrategias de construcción y administración en función de las condiciones del entorno y las oportunidades de regeneración urbana.

Otro aspecto esencial del PMBOK en la gestión del modelo VUIS es su enfoque en la gestión de riesgos, recursos y comunicación, elementos fundamentales para garantizar que los proyectos avancen de manera coordinada y sin contratiempos. Su metodología permite anticipar obstáculos, establecer estrategias de mitigación y asegurar una distribución eficiente de los recursos, optimizando el uso del suelo y reduciendo desperdicios.

El PMBOK aporta una visión integral a la gestión del modelo VUIS al estructurar los procesos bajo un esquema de creación de valor, asegurando que cada desarrollo habitacional no

solo se enfoque en la entrega de unidades de vivienda, sino en la generación de comunidades sostenibles y bien integradas en la planificación urbana. Su implementación en estos proyectos contribuye a mejorar la eficiencia en la gestión de recursos, minimizar incertidumbres y garantizar que la vivienda urbana inclusiva y sostenible responda de manera efectiva a las necesidades de la población.

#### *1.1.4.12 Guía de implementación BIM para las empresas.*

La Guía de Implementación BIM para Empresas, desarrollada por el BIM Forum Costa Rica en conjunto con la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), es un recurso estratégico diseñado para facilitar la adopción de Building Information Modeling (BIM) en la industria de la construcción. Su propósito es proporcionar una metodología clara y estructurada para integrar BIM en los procesos de planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de proyectos, optimizando la gestión de información a lo largo del ciclo de vida de una edificación.

Esta guía es un instrumento clave para garantizar una implementación eficiente y progresiva de BIM en las empresas, estableciendo estándares y lineamientos que permitan una transición organizada hacia metodologías de trabajo digital. Su enfoque permite a las organizaciones definir criterios organizacionales, seleccionar herramientas tecnológicas adecuadas, capacitar a su personal y evaluar el impacto de la integración de BIM en sus procesos operativos.

Una de las principales ventajas que ofrece la Guía de Implementación BIM para Empresas es la optimización de la gestión de proyectos, reduciendo errores en el diseño, minimizando costos asociados a reprocesos y mejorando la coordinación interdisciplinaria. A través de su estructura, las empresas pueden establecer niveles de desarrollo (LOD, Level of Development) que

especifican el grado de detalle requerido en cada fase del proyecto, garantizando una mayor precisión y control.

La importancia de esta guía dentro del modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) radica en su capacidad para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos habitacionales. BIM permite simular el comportamiento de una edificación antes de su construcción, asegurando que se optimicen los recursos, se minimicen los desperdicios y se mejore la planificación de la obra. En proyectos VUIS, donde la densificación urbana y la integración con la infraestructura existente son esenciales, la implementación de BIM facilita la toma de decisiones estratégicas y garantiza que los desarrollos sean técnicamente viables, financieramente sostenibles y ambientalmente responsables.

Además, la guía proporciona estrategias para la planificación y ejecución de modelos BIM, asegurando que la metodología se adapte a las necesidades específicas de cada empresa y proyecto. Esto permite que las organizaciones evolucionen hacia un entorno de trabajo más colaborativo, donde la información se gestiona de manera centralizada y accesible, facilitando la toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados.

La aplicación de BIM en los proyectos VUIS garantiza que la vivienda social no solo sea funcional y accesible, sino que también se desarrolle bajo criterios de sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los recursos. La Guía de Implementación BIM para Empresas es, por lo tanto, un instrumento fundamental para alinear la planificación y ejecución de proyectos VUIS con estándares internacionales, asegurando que los desarrollos habitacionales respondan a las exigencias de regeneración urbana y optimización del suelo en Costa Rica.

#### *1.1.4.13 Lean Construction Institute (LCI).*

El Lean Construction Institute (LCI) es una organización dedicada a la transformación del sector de la construcción mediante la aplicación de la filosofía Lean, enfocada en la reducción de desperdicios, optimización de recursos y mejora en la planificación y ejecución de proyectos. Inspirado en el Sistema de Producción de Toyota (TPS), Lean Construction busca maximizar la eficiencia a través de estrategias colaborativas que permiten entregar mayor valor con menos costos y tiempos innecesarios.

El modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) se desarrolla en un entorno donde la gestión eficiente de recursos es clave para garantizar la viabilidad del proyecto. Su implementación enfrenta desafíos relacionados con la coordinación de procesos, optimización de costos y reducción del impacto ambiental, aspectos que Lean Construction aborda mediante un enfoque estructurado de planificación y ejecución. La aplicación de esta metodología en proyectos VUIS permite minimizar el desperdicio de materiales y recursos, mejorar la productividad y garantizar que la construcción se realice dentro de los plazos y presupuestos establecidos, factores esenciales en la ejecución de vivienda social en entornos urbanos densificados.

Una de las principales herramientas promovidas por el LCI es el Last Planner System (LPS), un sistema de planificación colaborativa que mejora la confiabilidad en la ejecución de proyectos. Su implementación en el modelo VUIS asegura una mejor coordinación entre todos los actores involucrados, desde diseñadores y constructores hasta urbanistas y desarrolladores. La aplicación de LPS en la planificación de proyectos VUIS contribuye a identificar y eliminar restricciones antes de que impacten el cronograma, reducir la variabilidad en las tareas y mejorar la eficiencia del flujo de trabajo, lo que resulta en una construcción más ordenada y efectiva.

Además, Lean Construction se complementa con Building Information Modeling (BIM),

generando sinergias entre la planificación digital y la optimización de procesos constructivos. La combinación de ambas metodologías en la gestión de proyectos VUIS permite una planificación más precisa, la reducción de errores en la obra y una mayor trazabilidad en la ejecución, factores esenciales para garantizar la calidad y eficiencia del modelo de vivienda.

El éxito del VUIS depende de su capacidad para desarrollar proyectos con altos niveles de eficiencia en el uso del suelo y los recursos, asegurando que la inversión en vivienda social se traduzca en proyectos bien planificados, financieramente sostenibles y técnicamente viables. Lean Construction ofrece un marco metodológico que permite alcanzar estos objetivos al mejorar la productividad del proceso constructivo, reducir el desperdicio de materiales y optimizar la gestión del tiempo. Su aplicación en el desarrollo de vivienda social en entornos urbanos garantiza que los proyectos sean ejecutados con criterios de sostenibilidad, precisión y reducción de desperdicios, asegurando que la inversión se utilice de manera eficiente y que los desarrollos de vivienda maximicen su impacto en la regeneración urbana y el aprovechamiento del suelo disponible.

## 1.2 Objetivos de la investigación

### 1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología basada en PMBOK, BIM y Lean Construction para optimizar la planificación, gestión y ejecución de proyectos de vivienda bajo el Modelo VUIS. Esta estrategia facilitará la adopción de estos sistemas en el sector de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC), optimizando el uso de recursos, reduciendo costos, tiempos de construcción, y mejorando la eficiencia en el acceso a viviendas sostenibles en Costa Rica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

1- Analizar los alcances del modelo VUIS en Costa Rica, asegurando su viabilidad técnica, normativa y ambiental en cumplimiento con las regulaciones del INVU, BANHVI, CFIA, SETENA y municipalidades. Se alineará con los objetivos del ODS 11 para contribuir a la reducción del déficit habitacional y mejorar la planificación, facilitando la tramitación y ejecución de los proyectos VUIS en el marco regulatorio costarricense.

2- Diseñar una estrategia de planificación efectiva mediante una hoja de ruta basada en PMBOK y Lean Construction, optimizando la gestión del alcance, cronograma, costos, riesgos y calidad en proyectos VUIS. Esta estrategia estructurará procesos para minimizar incertidumbre, mejorar la previsibilidad y fortalecer la toma de decisiones, asegurando una ejecución ágil y adaptada a los desafíos financieros y operativos del modelo.

3- Definir un plan de ejecución BIM alineado con la ISO 19650, integrando monitoreo en tiempo real, automatización y análisis predictivo para mejorar la trazabilidad y optimizar la toma de decisiones en todas las fases del proyecto VUIS. Este plan fortalecerá la coordinación entre profesionales, reduciendo errores, optimizando recursos y promoviendo la sostenibilidad y la transformación digital en el sector AIC.

## 1.3 Las variables o categorías de análisis

### 1.3.1 Variables (cuantitativo)

1-Análisis de los alcances del modelo VUIS en Costa Rica, asegurando su viabilidad técnica, normativa y ambiental en cumplimiento con las regulaciones del INVU, BANHVI, CFIA, SETENA y municipalidades. Se alineará con los objetivos del ODS 11 para contribuir a la reducción del déficit habitacional y mejorar la planificación, facilitando la tramitación y ejecución de los proyectos VUIS en el marco regulatorio costarricense.

2-Diseño de una estrategia de planificación efectiva mediante una hoja de ruta basada en PMBOK y Lean Construction, optimizando la gestión del alcance, cronograma, costos, riesgos y calidad en proyectos VUIS. Esta estrategia estructurará procesos para minimizar incertidumbre, mejorar la previsibilidad y fortalecer la toma de decisiones, asegurando una ejecución ágil y adaptada a los desafíos financieros y operativos del modelo.

3-Definición de un plan de ejecución BIM alineado con la ISO 19650, integrando monitoreo en tiempo real, automatización y análisis predictivo para mejorar la trazabilidad y optimizar la toma de decisiones en todas las fases del proyecto VUIS. Este plan fortalecerá la coordinación entre profesionales, reduciendo errores, optimizando recursos y promoviendo la sostenibilidad y la transformación digital en el sector AIC.

### 1.3.2. Matriz de la investigación

A continuación, se presentan las matrices de la investigación:

**Tabla 1: Matriz cuantitativa del objetivo 1**

| Categoría de análisis |
| --- |
| Análisis de los alcances del modelo VUIS en Costa Rica, asegurando su viabilidad técnica, normativa y ambiental en cumplimiento con las regulaciones del INVU, |

| | | |
|---|---|---|
| BANHVI, CFIA, SETENA y municipalidades. Se alineará con los objetivos del ODS 11 para contribuir a la reducción del déficit habitacional y mejorar la planificación, facilitando la tramitación y ejecución de los proyectos VUIS en el marco regulatorio costarricense. | | |
| **Definición conceptual** | **Dimensiones** | **Indicadores** |
| Alcance: Se refiere a la identificación y documentación de los objetivos, metas, entregables, tareas, costos y plazos necesarios para completar un proyecto de manera exitosa. En el contexto de un proyecto de viviendas bajo la modalidad VUIS en Costa Rica, esto implica definir claramente qué se incluirá y qué se excluirá del proyecto. | a-Identificación de los Objetivos y Metas.<br>b-Establecimiento de los Límites y Restricciones.<br>c-Identificación de las Partes Interesadas.<br>d-Establecimiento de los Plazos y Cronograma. | a-Documentación del Alcance.<br>b-Alineación de los Objetivos.<br>c-Comunicación Efectiva<br>d-Cumplimiento del Cronograma |

| | | |
|---|---|---|
| Requisitos: Especificaciones que deben cumplirse en proyectos de vivienda bajo el Modelo VUIS en Costa Rica, abarcando aspectos legales, técnicos, de seguridad y calidad. | a-Requisitos legales y normativos<br>b- Estudios técnicos<br>c-Información sobre terrenos y ubicación | a-Ley de Vivienda y Urbanismo de Costa Rica, Ley de Propiedad Horizontal<br>b-Normativas específicas para la construcción de viviendas bajo el Modelo VUIS<br>c- Localización geográfica y accesibilidad a servicios básicos |
| Información técnica: Documentación y datos técnicos necesarios para planificar, diseñar y construir viviendas bajo el Modelo VUIS. | a- Planos y diseños<br>b- Estudios de suelo<br>c-Estudios de mercado | a- Modelo de gestión BIM<br>b-Mapa de zonas idóneas<br>c-Información de la demanda del mercado |
| **Definición instrumental** | | |
| Para llevar a cabo la identificación de requisitos, normas, regulaciones y estudios técnicos necesarios para el desarrollo de viviendas bajo la modalidad VUIS en Costa | | |

| |
|---|
| Rica, se utilizarán los siguientes tipos de instrumentos de recolección de datos de manera óptima:<br><br>**1. Revisión Bibliográfica:** Realizar una investigación exhaustiva en bases de datos del estado y fuentes especializadas para obtener información detallada sobre los requisitos y restricciones existentes para tramitar un proyecto VUIS, así como técnicas de planificación de proyectos. Esto permitirá recopilar datos secundarios de estudios previos y expertos en el campo. |

*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Tabla 2: Matriz cuantitativa del objetivo 2**

| **Categoría de análisis** | | |
|---|---|---|
| Diseño de una estrategia de planificación efectiva mediante una hoja de ruta basada en PMBOK y Lean Construction, optimizando la gestión del alcance, cronograma, costos, riesgos y calidad en proyectos VUIS. Esta estrategia estructurará procesos para minimizar incertidumbre, mejorar la previsibilidad y fortalecer la toma de decisiones, asegurando una ejecución ágil y adaptada a los desafíos financieros y operativos del modelo | | |
| **Definición conceptual** | **Dimensiones** | **Indicadores** |
| PMBOK (Project Management Body of Knowledge): es una guía de estándares reconocida | a- Alcance<br>b- Tiempo<br>c- Costos<br>d- Calidad<br>e- Recursos | a- Cumplimiento del cronograma<br>b- Control de costos<br>c- Gestión de riesgos<br>d- Satisfacción del cliente<br>e- Cumplimiento de calidad |

| | | |
|---|---|---|
| mundialmente desarrollada por el Project Management Institute (PMI), que proporciona un marco completo para la gestión de proyectos en diversas industrias. | f- Riesgos<br>g- Comunicaciones<br>h- Adquisiciones<br>i- Partes interesadas | f- Gestión de adquisiciones |
| Lean Construction es una filosofía de gestión de proyectos en construcción que maximiza el valor para el cliente al reducir el desperdicio de recursos y optimizar los flujos de trabajo en todas las etapas del proyecto. Incluye la fase de ejecución y asegura un enfoque eficiente y colaborativo para | a- Proactividad: Supervisión activa y asignación eficiente de recursos en la fase de ejecución.<br>b- Minimización de Desperdicios: Control y reducción de material no utilizado.<br>c- Eficiencia en Tiempos de Entrega: Cumplimiento de plazos establecidos.<br>d- Calidad del Proyecto: Cumplimiento de estándares de calidad y reducción de defectos. | a- Índice de Productividad Laboral: Trabajo completado por hora de trabajo.<br>b- Costo por Unidad de Construcción.<br>c- Porcentaje de Material Desperdiciado y Costo de Desperdicios.<br>d- Desviación del Cronograma y Tiempo de Ciclo por Fase.<br>e- Número de Defectos y Retrabajos.<br>f- Calificación General de Satisfacción del Cliente y |

| | | |
|---|---|---|
| alcanzar los objetivos del proyecto. | e- Satisfacción del Cliente: Percepción positiva del cliente sobre el proyecto. | Satisfacción con Tiempos de Entrega. |
| El Last Planner System (LPS) es una metodología de planificación colaborativa de Lean que ayuda a mejorar la previsibilidad y eficiencia en los proyectos de construcción. Se centra en gestionar el flujo de trabajo mediante compromisos semanales, planificación a corto y medio plazo, y la revisión continua del porcentaje de tareas completadas (PPC). | a- Planificación colaborativa<br>c- Planificación a corto y medio plazo<br>d- Seguimiento del PPC<br>e- Gestión de restricciones | a- Frecuencia de reuniones semanales<br>b- Porcentaje de tareas realizadas en el tiempo planificado<br>c- Evaluación semanal del PPC<br>d- Identificación y eliminación de restricciones |
| **Definición instrumental** | | |

| |
|---|
| **1. Revisión Bibliográfica:** Realizar una investigación exhaustiva en bases de datos académicas y fuentes especializadas para obtener información detallada sobre las técnicas de gestión, como el Last Planner, sus características, ventajas y limitaciones. Esto permitirá recopilar datos secundarios de estudios previos y expertos en el campo de la gestión de proyectos mediante metodología PMBOK y el sistema Lean.<br>2. **Entrevistas a Expertos:** Realizar entrevistas estructuradas con ingenieros y profesionales con experiencia en el campo la gestión de proyectos implementando metodologías PMBOK y Lean para obtener información cualitativa y detallada sobre las técnicas utilizadas, su efectividad y consideraciones prácticas. |

*Fuente: Elaboración propia (2024).*

**Tabla 3: Matriz cuantitativa del objetivo 3**

| **Categoría de análisis** | | |
|---|---|---|
| Definición de un plan de ejecución BIM alineado con la ISO 19650, integrando monitoreo en tiempo real, automatización y análisis predictivo para mejorar la trazabilidad y optimizar la toma de decisiones en todas las fases del proyecto VUIS. Este plan fortalecerá la coordinación entre profesionales, reduciendo errores, optimizando recursos y promoviendo la sostenibilidad y la transformación digital en el sector AIC. | | |
| **Definición conceptual** | **Dimensiones** | **Indicadores** |

| | | |
|---|---|---|
| El plan de ejecución BIM (BEP): es un documento estratégico que guía la planificación, implementación y control de un proyecto BIM, garantizando la integración, colaboración y cumplimiento de estándares. | a- Colaboración Interdisciplinaria: Nivel de integración entre equipos.<br>b- Calidad de Datos: Precisión y completitud de la información en el modelo.<br>c- Cumplimiento Normativo: Adherencia a normativas de Costa Rica.<br>d- Monitoreo en Tiempo Real: Seguimiento en tiempo real de avances.<br>e- Optimización de Recursos: Eficiencia en el uso de recursos a través del modelo BIM. | a- Número de reuniones de coordinación entre disciplinas.<br>b- Índice de Errores de Modelado: Cantidad de errores detectados en revisiones del modelo.<br>c- Grado de cumplimiento de las normativas de Costa Rica en el modelo.<br>d- Frecuencia de actualización en tiempo real mediante Power BI.<br>e- Reducción en costos de recursos tras la implementación del modelo BIM. |
| Modelo de coordinación BIM: Método colaborativo que emplea modelos digitales tridimensionales para | a-Coordinación interdisciplinaria<br>b- Comunicación efectiva<br>c- Modelado 3D<br>d- Gestión de información | a- Establecimiento de roles y responsabilidades<br>b- Protocolos de comunicación y reuniones |

| | | |
|---|---|---|
| planificar, diseñar, construir y gestionar proyectos de vivienda bajo el Modelo VUIS, facilitando la coordinación entre equipos y disciplinas, así como la detección temprana de problemas. | e- Colaboración en tiempo real | c- Uso de software BIM específico para realizar modelos analíticos.<br>d- Capacitación del personal en BIM, estándares, documentación y contratos BIM.<br>e- Implementación flujos de trabajo, colaboración entre disciplinas e interoperabilidad entre las partes. |
| Normativas y Cumplimiento Regulatorio en Costa Rica: cumplimiento con las regulaciones específicas de Costa Rica, incluyendo normativas de construcción, accesibilidad, sostenibilidad y | a- Integración de Normativas Locales en BIM: Inclusión de requisitos específicos de Costa Rica en el modelo BIM.<br>b- Validación y Revisión Regulatoria: Monitoreo y verificación continua del cumplimiento normativo y aprobación de permisos. | a- Número de revisiones de cumplimiento normativo en el modelo BIM.<br>b- Porcentaje de fases aprobadas sin ajustes regulatorios.<br>c- Grado de cumplimiento en accesibilidad de diseño según normativas costarricenses.<br>d- Índice de cumplimiento de sostenibilidad en materiales y prácticas de construcción. |

| | | |
|---|---|---|
| zonificación. Facilita la conformidad legal y técnica en todas las etapas, minimizando riesgos de incumplimiento y optimizando la aprobación de permisos y certificaciones necesarios. | c- Accesibilidad y Sostenibilidad: Adherencia a las normativas de accesibilidad y prácticas de construcción sostenible exigidas en Costa Rica. | |
| **Definición instrumental** | | |
| El diseño instrumental del plan de ejecución BIM se complementa con una revisión bibliográfica y entrevistas a expertos que aportan perspectivas teóricas y prácticas esenciales. La revisión bibliográfica permite fundamentar cada dimensión del BEP en estudios sobre la efectividad de BIM y la integración normativa en contextos de sostenibilidad, mientras que las entrevistas a expertos ofrecen insights específicos sobre la implementación de protocolos y herramientas de monitoreo en tiempo real, así como sobre las normativas y desafíos en proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible en Costa Rica. Esta combinación de fuentes garantiza que el diseño instrumental no solo sea técnicamente sólido, sino también contextual y alineado con las mejores prácticas de la industria. | | |

*Fuente: Elaboración propia (2024).*

## 1.4 Alcances

1. Identificación de Técnicas Eficaces: Determinar las técnicas de gestión de proyectos más efectivas en la construcción de viviendas bajo el Modelo VUIS en Costa Rica, considerando factores como la optimización de recursos, la reducción de costos y la mejora de la eficiencia operativa.
2. Evaluación de Impacto en la Eficiencia: Cuantificar el impacto de las técnicas de gestión de proyectos en la mejora de la eficiencia de la construcción de viviendas bajo el Modelo VUIS en Costa Rica, mediante la comparación de indicadores clave de desempeño antes y después de la implementación de dichas técnicas.
3. Desarrollar una hoja de ruta para la planificación de proyectos VUIS basada en los principios del PMBOK y sistemas Lean como Last Planer para la planificación y seguimiento de proyectos VUIS, con el fin de mejorar la eficiencia y la coordinación entre los interesados.
4. Adaptación de un protocolo BIM: adoptar un protocolo BIM compatible con proyectos VUIS, asegurando su alineación con las normativas vigentes en Costa Rica y optimizando la coordinación de la información en todas las fases del proyecto.

## 1.5 Formulación de la hipótesis de la investigación

La integración de PMBOK, Lean Construction y BIM en la planificación, gestión y ejecución de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible permitirá reducir costos, optimizar plazos de entrega y mejorar la calidad de las construcciones, garantizando su viabilidad técnica y económica. Consolidando el modelo VUIS como una estrategia de desarrollo urbano necesaria para contrarrestar el déficit habitacional en Costa Rica.

# CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Este estudio se embarca en la exploración de la planificación y gestión de proyectos de construcción, centrándose específicamente en el desarrollo de viviendas urbanas inclusivas y sostenibles. Se apoya en la implementación sinérgica de tres metodologías fundamentales en el campo de la gestión de proyectos: el Project Management Body of Knowledge (PMBOK), Lean Construction y BIM (Building Information Modeling). Estas metodologías han sido seleccionadas por su potencial combinado para mejorar significativamente la eficiencia, calidad y sostenibilidad en la construcción de proyectos habitacionales.

El marco teórico del estudio se estructura alrededor de los principios y prácticas que estas metodologías promueven. Por un lado, el PMBOK ofrece un conjunto estandarizado de directrices para la gestión de proyectos, enfatizando la importancia de la planificación, ejecución y monitoreo para cumplir con los objetivos dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad. Lean Construction, por su parte, se centra en la creación de valor y la eliminación de desperdicios, promoviendo una cultura de mejora continua y eficiencia a lo largo de todo el proceso de construcción. Finalmente, BIM introduce un enfoque revolucionario para el diseño y gestión de la construcción a través de modelos digitales tridimensionales, facilitando la colaboración entre los diferentes stakeholders del proyecto y mejorando la toma de decisiones basada en datos previamente calculados, proporcionado la información necesaria para una correcta gestión oportuna precisa y ordenada de los recursos de tiempo, personal y materia necesaria para cumplir con los objeticos planteados al principio de la concepción del proyecto.

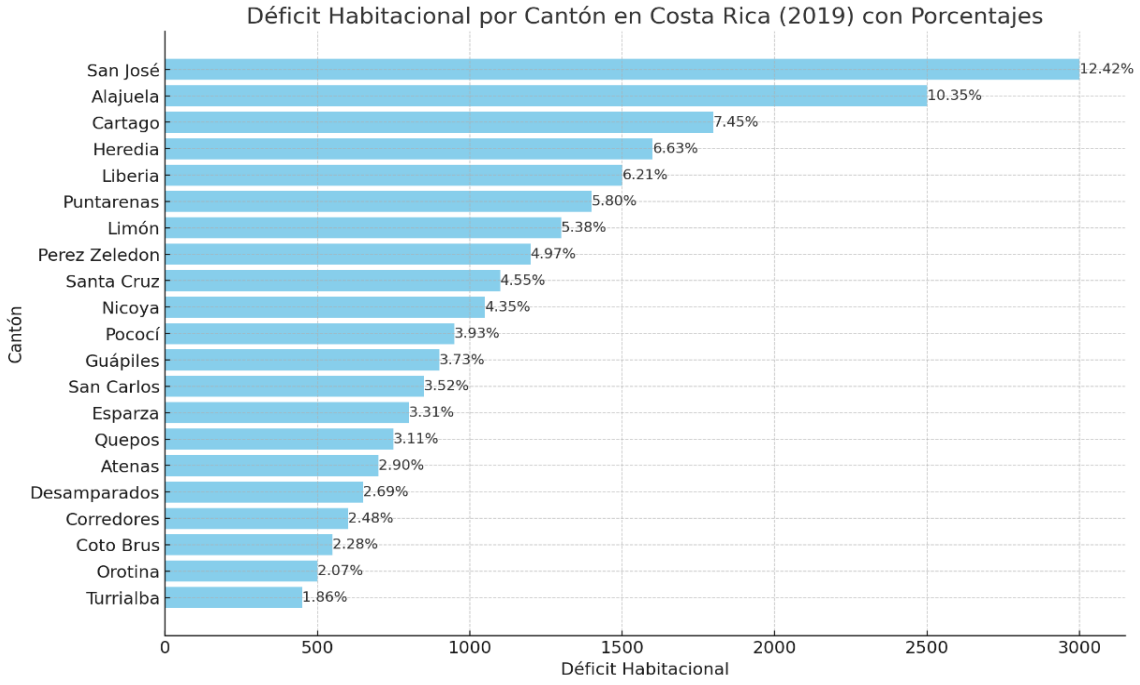
La integración de PMBOK, Lean y BIM representa una convergencia estratégica hacia la optimización de los procesos de construcción, con el fin último de desarrollar proyectos habitacionales que no solo sean económicamente viables y de alta calidad, sino que también

cumplan con los criterios de inclusividad y sostenibilidad ambiental. Este marco teórico busca proporcionar una base sólida para la investigación, analizando cómo la combinación de estas metodologías puede enfrentar los retos actuales del sector de la construcción y contribuir a la creación de viviendas urbanas que respondan a las necesidades de la sociedad moderna.

## 2.1 Estado del conocimiento

Para 2019, Costa Rica enfrentaba un déficit habitacional total de 186,800 viviendas. De estas, 22,636 corresponden a un déficit cuantitativo, que se define como la diferencia entre el número de hogares y la cantidad de viviendas disponibles. La Región Central es la más afectada, con un déficit cuantitativo de 17,696 viviendas, superando significativamente a la región Huetar Caribe, que tiene un déficit de 1,435 viviendas (ENAHO, INEC).

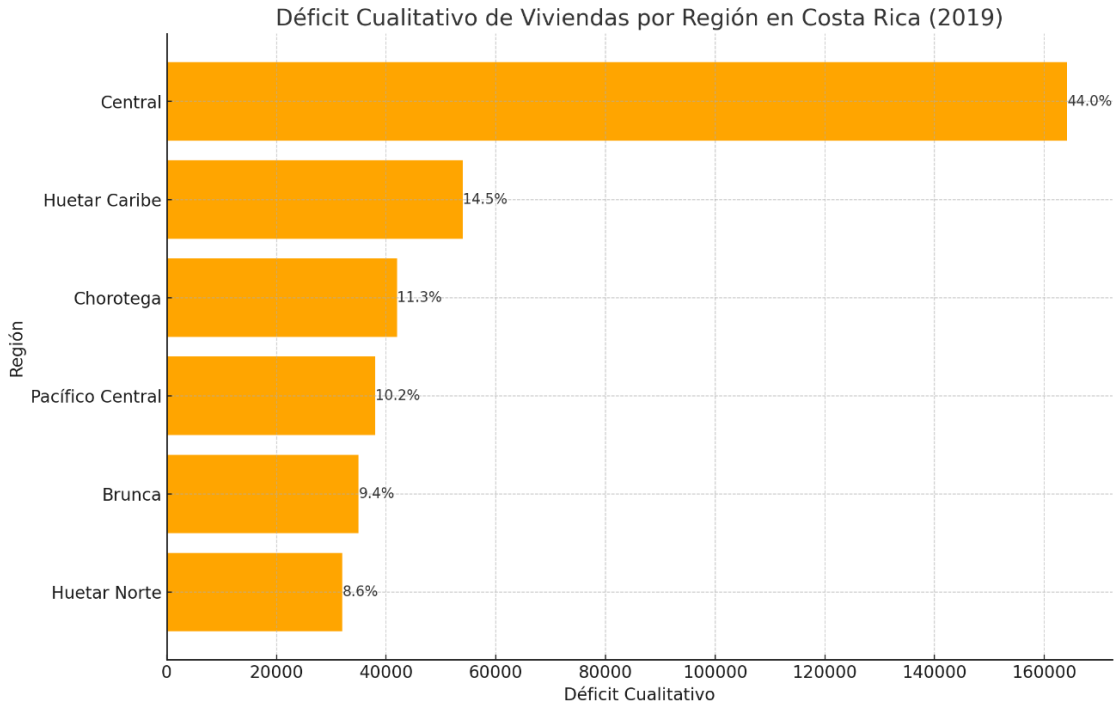
**Figura 1: Déficit habitacional cuantitativo por Cantón en Costa Rica**




*Fuente: ENAHO, INEC (2019).*

En cuanto al déficit cualitativo, que considera el estado físico de las viviendas y el nivel de hacinamiento, la Región Central representa el 44% del total nacional, equivalente a 164,164 viviendas (ENAHO, INEC).

**Figura 2: Déficit habitacional cualitativo por región en Costa Rica**




*Fuente: ENAHO, INEC, (2019).*

Las propuestas tradicionales para atender el déficit habitacional han resultado insuficientes pues existe una inadecuada planificación urbana y su alcance se ha limitado en satisfacer las necesidades de una parte de la poblaciones del país, lo que llama a cambiar de paradigma innovando soluciones que respondan a las necesidades de vivienda y asentamientos humanos, particularmente aquellas de mayor vulnerabilidad, tales como mujeres, personas con discapacidad, personas adultas mayores, personas damnificadas por emergencias; así como aquellas para las cuales actualmente hay escasa oferta de vivienda, como la población de clase media y las personas jóvenes o adultas solas. Durante los últimos cinco años, el déficit habitacional total se ha

mantenido cercano a las 180,000 viviendas anuales (ENAHO, INEC). Los programas destinados a reducir este déficit han evitado su aumento, pero no han logrado disminuirlo. Por esta razón, el enfoque de desarrollo de vivienda se orienta a abordar tanto el déficit cuantitativo como el cualitativo, mediante la construcción de nuevas viviendas en terrenos disponibles y la recuperación de infraestructura existente, siempre que sea estructuralmente viable.

En Costa Rica, este enfoque se ha promovido a través de diversas políticas públicas y programas liderados por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), y otras entidades relevantes.

El concepto de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) es una iniciativa que busca solucionar déficit cuantitativo como el cualitativo, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, en particular con el ODS 11, que busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El Modelo responde a los compromisos de transformación en pro del desarrollo urbano sostenible acordados en la Nueva Agenda Urbana, los cuales se resumen a continuación:

- Mejoramiento la calidad de vida urbana
- Aprovechamiento eficiente del suelo urbano
- Renovación urbana, mediante la regeneración y re-desarrollo a través de la vivienda.
- Fortalecimiento de la ciudad en estructuras sociales y económicas urbanas, mediante el repoblamiento
- Habilitación de usos de suelo mixtos y vivienda productiva en una misma infraestructura
- Generación de equidad espacial mediante la mixtura social
- Adaptación a los cambios de las familias a través de la vivienda progresiva
- Mejoramiento del acceso al transporte público, empleo, espacio público

• Reactivación económica, urbana y seguridad

• Aumento en la participación de profesionales independientes, micro, pequeñas y medianas empresas en el mercado de desarrollo de vivienda

• Creación de nuevos espacios comerciales, en áreas urbanas para el fomento de economías familiares

• Creación de empleos directos e indirectos asociados a la industria de la construcción.

### 2.1.1. Modelo de Viviendas Urbanas Inclusivas Y Sostenibles

El modelo propuesto de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible se enfoca en el desarrollo de proyectos habitacionales y de uso mixto a pequeña escala con impacto reducido, dirigidos a transformar el tejido urbano de manera estratégica para beneficio de la comunidad. Este enfoque promueve la integración social a través de proyectos ubicados en zonas urbanizadas subutilizadas o abandonadas, aprovechando infraestructuras existentes como redes de agua, saneamiento, electricidad, espacios verdes, servicios de salud, educativos, transporte y oportunidades laborales.

Mediante la realización de diversos proyectos, el modelo busca revitalizar económica y socialmente las áreas urbanas, fomentando la inclusión y reduciendo la segregación residencial. Diseñado para ser adaptable a diferentes escalas de implementación, permite la participación de empresas de variados tamaños en la creación de viviendas accesibles para segmentos diversos de la población, especialmente aquellos en situación de vulnerabilidad. Asimismo, persigue consolidar entornos urbanos seguros, resilientes y sostenibles, considerando la vivienda no solo como un derecho básico sino también como un catalizador del desarrollo económico y social.

Elaborado a través de un proceso colaborativo que inició en 2018, este modelo ha contado con la participación de entidades clave como el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos,

el Banco Hipotecario de la Vivienda, el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, además de actores del sector privado.

Frente a las limitaciones de las estrategias habitacionales convencionales para abordar el déficit de vivienda, este modelo propone una innovación en la solución de problemas habitacionales, orientada a satisfacer las necesidades de grupos históricamente marginados, incluyendo mujeres, personas con discapacidad, ancianos, afectados por emergencias y segmentos con poca oferta como la clase media y jóvenes o adultos solteros.

#### *2.1.1.1 Criterios de idoneidad para la implementación de VUIS*

Los criterios que determinan la idoneidad de las ubicaciones espaciales se dividen en dos escalas territoriales: dentro del Gran Área Metropolitana (GAM) y el resto del país. Estas zonas son aptas para la implementación de este tipo de proyecto:

1. Dentro del GAM

- Localización dentro del anillo de contención urbana definido por PLANGAM 2013.
- Pertenencia a la red sanitaria del AyA.
- Ubicación dentro de un radio de 900 metros de las estaciones de EINGV-INCOFER 2018 y conexión con las líneas de transporte público intersectoriales y troncales.
- Plan Regulador que permite construcciones habitacionales de alta densidad (2, 3, 4 o más pisos) en zonas mixtas Comercial-Residencial.
- Inclusión en un distrito prioritario de la Estrategia Puente a la Comunidad y cumplimiento de los parámetros anteriores.

2. Resto del país

- Ciudades cabeceras de cantón con red sanitaria de AyA.

- Plan Regulador que permite construcciones habitacionales de alta densidad en zonas mixtas Comercial-Residencial, o sin Plan Regulador propuesto o en trámite.
- Localización en cantones prioritarios de la Estrategia de Atención de Emergencia y Gestión de Riesgo en Vivienda y Asentamientos Humanos del MIVAH-CNE.
- Inclusión en un distrito prioritario de la Estrategia Puente a la Comunidad.

#### *2.1.1.2. Zonas Potenciales*

Estas son áreas que, aunque carecen de red sanitaria de alcantarillado, cumplen con otros requisitos regulatorios, de servicios y de priorización para este tipo de proyectos.

1. Dentro del GAM

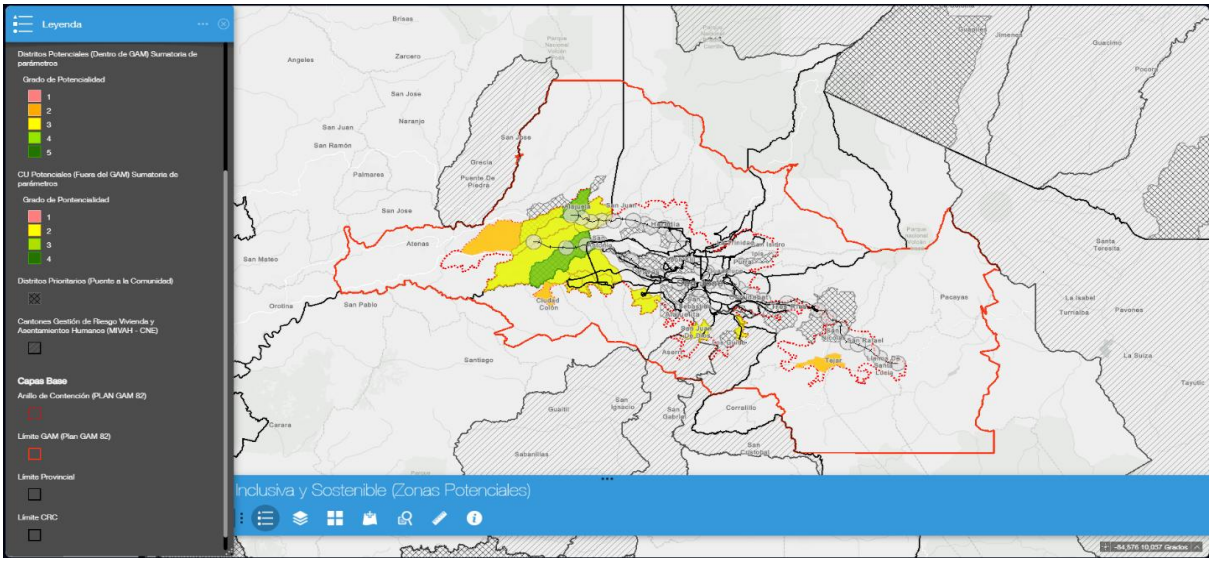
- Áreas que cumplen con todos los parámetros regulatorios y de priorización, pero que están fuera del área de influencia de alguna estación de tren y de la red sanitaria de alcantarillado.

2. Fuera del GAM

Ciudades intermedias de primer nivel, cabeceras de cantón mayores o menores, ciudades pequeñas o centralidades urbanas cabeceras de distrito, según la jerarquía de la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030. Deben estar dentro de los rangos 1, 2 y 3 de infraestructura de servicios públicos esenciales según AAHH-2020-MIVAH, con plan regulador permisivo o sin plan regulador propuesto por el INVU.

En el siguiente cuadro, se especifican las áreas idóneas para este tipo de proyectos y los parámetros que cumplen para ello, dentro y fuera del GAM.

**Figura 3: Áreas para proyectos**




*Fuente: Ministerio de Vivienda y Asentamiento Humano (2021).*

El significado de los colores en la columna de idoneidad para las zonas prioritarias y potenciales son los siguientes:

1. Zona Prioritaria:

Naranja = idoneidad menor a 3

Amarillo= idoneidad mayor a 3 menor a 4

Verde Claro= idoneidad mayor a 4 menor a 5.

Verde Oscuro= idoneidad mayor a 5.

2. Zona Potencial:

Rojo = idoneidad menor a 3.

Naranja = idoneidad mayor a 3 menor a 4.

Amarillo= idoneidad mayor a 4 menor a 5.

Verde Claro= idoneidad mayor a 5 menor a 6.

## Figura 4: Zonas idóneas

| DENTRO DE GAM | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zonas Idoneas | | | | | | | | | |
| Provincia | Canton | Distrito | Anillo de Contencion | Zona PR de 2 a 4 P | Red Sanitaria AYA | 900m.Estacion TEGAM | Lineas de Buses (IT) | Distrito prioritario | Idoneidad |
| San José | Alajuelita | Concepcion | SI | No Tiene PR | SI | NO | NO | NO | 2.5 |
| San José | Alajuelita | Alajuelita | SI | No Tiene | SI | NO | SI | NO | 3.5 |
| San José | Curridabat | Curridabat | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Curridabat | Granadilla | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Desamparados | Gravilias | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Desamparados | San Rafael Abajo | SI | SI | SI | NO | NO | NO | 3 |
| San José | Desamparados | San Antonio | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Desamparados | Desamparados | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Desamparados | Damas | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Desamparados | Los Guido | SI | SI | SI | NO | NO | SI | 4 |
| San José | Desamparados | San Miguel | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Goicoechea | San Francisco | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Goicoechea | Calle Blancos | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Goicoechea | Purral | SI | SI | SI | NO | NO | SI | 4 |
| San José | Goicoechea | Ipis | SI | SI | SI | NO | NO | NO | 3 |
| San José | Goicoechea | Mata de Platano | SI | SI | SI | NO | NO | NO | 3 |
| San José | Goicoechea | Guadalupe | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Montes de Oca | San Pedro | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Montes de Oca | San Rafael | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Montes de Oca | Mercedes | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Montes de Oca | Sabanilla | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Moravia | La Trinidad | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Moravia | San Vicente | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | San José | San Francisco de Dos Rios | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | San José | Catedral | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | San José | San Sebastian | SI | SI | SI | NO | SI | SI | 5 |
| San José | San José | Zapote | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | San José | Hatillo | SI | SI | SI | NO | SI | SI | 5 |
| San José | San José | Hospital | SI | SI | SI | SI | SI | SI | 5 |
| San José | San José | El Carmen | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 4 |
| San José | San José | Mata Redonda | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 4 |
| San José | San José | Merced | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | San José | Pavas | SI | SI | SI | SI | SI | SI | 6 |
| San José | San José | Uruca | SI | SI | SI | SI | SI | SI | 6 |
| San José | Tibas | San Juan | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Tibas | Cinco Esquinas | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Tibas | Anselmo Llorente | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 5 |
| San José | Tibas | Leon XIII | SI | SI | SI | NO | SI | SI | 6 |
| San José | Tibas | Colima | SI | SI | SI | SI | SI | NO | 4 |
| San José | Vasquez de Coronado | San Isidro | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |
| San José | Vasquez de Coronado | Patalillo | SI | SI | SI | NO | SI | NO | 4 |

| FUERA DE GAM | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zonas Idoneas | | | | | | | | | |
| Provincia | Canton | Distrito | Centralidad Urbana | Zona PR de 2 a 4 P | Red Sanitaria AYA | Servicios Básicos | Canton CNE-MIVAH | Distrito prioritario | Idoneidad |
| Alajuela | Palmares | Palmares | Palmares | No tiene PR | SI | SI | NO | NO | 2.5 |
| Guanacaste | Cañas | Cañas | Cañas | SI | SI | SI | SI | SI | 5 |
| Guanacaste | Liberia | Liberia | Liberia | SI | SI | SI | NO | SI | 4 |
| Guanacaste | Nicoya | Nicoya | Nicoya | SI | SI | SI | NO | SI | 4 |
| Limon | Guapiles | Guapiles | Guapiles | SI | SI | SI | SI | SI | 5 |
| Limon | Limon | Limon | Limon | SI | SI | SI | NO | SI | 4 |
| Puntarenas | Corredores | Corredor | Ciudad Neilly | Sin PR para CU | SI | SI | NO | NO | 2.5 |
| Puntarenas | Golfito | Golfito | Golfito | Sin PR para CU | SI | SI | NO | SI | 3.5 |
| Puntarenas | Garabito | Jaco | Jaco | Sin PR para CU | SI | SI | NO | SI | 3.5 |
| Puntarenas | Osa | Palmar | Palmar Norte | Sin PR para CU | SI | SI | SI | NO | 3.5 |

*Fuente: Elaboración interna DVAH-MIVAH (2020).*

### 2.1.1.3 Necesidades y demanda del mercado

La demanda de soluciones habitacionales para la población de ingresos medios y bajos en áreas urbanas de la Gran Área Metropolitana (GAM) y en ciudades intermedias ha enfrentado numerosos obstáculos. Estos desafíos han provocado que muchos proyectos habitacionales financiados por el Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV) se ubiquen en las periferias de las zonas urbanas o en áreas rurales, donde la accesibilidad a servicios, empleo, educación y movilidad es limitada o inexistente. Además, la oferta de viviendas privadas para este segmento de la población también ha tendido a localizarse en las periferias urbanas. Este reto de ofrecer viviendas en áreas accesibles y bien equipadas destaca la necesidad de replantear las características de ubicación, diseño y concepto de los proyectos habitacionales para que representen una solución adecuada a las necesidades de las poblaciones de mayor vulnerabilidad, y de aquellas que enfrentan una baja oferta de vivienda disponible para su perfil poblacional, al dirigirse a alguno de los siguientes perfiles de población objetivo:

**Tabla 4: Perfiles de población objetivo**

| **Perfil de habitantes** | | **Programa arquitectónico** | **m2 mínimo** |
|---|---|---|---|
| Persona sola | Persona sola joven o adulta | 1 habitación<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 36 m2 |
| | Persona sola adulta mayor | 2 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 42m2 |
| | Persona sola con discapacidad | 2 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 42m2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Familia | Pareja sin hijos | 2 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 42m2 |
| | Familia biparental o monoparental con 1-2 hijos | | |
| Familia ampliada | Pareja sin hijos o familia biparental o monoparental con 1-2 hijos, con miembro con discapacidad | 3 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 50m2 |
| | Familia biparental o monoparental con 3 o más hijos | 3 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 50m2 |
| | Familia biparental o monoparental con 3 o más hijos, con miembro con discapacidad o persona adulta mayor | 3 habitaciones<br>1 baño Cocina Sala Comedor | 55m2 |

*Fuente: Elaboración interna CFIA 2020*

#### *2.1.1.4 Condiciones de la VUIS.*

Para promover el progreso hacia el cumplimiento del derecho a una vivienda adecuada y accesible para diversos segmentos de la sociedad, especialmente para los más vulnerables, se sugiere el desarrollo de una tipología de vivienda diseñada específicamente para satisfacer las distintas necesidades identificadas, tal como se detalla a continuación:

##### *2.1.1.4.1. Localización.*

Este modelo de vivienda está diseñado para implementarse a nivel nacional en zonas urbanas, eligiendo terrenos que cumplan con criterios específicos esenciales para el desarrollo sostenible y la inclusión social. Los sitios seleccionados deberán caracterizarse por:

- Tener acceso a servicios básicos e infraestructura urbana esenciales.

- Estar clasificados para uso de suelo que admita desarrollos residenciales de alta densidad o de carácter mixto (combinando vivienda y comercio).

- Permitir construcciones de 2 a 4 pisos de altura.

Se priorizarán distritos y áreas centrales urbanas que, incluso en ausencia de un plan regulador específico, dispongan de los servicios básicos necesarios, asegurando que el modelo de vivienda contribuya al fortalecimiento de comunidades integradas y accesibles.*2.1.1.5.2. Disponibilidad de servicios e infraestructuras.* Las viviendas situadas en centros urbanos estratégicos ofrecen acceso directo a una amplia gama de servicios y comodidades esenciales, lo que garantiza una calidad de vida óptima y promueve una integración comunitaria efectiva. Entre estas facilidades se incluyen:

- Suministro de agua potable, asegurando la disponibilidad de este recurso vital para todos los residentes.

- Conexión a la red de alcantarillado sanitario, fundamental para el mantenimiento de la salud pública y la higiene.

- Acceso a redes de electricidad y telecomunicaciones, que son cruciales para la vida moderna y la conectividad.

- Ubicación frente a una calle pública, facilitando el acceso sin restricciones para uso residencial y evitando el aislamiento.

- Proximidad a áreas verdes o espacios recreativos, ofreciendo lugares para el esparcimiento y la actividad física.

- Cercanía a centros educativos de nivel primario y secundario, permitiendo a los niños y jóvenes acceder fácilmente a la educación.

- Disponibilidad de un centro de salud cercano, crucial para el cuidado preventivo y el

tratamiento médico.

- Acceso a transporte público, esencial para la movilidad urbana sostenible y el acceso a oportunidades de empleo y servicios.

Esta aproximación al diseño y ubicación de viviendas dentro de centros urbanos clave no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también contribuye a la creación de comunidades más cohesionadas, seguras y sostenibles.

#### *2.1.1.4.2. Accesibilidad*

El modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) está diseñado para satisfacer las necesidades de vivienda de grupos poblacionales particularmente vulnerables o de aquellos que, sin ser vulnerables, enfrentan una oferta limitada de vivienda que se ajuste a sus necesidades específicas. Dentro de este enfoque, se identifican varios perfiles de población objetivo, incluyendo:

1. Individuos Solos: Este grupo abarca a jóvenes adultos solos, adultos mayores solos, y personas solas con discapacidad. Aunque estas poblaciones son una prioridad para el modelo VUIS, es relevante mencionar que su financiamiento a través del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV) puede presentar limitaciones debido a las normativas vigentes.

2. Familias: Dentro de este perfil se consideran parejas sin hijos, familias biparentales o monoparentales con uno o dos hijos, adaptándose a las variadas configuraciones familiares contemporáneas.

3. Familias Ampliadas: Este perfil incluye familias biparentales o monoparentales con tres o más hijos, ya sea con un miembro con discapacidad o una persona adulta mayor, reconociendo la necesidad de apoyo y espacio adicional en situaciones de cuidado extendido.

Para acceder a financiamiento bajo el artículo 59 de la Ley N° 7052, con recursos del SFNV, los solicitantes deben cumplir con uno o más de los siguientes criterios:

a. Ajustarse a los criterios de priorización para poblaciones prioritarias en proyectos de vivienda definidos en la Directriz 54.

b. Formar parte de la población objetivo de estrategias gubernamentales enfocadas en reducir la desigualdad o la pobreza, como la estrategia Puente al Desarrollo.

c. Necesitar vivienda para un proyecto de interés nacional, oficialmente reconocido por decreto ejecutivo.

d. Estar registrados en el Sistema de Identificación de Población Objetivo (SIPO) del Instituto Mixto de Ayuda Social o en el Sistema Nacional de Información y Registro Único de Beneficiarios (SINIRUBE).

Este modelo busca promover un enfoque inclusivo y sostenible en el desarrollo habitacional, asegurando que las soluciones de vivienda estén alineadas con las necesidades de las poblaciones más vulnerables o desatendidas, contribuyendo así a la construcción de comunidades más integradas y resilientes.

***2.1.1.4.3. Habitabilidad.***

La vivienda proporciona un entorno seguro y amplio para sus ocupantes, ofreciendo protección contra diversas amenazas y permitiendo adaptaciones para satisfacer las cambiantes necesidades de sus habitantes a lo largo del tiempo. Como parte de un enfoque eficiente en el uso del suelo y el espacio urbano, la vivienda se integra dentro de estructuras de vivienda multifamiliar de varios niveles, que pueden adoptar diversas formas:

- Dúplex: edificaciones de 2 niveles.
- Tríplex: estructuras de 3 niveles.
- Cuádruplex: construcciones de 4 niveles.
- Múltiplex: edificios de 5 o más niveles.

Esta tipología de vivienda multifamiliar se caracteriza por:

- Comprender entre 2 a 16 unidades habitacionales dentro de una misma edificación.
- Estar situadas en terrenos clasificados para uso de suelo habitacional o mixto (combinación de vivienda y comercio).
- Incluir áreas comunes, tal como lo establece el Reglamento a la Ley Reguladora de la Propiedad en Condominio.
- Proveer espacios de estacionamiento de acuerdo con el mismo reglamento.
- La densidad permitida, o número máximo de unidades habitacionales, se define según lo estipulado en el Plan Regulador vigente o, en su defecto, en el Reglamento Nacional de Fraccionamiento y Urbanizaciones.
- La cobertura máxima del terreno se ajusta a los requisitos del Plan Regulador o del Reglamento Nacional de Fraccionamiento y Urbanizaciones, siendo del 75% o hasta del 80% en caso de predios esquineros.

Estas directrices buscan promover el desarrollo de viviendas multifamiliares que no solo sean funcionales y seguras para sus residentes, sino que también contribuyan a la utilización eficiente del espacio urbano, fomentando la sostenibilidad y la integración comunitaria dentro del tejido urbano existente.

#### *2.1.1.4.4. Asequibilidad.*

El precio de la vivienda está diseñado para que no comprometa la capacidad de sus habitantes de disfrutar de otros derechos humanos fundamentales. El costo total de la vivienda, incluyendo el valor del terreno, se ajusta al límite establecido para las viviendas de interés social, conforme lo dictaminan los artículos 150 de la Ley N° 7052 y el artículo 123 del Reglamento de Operaciones del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV). Esta condición facilita la posibilidad de que la vivienda sea financiada, ya sea en su totalidad o de manera parcial, mediante el SFNV, contando el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) con una variedad de

programas adaptados al perfil de cada proyecto, los cuales pueden ser gestionados a través de las Entidades Autorizadas correspondientes. Además, existe la opción de financiamiento parcial o total a través del Sistema Financiero Nacional, mediante programas disponibles por parte de las Entidades Financieras.

Cualquier vivienda que se encuentre por debajo del máximo costo permitido y que sea financiada con fondos del SFNV, tiene la posibilidad de recibir una Declaratoria de Interés Social. Esto les otorga acceso a las exenciones tributarias previstas en la Ley N° 7052, promoviendo así una mayor accesibilidad a la vivienda sin que esto signifique una carga excesiva para los ocupantes y asegurando su derecho a una vivienda adecuada.

***2.1.1.4.5. Seguridad en la tenencia.***

La vivienda proporciona a sus habitantes una sólida protección legal frente a desalojos forzosos, hostigamientos y otras amenazas potenciales. Al obtener el título de propiedad, las familias se aseguran un nivel de seguridad significativamente mayor en comparación con aquellos que habitan espacios de manera informal. Estos últimos están constantemente en riesgo de ser desalojados sin derecho a compensación alguna. A diferencia del arrendamiento, la propiedad de la vivienda ofrece una estabilidad de tenencia superior, aunque se reconoce que existe el riesgo de desahucio por incumplimiento de obligaciones crediticias, procedimiento que se lleva a cabo bajo las normativas legales pertinentes. Por tanto, la adquisición del título de propiedad de una vivienda emerge como el medio más efectivo para asegurar la permanencia y seguridad de tenencia para las familias, estableciendo un marco de protección duradero frente a inseguridades residenciales.

***2.1.1.4.6. Adecuación Cultural.***

La vivienda está diseñada para reflejar y honrar la diversidad cultural del entorno en el que se ubica, considerando la importancia de la expresión de la identidad cultural propia de cada comunidad. Esto significa que en su concepción y diseño se integran elementos arquitectónicos,

materiales y prácticas constructivas que son emblemáticos o significativos para la cultura local, asegurando que cada proyecto de vivienda no solo se adapte a las necesidades físicas de sus habitantes, sino que también resuene con sus valores, tradiciones y estética particular. Al hacerlo, se fomenta un sentido de pertenencia y conexión con el entorno, promoviendo el respeto por la diversidad cultural y contribuyendo a la conservación del patrimonio cultural de cada comunidad.

### 2.1.2 Gestión de Proyectos

Como una disciplina esencial en el ámbito empresarial y tecnológico, la gestión de proyectos tiene como objetivo dirigir y coordinar recursos humanos, técnicos y económicos con el fin de llevar a cabo proyectos específicos dentro de los límites de tiempo, presupuesto y calidad preestablecidos. Asegurando que los objetivos establecidos sean alcanzados de manera eficiente y efectiva, esta disciplina incluye la planificación, ejecución, monitoreo, control y cierre de todas las actividades relacionadas con un proyecto.

El reconocimiento de que cada proyecto es único y, como tal, requiere una estrategia detallada que tenga en cuenta sus características específicas es el núcleo de la gestión de proyectos. Esto incluye determinar las necesidades, definir claramente los objetivos, desarrollar un plan de trabajo detallado, asignar los recursos de manera adecuada y gestionar los riesgos. Además, la gestión de proyectos contemporánea reconoce la importancia de una comunicación efectiva entre todas las partes involucradas y la necesidad de adaptarse a los cambios y desafíos que pueden surgir a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La gestión de proyectos ha evolucionado para incorporar herramientas y metodologías sofisticadas debido al avance de la tecnología y al incremento de complejidad en los entornos empresariales y tecnológicos. Se incluyen enfoques tradicionales como el Waterfall y metodologías ágiles como Scrum, que ofrecen mayor capacidad de adaptación y flexibilidad. La

capacidad de los gestores de proyectos para coordinar tareas complejas y mejorar la colaboración entre equipos multidisciplinarios ha sido significativamente mejorada a través del uso de software especializado y la implementación de metodologías integradas como Lean Construction y Building Information Modeling (BIM).

La gestión eficaz de proyectos no sólo ayuda a que los proyectos se completen con éxito, sino que también ayuda a las organizaciones a seguir siendo sostenibles al permitirles alcanzar sus objetivos estratégicos, aprovechar al máximo sus recursos y aumentar su competitividad en el mercado. En este contexto, el manejo de proyectos se ve como una habilidad fundamental en diversos campos, como la ingeniería, la construcción, la tecnología de la información, el desarrollo de software y muchos otros que exigen una planificación y ejecución sistemática y detallada de proyectos

El desarrollo de productos innovadores, la implementación de sistemas de tecnología de la información, la construcción de infraestructura o la realización de cambios organizacionales son algunas de las tareas que desempeñan la gestión de proyectos. Como resultado, se ha convertido en una disciplina esencial en el mundo moderno, que requiere habilidades especializadas, conocimientos técnicos y una capacidad excepcional para tomar decisiones y resolver problemas.

#### *2.1.2.1 Importancia de la gestión de proyectos***.**

Numerosos autores en el campo de la administración y dirección de empresas han reconocido y articulado la importancia de la gestión de proyectos. De acuerdo con Kerzner (2013), la gestión de proyectos se define como la aplicación de herramientas, técnicas, habilidades y conocimientos a las actividades del proyecto con el objeto de cumplir con los requisitos del mismo. Esta definición enfatiza que la naturaleza multidisciplinaria de la gestión de proyectos requiere una combinación cuidadosa de estos componentes para que el proyecto tenga éxito.

Sin embargo, en su publicación "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" Guía PMBOK 2017, el Project Management Institute (PMI) hace mención de que la gestión de proyectos es esencial para alcanzar objetivos específicos y cumplir con criterios. predefinidos de éxito dentro de los límites de tiempo y presupuesto. En la optimización de recursos y en la reducción de costos y tiempos, además de enfocar objetivos específicos, se destaca la relevancia de la gestión de proyectos.

Turner (2009) sostiene que la gestión de proyectos permite a las organizaciones responder eficazmente a los rápidos cambios en su entorno mediante la implementación de nuevas iniciativas y soluciones de manera eficiente. Esto sugiere que la gestión de proyectos es esencial para la flexibilidad y competitividad de una organización en el mercado global, incluso más allá de los proyectos mismos.

Además, Shenhar y Dvir (2007) destacan que la gestión de proyectos implica no sólo crear valor e innovación, sino también garantizar que los bienes y servicios se entreguen dentro de las limitaciones presupuestarias y de cronograma. Aunque estos escritores afirman que los proyectos exitosos son aquellos que no solo cumplen con las normas técnicas, sino que también producen beneficios significativos para la organización y sus intereses.

Por lo tanto, la gestión de proyectos juega un papel crucial en la estrategia operativa y comercial de una organización. Como señalan Meredith y Mantel (2011), una ventaja competitiva crucial que puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de una organización es la capacidad de gestionar proyectos de forma eficaz. Además de garantizar la entrega exitosa del proyecto en términos de alcance, tiempo y dinero, la gestión eficiente de proyectos también promueve la innovación, aumenta la satisfacción del cliente y respalda el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo de la organización.

La gestión de proyectos es un campo de conocimiento crítico que proporciona un marco sólido para la planificación, ejecución y supervisión de actividades complejas de gestión de proyectos. Adoptando prácticas y metodologías validadas, las organizaciones pueden mejorar de manera significativa su competitividad en el mercado, su capacidad de innovación y su eficiencia operativa.

#### *2.1.2.2 Generalidades de un proyecto*.

Un proyecto puede ser definido como un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único, caracterizado por parámetros claros de inicio y finalización, y objetivos específicos que, una vez alcanzados, señalan su conclusión. Según el Project Management Institute (PMI) en su Guía del PMBOK (2017), esta definición subraya la naturaleza temporal de los proyectos, distinguiéndose de las operaciones continuas y resaltando su propósito de lograr objetivos concretos. La temporalidad implica que cada proyecto tiene un ciclo de vida definido, con una fase de inicio, planificación, ejecución, monitoreo, control y cierre. Kerzner (2013), en su obra Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, amplía esta definición al enfocarse en la gestión de proyectos como la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para satisfacer los requisitos del mismo. Kerzner destaca la importancia de una gestión eficaz para el éxito del proyecto, implicando una planificación detallada, una ejecución cuidadosa y una monitorización constante para asegurar que los objetivos del proyecto se cumplan dentro de los parámetros de costo, tiempo y calidad establecidos.

Turner (2009), en The Handbook of Project-Based Management, enfatiza que, además de ser temporales y únicos, los proyectos son progresivos, lo que significa que su desarrollo se realiza en pasos y se incrementa mediante la elaboración gradual. Esto destaca la naturaleza iterativa de

la gestión de proyectos, donde la planificación y la ejecución se ajustan conforme se dispone de mayor información y entendimiento del proyecto.

Meredith y Mantel (2011), en su trabajo titulado "Project Management: A Managerial Approach", destacan que todos los proyectos se desarrollan en un entorno que puede influir significativamente en sus objetivos y resultados. Este entorno abarca factores como la cultura organizacional, las políticas internas y externas, el marco regulatorio y las condiciones del mercado. Los autores subrayan la importancia de considerar estos factores en la planificación y ejecución del proyecto para asegurar su alineación con el entorno y maximizar las oportunidades de éxito.

En conjunto, estos autores proporcionan una visión holística de las generalidades de un proyecto, desde su definición y características hasta su gestión y el entorno en el que se desarrolla. La gestión de proyectos emerge así, como una disciplina clave que abarca la planificación estratégica, la coordinación de recursos, la gestión de riesgos y la toma de decisiones; todo orientado a la consecución de objetivos específicos que agregan valor a la organización y satisfacen las necesidades de los stakeholders (Partes interesadas).

### 2.1.3 Guía del PMBOK

En la segunda mitad del siglo XX comenzó un impulso para establecer la gestión de proyectos como una disciplina profesional. Este esfuerzo fue liderado por un grupo de expertos que compartieron sus conocimientos sobre los fundamentos de la gestión de proyectos. En este contexto, el Project Management Institute (PMI) tomó la iniciativa de desarrollar y difundir estas prácticas mediante la creación y publicación de la "Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos" (Guía del PMBOK), un documento que recopila las mejores prácticas. y describe técnicas y herramientas pertinentes para una amplia gama de proyectos.

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) ha evolucionado, reconociendo al mismo tiempo que los elementos fundamentales de la gestión de proyectos perduran. Su evolución no sólo ha implicado un aumento del número de páginas, sino que también ha involucrado cambios significativos y sustanciales en la naturaleza del contenido.

**Figura 5: Evaluación de los cambios clave en la guía del PMBOK**

**Evolución de los Cambios clave en la *Guía del PMBOK®***

| Edición de la *Guía del PMBOK®* | Cambios Evolutivos Clave |
|---|---|
| **1996** | • Distinguido como "una guía de los fundamentos", en lugar de los fundamentos para la dirección de proyectos.<br>• Reflejaba el subconjunto de los fundamentos para la dirección de proyectos que es "generalmente aceptado", es decir, aplicable a la mayoría de los proyectos la mayoría de las veces, con un consenso generalizado de que las prácticas tienen valor y utilidad.<br>• Definía la dirección de proyectos como "la aplicación de conocimientos, aptitudes, herramientas y técnicas a las actividades de los proyectos **a fin de satisfacer o superar las necesidades y expectativas de los interesados** en un proyecto" (sin negrilla en el original).<br>• Decisión específica de pasar a un estándar basado en procesos, impulsada por el deseo de mostrar las interacciones entre las Áreas de Conocimiento; crear una estructura robusta y flexible; y reconocer que la ISO y otras organizaciones de normalización estaban estableciendo normas basadas en procesos. |
| **Tercera (2004)** | • Primera edición que incorpora el logotipo de "Estándar ANSI" en la portada.<br>• Primera edición en designar formalmente El estándar para la Dirección de Proyectos de un Proyecto como separado y distinto del Marco de Referencia para la Dirección de Proyectos y de los Fundamentos.<br>• Incluía material "generalmente reconocido como buenas prácticas en la mayoría de los proyectos la mayor parte del tiempo".<br>• Definía la dirección de proyectos como "la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto **para cumplir con los requisitos del mismo"**. |
| **Sexta (2017)** | • Primera edición en la que se denota una separación clara entre el estándar ANSI y la guía.<br>• Incorpora por primera vez contenido "ágil" al texto, no sólo lo menciona en los ejemplos.<br>• Ampliación del texto introductorio del Área de Conocimiento, incluyendo conceptos clave, tendencias y prácticas emergentes, consideraciones de adaptación y consideraciones para entornos ágiles/adaptativos. |

*Fuente: Guía del PMBOK (2017)*

Assaff (2017) destaca que la Guía del PMBOK se destaca por ser una recopilación completa de conocimientos de profesionales especializados en gestión de proyectos, elaborando en detalle conceptos, herramientas y técnicas fundamentales para su implementación en varias tareas de proyectos. Reconozca que la Guía del PMBOK (2017) no es una metodología en su última parte, dado que envía un conjunto de técnicas y procedimientos específicos, mientras que la guía proporciona un marco de buenas prácticas que se recomiendan para los profesionales del campo.

La aplicación de la Guía del PMBOK favorece a las organizaciones la gestión efectiva de los proyectos, garantizando el cumplimiento de objetivos en términos de tiempo, coste y calidad,

esto que aumenta a su vez la productividad empresarial y la satisfacción del cliente. Investigaciones y experiencias prácticas demuestran que el PMBOK Guía es aplicable tanto en el sector público como en el privado, ofreciendo un marco formal y comprensible para las actividades realizadas durante todo el ciclo de vida de proyectos de diversos alcances, como construcción, tecnología y electromecánica, entre otros. La Guía del PMBOK, reconocida a nivel mundial, es un recurso esencial para la gestión de proyectos en diversas áreas (Assaff, 2007; Conexión ESAN, 2016; Retos en Supply Chain, 2017).

#### *2.1.3.1 El estándar para la dirección de proyectos*

El Estándar para la Dirección de Proyectos proporciona una base para comprender la dirección de proyectos y cómo permite lograr los resultados previstos. Este estándar se aplica independientemente del sector, ubicación, tamaño o enfoque de la entrega, por ejemplo, predictivo, híbrido o adaptativo. Describe el sistema dentro del cual operan los proyectos, incluida la gobernanza, las posibles funciones, el entorno del proyecto y las consideraciones para la relación entre la dirección de proyectos y la gestión del producto.

Uno de los cambios más significativos en la séptima edición del PMBOK, es la clara distinción y la relación establecida entre la Guía y el Estándar para la Dirección de Proyectos. Mientras que el estándar proporciona los principios rectores de la dirección de proyectos, la Guía del PMBOK ofrece una orientación práctica sobre cómo aplicar estos principios en diferentes contextos. Esta dualidad permite que la guía sea aplicable en una amplia variedad de proyectos, desde los más predecibles hasta los más adaptativos y ágiles.

##### *2.1.3.1.1 Sistema de entrega de Valor*

La Séptima Edición de la Guía PMBOK introduce un enfoque sistémico e integrado para la gestión de proyectos, programas y portafolios. Este enfoque refleja la evolución de la profesión hacia la creación de valor sostenible y estratégico para las organizaciones. A diferencia de

ediciones anteriores, que se centraban principalmente en procesos y entregables específicos, este capítulo pone énfasis en cómo los proyectos contribuyen a los resultados organizacionales, alineando sus objetivos con la estrategia corporativa y maximizando el valor entregado a los interesados.

#### *2.1.3.1.2 Creación de Valor*

El concepto de creación de valor es fundamental en la dirección de proyectos moderna. Según la Guía PMBOK, los proyectos existen dentro de un sistema más amplio, que puede ser una organización, agencia gubernamental o cualquier otro tipo de entidad. Las organizaciones crean valor para los interesados. Los ejemplos de las maneras en que los proyectos producen valor incluyen, entre otros:

- Creación de un nuevo producto, servicio o resultado que cumpla con las necesidades de los clientes o usuarios finales;
- Realizar contribuciones sociales o ambientales positivas;
- Mejorar la eficiencia, la productividad, la efectividad o la capacidad de respuesta;
- Habilitar los cambios necesarios para facilitar la transición organizacional a su estado futuro deseado; y
- Conservar los beneficios habilitados por programas, proyectos u operaciones comerciales anteriores.

#### *2.1.3.1.3 Componentes de la Entrega de Valor*

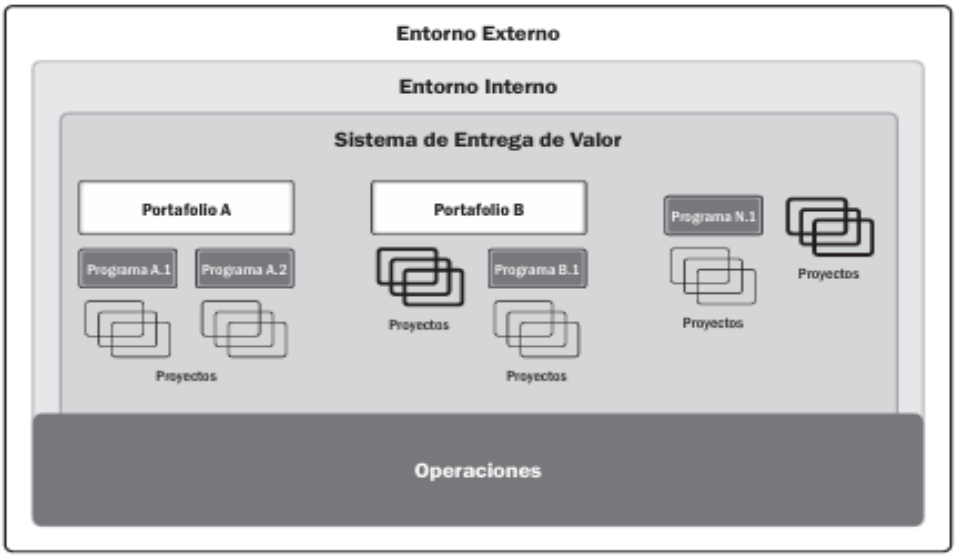
El sistema para la entrega de valor está compuesto por portafolios, programas, proyectos y operaciones. Cada uno de estos componentes tiene un papel específico en la creación de valor:

- **Portafolios**: Son colecciones de proyectos, programas y operaciones gestionadas de manera coordinada para cumplir con los objetivos estratégicos de la organización.

- **Programas**: Consisten en proyectos relacionados que se gestionan de forma conjunta para obtener beneficios que no se lograrían si se gestionaran de manera independiente.
- **Proyectos**: Son esfuerzos temporales para crear un producto, servicio o resultado único.
- **Operaciones**: Son actividades continuas que mantienen la organización funcionando eficientemente.
- **Entorno interno:** Está sujeto a políticas, sistemas, procedimientos, metodologías, marcos de referencia, estructuras de gobernanza, etc. Y se pueden controlar
- **Entorno externo**: Incluye la economía, el entorno competitivo, las restricciones legislativas, etc. Y no se pueden controlar

El Gráfico 2-2 del libro muestra cómo estos componentes interactúan dentro de un entorno organizacional para generar entregables que producen resultados. Estos resultados, a su vez, generan beneficios que finalmente crean valor. Esta interconexión subraya la importancia de un enfoque integrado para maximizar el valor a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

**Figura 6: Componentes de un entorno organizacional**



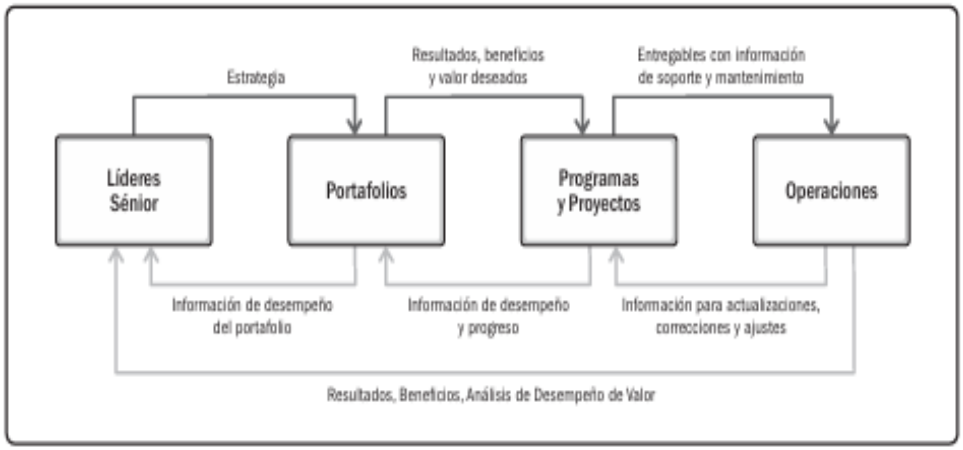

*Fuente: Guía del PMBOK (2017)*

### *2.1.3.1.4 Flujo de Información*

La información es la savia del sistema para la entrega de valor. Un flujo de información eficaz asegura que todos los componentes del sistema estén alineados con la estrategia organizacional. La Guía PMBOK destaca que este flujo debe ser bidireccional, la información debe fluir tanto de arriba hacia abajo (de la alta dirección hacia los proyectos) como de abajo hacia arriba (de los proyectos hacia la alta dirección).

El Gráfico 2-3 del libro ejemplifica este flujo de información. Las flechas negras representan la información que fluye desde los líderes sénior hacia los portafolios, programas y proyectos, mientras que las flechas grises indican la retroalimentación que fluye en la dirección opuesta. Este intercambio continuo de información permite que el sistema se ajuste y se alinee constantemente con los objetivos estratégicos.

**Figura 7: Flujo de información**




*Fuente: Guía del PMBOK (2017)*

### *2.1.3.1.5 Sistemas de Gobernanza Organizacional*

La gobernanza dentro del sistema para la entrega de valor juega un papel crucial en la dirección de proyectos. Un sistema de gobernanza bien diseñado proporciona un marco para la toma de decisiones, la gestión de riesgos y la resolución de incidentes, asegurando que todas las

actividades estén alineadas con los objetivos organizacionales.

La gobernanza abarca desde la supervisión y control de portafolios hasta la gestión de cambios en proyectos individuales. La estructura de gobernanza se integra estrechamente con el sistema de entrega de valor, proporcionando una estructura de soporte que facilita el flujo de trabajo y asegura que los proyectos estén en línea con la estrategia organizacional. En el contexto del sistema para la entrega de valor, la gobernanza no solo facilita la ejecución del proyecto, sino que también garantiza que los resultados generados aporten el valor previsto.

#### *2.1.3.1.6 Funciones Asociadas con Proyectos*

Las personas y sus roles dentro de un proyecto son esenciales para el éxito en la entrega de valor. La Guía PMBOK detalla varias funciones críticas que contribuyen al funcionamiento efectivo y eficiente del proyecto:

- **Supervisión y Coordinación**: Encabezar las actividades de planificación, monitoreo y control, asegurando que el proyecto avanza según lo planificado.
- **Presentación de Objetivos y Retroalimentación**: Involucrar a los clientes y usuarios finales para garantizar que los resultados del proyecto satisfacen sus necesidades y expectativas.
- **Facilitación y Apoyo**: Fomentar la participación activa y la colaboración dentro del equipo del proyecto, ayudando a resolver conflictos y tomar decisiones de manera consensuada.
- **Aplicación de Conocimientos Especializados**: Proporcionar la experiencia necesaria para realizar tareas específicas dentro del proyecto, garantizando la calidad y precisión.

Estas funciones no son exhaustivas, pero son representativas de las diversas actividades necesarias para asegurar que los proyectos no solo se completen dentro de los plazos y presupuestos establecidos, sino que también entreguen el valor esperado a la organización.

***2.1.3.1.7 Principios de la dirección de Proyectos***

La Séptima Edición de la Guía PMBOK introduce un enfoque basado en principios para la dirección de proyectos, un cambio significativo respecto a las ediciones anteriores que se centraban más en procesos específicos y áreas de conocimiento. Estos principios, que son doce en total, ofrecen una guía integral para los comportamientos y decisiones de los profesionales de la dirección de proyectos. En lugar de seguir un conjunto rígido de procedimientos, estos principios permiten flexibilidad y adaptación, lo que es crucial en un entorno empresarial global cada vez más complejo y cambiante.

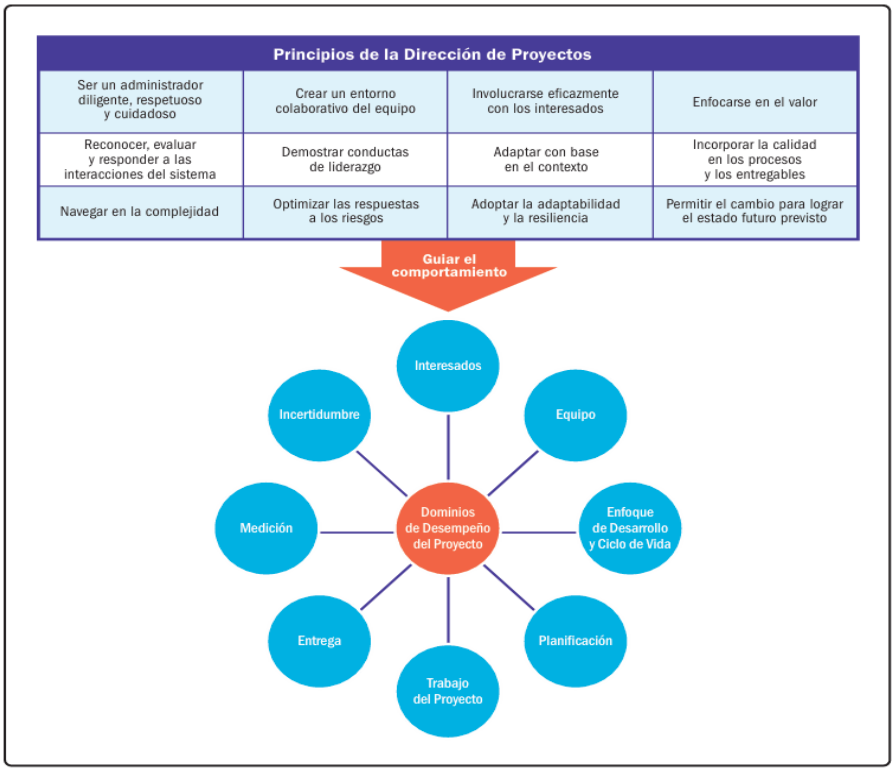
El primer principio destaca la importancia de ser un líder diligente, respetuoso y comprometido, mientras que el segundo enfatiza la colaboración eficaz con los equipos interesados y su involucramiento en la toma de decisiones. El tercer principio impulsa la creación de un entorno colaborativo, basado en la confianza, la transparencia y la comunicación abierta. Además, se debe enfocar el proyecto en la creación de valor para los interesados, buscando soluciones que generen beneficios tangibles (cuarto principio). El quinto principio resalta la necesidad de planificar y gestionar el trabajo de manera eficiente, mientras que el sexto promueve la adaptación y flexibilidad ante los cambios, reconociendo que los proyectos evolucionan. El séptimo principio subraya la importancia de aplicar calidad y gestión del riesgo para aumentar las probabilidades de éxito. El octavo principio enfatiza la optimización continua de los procesos y el aprendizaje constante a lo largo del proyecto. Además, el noveno principio resalta la responsabilidad de integrar la sostenibilidad en las prácticas de gestión. El décimo principio fomenta el uso de la experiencia y el conocimiento previo para mejorar los resultados futuros, mientras que el undécimo insiste en tomar decisiones informadas a partir de datos confiables y análisis sólidos. Finalmente, el duodécimo principio promueve la alineación del equipo con los objetivos estratégicos de la organización, asegurando que el proyecto contribuya al logro de las metas globales. Estos

principios trabajan en conjunto para guiar a los directores de proyectos hacia una gestión eficaz, adaptable y orientada a resultados.

### *2.1.3.1.8 Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK 7ª Edición.)*

La Guía del PMBOK Séptima Edición se organiza de manera que facilita su uso y aplicación en diversos contextos. La guía se estructura en torno a ocho dominios de desempeño del proyecto, en lugar de las tradicionales áreas de conocimiento que caracterizaban ediciones anteriores. Estos dominios representan las áreas clave de la dirección de proyectos que interactúan de manera dinámica para garantizar el éxito del proyecto. Este enfoque sistémico permite a los directores de proyectos y sus equipos adaptar las prácticas a las necesidades específicas del proyecto y de la organización.

**Figura 8: Principio de la dirección de proyectos y dominios de desempeño**




*Fuente: Guía del PMBOK (2017)*

La Séptima Edición de la Guía del PMBOK refleja varios cambios clave en la dirección de proyectos, derivados de las transformaciones en el entorno empresarial global. Entre estos cambios se encuentra el énfasis en la adaptación y flexibilidad, así como la inclusión de una sección dedicada a los modelos, métodos y artefactos que los equipos de proyectos pueden utilizar para mejorar su desempeño. Estos cambios están diseñados para permitir a los directores de proyectos y sus equipos navegar en un entorno empresarial cada vez más complejo y dinámico.

#### *2.1.3.1.9 Dominios de Desempeño del Proyecto*

##### 2.1.3.1.9.1 Dominio de Desempeño de los Interesados

El Dominio de Desempeño de los Interesados se centra en identificar, comprender y gestionar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto. Los interesados incluyen no solo al cliente o patrocinador del proyecto, sino también a los miembros del equipo, proveedores, y cualquier otra persona o entidad que pueda tener un interés en el resultado del proyecto.

Elementos Clave:

- Identificación de los Interesados: Este proceso implica identificar a todas las partes que tienen un interés en el proyecto y determinar sus expectativas y el impacto que pueden tener en el proyecto.
- Compromiso de los Interesados (Engagment): Se refiere a cómo involucrar a los interesados de manera efectiva a lo largo del ciclo de vida del proyecto, asegurando que sus necesidades y preocupaciones sean abordadas.
- Gestión de la Comunicación: La comunicación es fundamental para mantener a los interesados informados y alineados con los objetivos del proyecto.

- La gestión eficaz de los interesados es crucial para el éxito del proyecto, ya que un mal manejo de sus expectativas o una comunicación inadecuada puede llevar a malentendidos, conflictos y, en última instancia, al fracaso del proyecto.

**2.1.3.1.9.2 Dominio de Desempeño del Equipo**

El Dominio de Desempeño del Equipo se enfoca en la formación, desarrollo y gestión de equipos de alto rendimiento. Un equipo bien cohesionado y alineado con los objetivos del proyecto es esencial para la entrega exitosa del mismo.

Elementos Clave:

- Formación del Equipo: Incluye la selección de los miembros del equipo, asegurándose de que tienen las habilidades y conocimientos necesarios para contribuir al éxito del proyecto.
- Cultura del Equipo: La cultura del equipo abarca los valores compartidos, comportamientos y normas que guían las interacciones entre los miembros del equipo.
- Liderazgo y Motivación: El director del proyecto debe proporcionar un liderazgo efectivo, inspirando y motivando al equipo para alcanzar los objetivos del proyecto.
- Gestión de Conflictos: Los conflictos dentro del equipo son inevitables; sin embargo, manejarlos de manera constructiva es clave para mantener un entorno de trabajo positivo y productivo.
- La cohesión y la moral del equipo son vitales, ya que los equipos que funcionan bien juntos pueden superar desafíos y adaptarse a cambios más fácilmente.

**2.1.3.1.9.3 Dominio de Desempeño del Enfoque de Desarrollo y del Ciclo de Vida**

Este dominio abarca las decisiones relacionadas con cómo se estructura y ejecuta el proyecto, desde el enfoque de desarrollo hasta el ciclo de vida del proyecto. Incluye la selección de metodologías y la definición de las fases del proyecto.

Elementos Clave:

- Enfoques de Desarrollo: Los proyectos pueden utilizar enfoques predictivos (tradicionales), adaptativos (ágiles) o híbridos. La elección del enfoque depende de la naturaleza del proyecto y el entorno en el que se desarrolla.
- Ciclo de Vida del Proyecto: Se refiere a las fases por las que pasa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Esto puede incluir fases como la iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre.
- Iteraciones y Entregas: En proyectos con un enfoque adaptativo, es común trabajar en iteraciones cortas que permiten la entrega continua de valor.
- La correcta selección y adaptación del enfoque de desarrollo y ciclo de vida es crucial para asegurar que el proyecto sea manejado de manera efectiva, minimizando riesgos y maximizando el valor.

**2.1.3.1.9.4 Dominio de Desempeño de la Planificación**

La planificación es esencial para establecer la hoja de ruta del proyecto. Este dominio cubre la creación y mantenimiento de planes que guíen la ejecución del proyecto, asegurando que se alineen con los objetivos estratégicos de la organización.

Elementos Clave:

- Alcance del Proyecto: Definir claramente qué se incluye y qué no en el proyecto para evitar desviaciones y asegurar que los entregables cumplen con las expectativas.
- Cronograma: Desarrollar un cronograma detallado que incluya todas las actividades necesarias para completar el proyecto, con tiempos asignados para cada una.
- Presupuesto: Estimar los costos del proyecto y desarrollar un presupuesto que refleje los recursos necesarios.

- Riesgos: Identificar y planificar para los riesgos que podrían afectar el proyecto, desarrollando estrategias para mitigarlos.
- Una planificación efectiva permite al equipo del proyecto anticiparse a problemas potenciales y gestionar los recursos de manera eficiente.

**2.1.3.1.9.5 Dominio de Desempeño del Trabajo del Proyecto**

Este dominio se centra en la ejecución efectiva del trabajo del proyecto. Implica la coordinación de las actividades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto, la gestión de recursos, y la supervisión del progreso.

Elementos Clave:

- Gestión del Trabajo: Implica coordinar las tareas diarias, asegurando que se cumplan los objetivos del proyecto dentro del tiempo y presupuesto establecidos.
- Gestión de los Recursos: Incluye la gestión de recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Monitoreo y Control: Supervisar el progreso del proyecto en relación con el plan establecido y hacer ajustes según sea necesario.
- El éxito en este dominio depende de la capacidad del equipo para ejecutar de manera eficiente las tareas planificadas y adaptarse rápidamente a cualquier desviación del plan.

**2.1.3.1.9.6 Dominio de Desempeño de la Entrega**

La entrega es uno de los aspectos más cruciales de cualquier proyecto. Este dominio se centra en la entrega de valor a los interesados a través de los resultados del proyecto. Más allá de los entregables tangibles, el enfoque está en asegurar que estos entregables proporcionen el valor esperado.

Elementos Clave:

- Gestión de los Entregables: Asegurar que los productos, servicios o resultados entregados cumplen con los requisitos y expectativas de los interesados.
- Gestión de la Calidad: Garantizar que los entregables sean de alta calidad, cumpliendo con los estándares requeridos.
- Valor: Asegurar que el proyecto entrega el valor esperado, no solo en términos de productos tangibles, sino también en cuanto a beneficios organizacionales más amplios.
- Este dominio enfatiza la importancia de alinear los entregables del proyecto con los objetivos estratégicos y las expectativas de los interesados, asegurando así la creación de valor.

**2.1.3.1.9.7 Dominio de Desempeño de la Medición**

La medición es clave para evaluar el éxito del proyecto. Este dominio abarca la definición de métricas y la recopilación de datos para evaluar el desempeño del proyecto en relación con los objetivos establecidos.

Elementos Clave:

- Métricas de Desempeño: Establecer qué medir y cómo medirlo, incluyendo KPIs (indicadores clave de rendimiento) que reflejen el progreso hacia los objetivos del proyecto.
- Evaluación del Progreso: Monitorear y reportar el estado del proyecto, identificando desviaciones y tomando medidas correctivas cuando sea necesario.
- Lecciones Aprendidas: Documentar lo que ha funcionado bien y lo que no, para mejorar el desempeño en proyectos futuros.

- La capacidad para medir y analizar el progreso del proyecto permite a los equipos hacer ajustes proactivos y asegurar el cumplimiento de los objetivos.

**2.1.3.1.9.8 Dominio de Desempeño de la Incertidumbre**

La incertidumbre y el riesgo son inherentes a todos los proyectos. Este dominio se enfoca en la identificación, evaluación y gestión de la incertidumbre para minimizar su impacto negativo en el proyecto.

Elementos Clave:

- Gestión de Riesgos: Identificar los riesgos potenciales, evaluar su probabilidad e impacto, y desarrollar planes para mitigarlos.
- Adaptación y Resiliencia: Asegurar que el proyecto pueda adaptarse a cambios inesperados y recuperarse rápidamente de los contratiempos.
- Gestión de la Complejidad: Abordar la complejidad del proyecto mediante la simplificación de procesos y la toma de decisiones informadas.
- El manejo efectivo de la incertidumbre permite a los equipos de proyectos navegar a través de los desafíos y mantener el proyecto en curso, incluso en entornos inciertos.

La Guía del PMBOK (2017), sostiene que estas etapas del ciclo de vida son fundamentales desde el inicio hasta la conclusión del proyecto, dependiendo de su tamaño y complejidad, y están vinculadas con el desarrollo de productos esenciales. El ciclo de vida del producto, servicio o resultado es distinto, según la "Guía del PMBOK" (2017). El alcance, el tiempo y el costo se definen tempranamente en:

- Predictivo. Durante las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto, se establecen criterios fundamentales como el alcance, la duración y el presupuesto. Es crucial reconocer que las modificaciones en el alcance requieren una gestión detallada para asegurar el éxito del proyecto. Esta fase preliminar es comúnmente referida como el ciclo de vida en cascada

del proyecto.

- Iterativo: En las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto, se define el alcance del mismo. Sin embargo, el cronograma y los costos suelen ajustarse regularmente a medida que los stakeholders adquieren una mayor comprensión del producto. Este proceso de ajuste continuo facilita el avance del proyecto a través de ciclos iterativos, donde cada incremento sucesivo mejora y añade funcionalidad al proyecto.
- Incremental: en esta situación, el desarrollo del proyecto se logra mediante una secuencia de iteraciones que incorporan funcionalidades en intervalos de tiempo específicos. La conclusión del proyecto se alcanza únicamente tras completar la última iteración, asegurando que se ha logrado la funcionalidad completa y adecuada necesaria para su finalización.
- Adaptativo: Estos ciclos de vida se caracterizan por su agilidad, enfoque tecnológico y adaptabilidad al cambio. Previo al inicio de cada iteración, se establece de manera clara el alcance del proyecto. Este enfoque es particularmente pertinente para proyectos tecnológicos, donde la flexibilidad y la capacidad de adaptación rápida son cruciales.
- Híbrido: este enfoque representa una fusión entre los ciclos de vida predictivo y adaptativo. Incorpora aquellos componentes del proyecto con requisitos bien definidos y estables dentro del marco predictivo, mientras que los aspectos que probablemente experimenten cambios o evolución a lo largo del tiempo se gestionan mediante un enfoque adaptativo, permitiendo así la flexibilidad necesaria para adaptarse al desarrollo del proyecto.

Esta hipótesis revela que se puede seleccionar el ciclo de vida más apropiado, según los requisitos específicos y el enfoque, ya sea el predictivo o, en ocasiones, uno de los más populares para proyectos con alcance, cronograma y costos bien establecidos desde los colaps. Mantener la

coherencia y el éxito del proyecto requiere una gestión cuidadosa de cualquier cambio. Para que una organización gestione un proyecto de forma eficaz, es esencial tener un conocimiento profundo del ciclo de vida del proyecto. Esto permite a las organizaciones maximizar la productividad y cumplir con los criterios de sostenibilidad sin dejar de cumplir con los objetivos del proyecto.

### 2.1.4. Metodología LEAN

Según J. Medina 2020, El sistema Lean es un sistema de desarrollo iniciado en las fábricas de Toyota después de la Segunda Guerra Mundial para organizar y gestionar el desarrollo de un producto (en este caso automóviles), las operaciones y las relaciones con proveedores y clientes. Este sistema requiere menos esfuerzo humano, menos dinero, menos espacio y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos, siguiendo los deseos precisos del cliente, que el sistema tradicional de construcción en masa.

La filosofía Lean, heredada directamente del sistema de producción de Toyota, proporciona mayor calidad a un menor costo y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor). Tiene dos pilares básicos: el Justo a Tiempo (Just-in-Time o JIT) y el Jidoka (autonomatización). Se sustenta y perfecciona a través de iteraciones de trabajo estandarizado y mejora continua, empleando herramientas como Kaizen (mejora continua), Gemba (el lugar real), Kanban (tarjetas de señalización) y Poka-Yoke (a prueba de errores). Estas herramientas se definen como:

**Figura 9: Filosofía Lean**



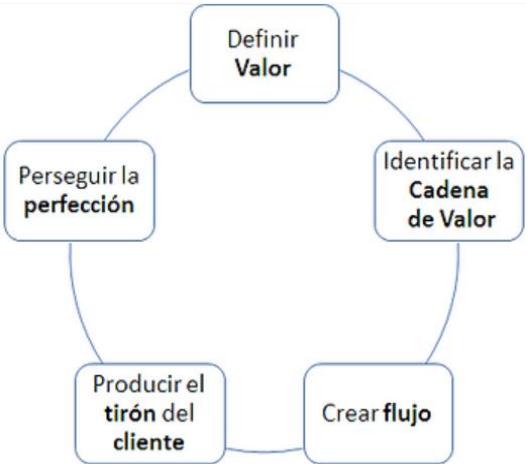

*Fuente: J. Medina (2020).*

- Just-in-Time o JIT: Es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita y en la cantidad que se necesita según la demanda.
- Producción pull: la producción se basa en la demanda del cliente. El cliente 'tira' del proceso de acuerdo a sus necesidades, no es el fabricante quien 'empuja' productos no deseados al consumidor (producción push).
- Gemba: es el acto de ir físicamente al lugar donde se generan valor para determinar dónde se enfoca ese valor y dónde hay desperdicios que pueden eliminarse en el proceso.
- Poka-Yoke: es una técnica a prueba de fallos. Consiste en diseñar los procesos y las piezas de una manera tal que no puedan cometerse errores. Por ejemplo, una pieza que sólo encaja con otra en un sólo sentido. Muchos lo definen como sistemas 'a prueba de tontos', pero son una herramienta muy sencilla y útil para optimizar procesos y reducir tiempos y errores.

- Kaizen: Sistema de mejora continua a través de la monitorización constante de los procesos.
- Kamban: Es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica, como entre distintas empresas.
- Jidoka: Es la capacidad de parar la producción cuando se detecta un error, en vez de dejar que se descubra a posteriori.

El pensamiento Lean tiene cinco principios básicos que fueron definidos en los años 90, a los que hay que añadir la transparencia y la capacitación.

**Figura 10: Principios básicos de lean**




*Fuente: J. Medina (2020).*

1. Valor: El principal objetivo del sistema Lean es crear valor para el cliente. Eso implica entender qué y cómo quiere su producto.

2. Value Stream o Cadena de Valor: Entendemos por cadena de valor todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente. Según el sistema Lean, desde el primer momento asumimos que algunas de estas actividades aportan valor añadido y otras no.

3. Flujo: Una vez identificado el valor para el cliente, se ha definido la cadena de valor y se han eliminado las operaciones cuyo desperdicio es evidente, el siguiente paso es hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan.

4. Sistema Pull: El Sistema Pull es un sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor sobre qué elemento necesitan, y cuándo y cómo. Es decir, que el proceso del proveedor aguas arriba no produce nada hasta que el proceso del cliente aguas abajo lo solicita. Quien tira de la demanda (Pull) es el cliente, y no el fabricante quien empuja los productos hacia el cliente (Push).

5. Perfección: La perfección es un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna muda o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales 3 herramientas de la cultura Lean: la mejora continua (Kaizen), la estandarización de procesos, y un plan de acción o PDCA (Plan-Do-Check-Act).

Con base en lo propuesto, Lean Construction es definido por Zambrano, B., Caballero, S., y Ponce, E. (2018) como un enfoque revolucionario de la gestión de la producción de proyectos que enfatiza el respeto y las relaciones interpersonales como componentes clave en la ejecución del proyecto y altera significativamente la gestión de recursos en la industria de la construcción. La aplicación de técnicas específicas busca la eliminación de desperdicios y la optimización de los recursos, esto que promueve una mejora en la rentabilidad de los proyectos.

Aunque su implementación aún se encuentra en sus primeras etapas, Lean Construction se destaca por incrementar la productividad y competitividad en la industria de la construcción. Zambrano, Caballero y Ponce (2018) notan que un número creciente de entidades dentro del ámbito de la construcción ya están integrando el aseguramiento de la calidad y la eficiencia en el

uso del tiempo, inicialmente en la fabricación de materiales y componentes, extendiéndose posteriormente al diseño y construcción en una vez.

Destacados por su alta organización y comprensión clara de las responsabilidades de cada entrante en la cadena de valor hasta el producto final, las compañías del sector dependen de una gestión sobresaliente en el ámbito de la construcción. Estas oportunidades son posibles gracias a la construcción eficiente, que brinda a las empresas constructoras la oportunidad de utilizar estos principios para mejorar sus operaciones.

Tezel y Nielsen (2013), sostienen que la actualización de los procedimientos de gestión en todas las organizaciones puede resultar en una mejora notable en el proceso de construcción, facilitando el desarrollo económico general y mejorando la capacidad técnica y organizacional. Este punto de vista ilustra cómo la gestión eficiente de proyectos no sólo beneficia a los proyectos de construcción individuales, sino que también hace avanzar a la industria en su conjunto. Por lo tanto, la adopción de Lean Construction es un paso hacia la innovación y la eficiencia en la industria de la construcción, promoviendo prácticas que tienen el potencial de alterar drásticamente la forma en que se planifican y ejecutan los proyectos.

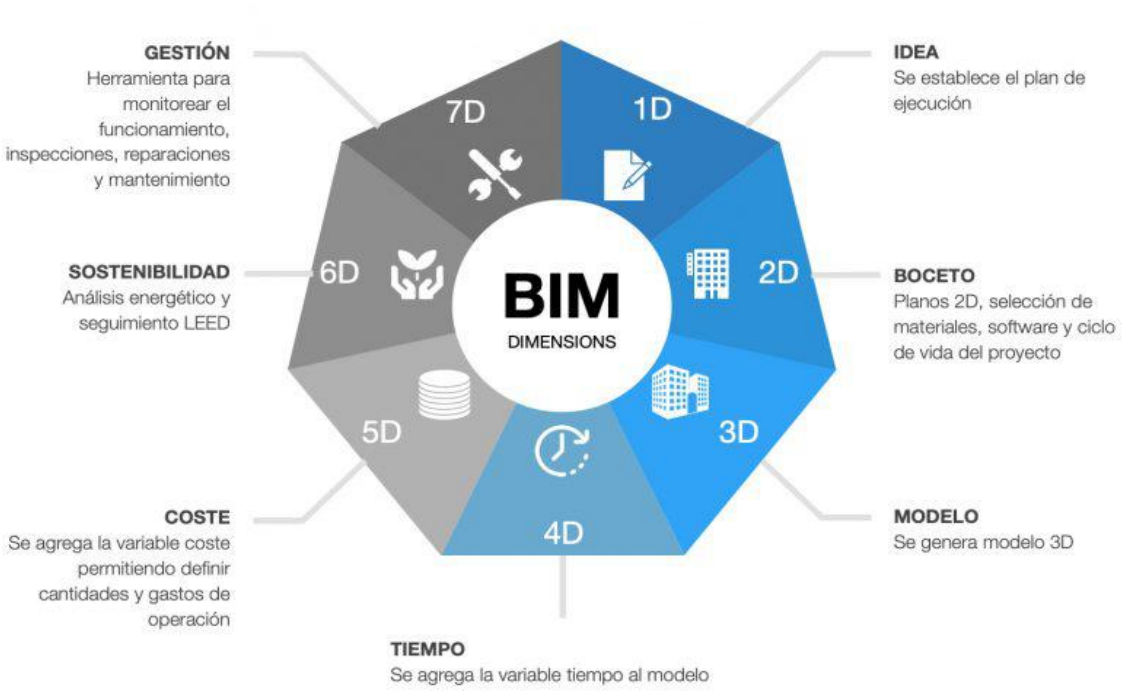
### 2.1.5. Metodología BIM

De acuerdo con el BIM Forum (2018), el Building Information Modeling (BIM) representa una metodología colaborativa avanzada para la planificación, diseño, construcción y gestión de edificaciones y proyectos de infraestructura. Su propósito es consolidar y centralizar toda la información relevante del proyecto dentro de un modelo digital inteligente, que sirve como un repositorio unificado para la información generada por todos los participantes.

Esta metodología marca un punto de inflexión respecto a los métodos convencionales de diseño arquitectónico y de ingeniería, que se basan primordialmente en planos bidimensionales.

BIM enriquece este proceso al incorporar dimensiones adicionales: la geometría tridimensional (3D) se complementa con el tiempo (4D), costos (5D), aspectos ambientales (6D) y datos de mantenimiento futuro (7D), facilitando así una visión comprensiva y detallada del proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida.

**Figura 11: Dimensiones BIM**




*Fuente: orfisaikc (2021)*

1. 1D la idea: Se parte de una idea, se investiga y se definen las condiciones iniciales, la localización; se realizan las primeras estimaciones, se estable el plan de ejecución, la estrategia. etcétera.
2. 2D el boceto: Se prepara el software para modelar; proyectas las primeras líneas, se genera documentación, imágenes, etcétera.

3. 3D el modelo: Modelo orientado a objetos que representará toda la información geométrica del proyecto de forma integrada y que permita su visualización
4. 4D el plazo: Al modelo se le agrega la dimensión del tiempo. Nos permite controlar el avance del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución e informes de colisiones, puede contemplar:

- Riesgos de plazos.
- Planificación de ejecución de la obra.
- Estimación y control de plazos de ejecución.
- Logística.
- Resolución de conflictos espaciales y de espacios de trabajo.
- Simulaciones de ejecución.

5. 5D el coste: Control de costos y estimación de gastos. Se definen cantidad de materiales y costes, organización de gastos, evolución en el tiempo y estimación de costos operativos para la fase de uso y mantenimiento. Se enriquece con el análisis de riesgos de costes directo, indirectos. Se contempla:

- Estimación de costes.
- Generación del presupuesto.
- Estudio de viabilidad económica.
- Control de costes durante la ejecución.
- Gestión de ofertas y contrataciones. Certificaciones.

6. 6D la sostenibilidad: La sexta dimensión nos permite conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción. Permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente,

los materiales utilizados, el tipo de combustible, los residuos generados, teniendo en cuenta su situación, su posición, su orientación y muchos aspectos más entre ellos:

- Análisis y simulaciones de comportamiento energético.
- Gestión de recursos durante la construcción (residuos, materiales, sistemas constructivos etc.).
- Estudio de ecoeficiencia.
- Requerimientos para certificaciones (Leed, Breeam, entre otros).

7. 7D la gestión activa: Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados. Le da el control logístico, operacional, del proyecto durante el uso y manutención de la vida útil; logrando la optimización de los procesos importantes como:

- Generación del modelo As-Built.
- Planificación y documentación para mantenimiento.
- Gestión de espacios y servicios asociados.
- Análisis del ciclo de vida del activo.
- Simulaciones de uso. Cambio de uso. Remodelaciones.
- Planes de emergencia.
- Demolición.

La aplicación de BIM trasciende la etapa de diseño, extendiéndose a lo largo de la ejecución y gestión del proyecto. Esta metodología no solo optimiza la eficiencia y eficacia en la fase de construcción, sino que también contribuye a la reducción significativa de los costos operativos post construcción, promoviendo una gestión y mantenimiento más efectivos del inmueble.

### *2.1.5.1 Modelo Digital*

- **Software de Modelado 3D**: El punto de partida de BIM es el uso de software de modelado 3D como Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD o Trimble SketchUp. Estos programas permiten a los arquitectos, ingenieros y diseñadores crear modelos tridimensionales detallados que no solo representan la forma física del edificio, sino que también integran toda la información relevante sobre cada componente. Estos modelos son altamente precisos y pueden incluir desde elementos estructurales hasta sistemas eléctricos y mecánicos.
- **Creación de Objetos**: En BIM, cada componente del edificio, como paredes, ventanas, puertas, techos, instalaciones eléctricas y de plomería, se representa como un "objeto" dentro del modelo 3D. Estos objetos son más que simples representaciones visuales; contienen datos esenciales que describen sus propiedades físicas (materiales, dimensiones, etc.), su ubicación exacta, y su relación con otros objetos en el modelo. Por ejemplo, una pared en un modelo BIM no solo es un bloque en 3D, sino que incluye información sobre su grosor, material, resistencia al fuego, y capacidad de carga.
- **Asignación de Propiedades**: Una de las fortalezas de BIM es la capacidad de asignar propiedades específicas a cada objeto en el modelo. Estas propiedades pueden incluir detalles como el tipo de material (concreto, madera, acero), las dimensiones exactas, los acabados, el costo estimado, y el tiempo de instalación. Además, estas propiedades pueden ser dinámicas; por ejemplo, si se cambia el material de una pared de ladrillo a concreto, todas las propiedades relacionadas (como el peso, costo, y aislamiento térmico) se actualizan automáticamente en el modelo. Este nivel de detalle permite que el modelo 3D

sea no solo una herramienta de diseño, sino también una fuente integral de información para la gestión y construcción del proyecto.

### *2.1.5.2 Información Integrada*

- **Base de Datos Centralizada**: En BIM, toda la información relacionada con el proyecto se almacena en una base de datos centralizada, vinculada directamente al modelo 3D. Esta base de datos incluye no solo la geometría y las propiedades de los objetos, sino también información sobre materiales, cantidades, costos, cronogramas, y más. Por ejemplo, un solo modelo BIM puede contener información sobre el tipo y cantidad de acero necesario para una estructura, los costos asociados, y el tiempo estimado de instalación. Este enfoque centralizado garantiza que toda la información esté actualizada y disponible para todos los participantes del proyecto.
- **Enlace de Información a Objetos**: Cada objeto en el modelo BIM está vinculado a esta base de datos. Esto significa que cualquier cambio realizado en el modelo se refleja automáticamente en la información asociada en la base de datos. Por ejemplo, si se decide aumentar la altura de una pared, el modelo BIM ajusta automáticamente las cantidades de materiales necesarios, el costo estimado, y el cronograma de construcción relacionado con esa pared. Este enlace bidireccional asegura que el modelo y la información estén siempre sincronizados, minimizando errores y mejorando la precisión del proyecto.
- **Generación de Reportes y Análisis**: A partir de esta base de datos integrada, BIM permite generar reportes automáticos y realizar análisis detallados que pueden cubrir múltiples aspectos del proyecto. Por ejemplo, se pueden generar informes sobre las cantidades de materiales necesarios, los costos estimados, el avance del proyecto, o incluso simulaciones energéticas. Estos reportes son esenciales para la planificación, ya que proporcionan a los

gestores de proyectos y a los clientes una visión clara del estado actual del proyecto, las estimaciones de costos, y los tiempos de ejecución.

#### *2.1.5.3 Colaboración*

- **Compartir Modelos**: Una de las características más poderosas de BIM es la capacidad de compartir modelos entre todos los miembros del equipo del proyecto, lo que facilita la colaboración y reduce las posibilidades de error. Mediante plataformas como Autodesk BIM 360 o Trimble Connect, los arquitectos, ingenieros, contratistas y otros stakeholders pueden acceder al mismo modelo, ver actualizaciones en tiempo real y contribuir al desarrollo del proyecto desde cualquier lugar. Este acceso compartido asegura que todos los miembros del equipo estén en la misma página y puedan trabajar de manera coordinada y eficiente.
- **Colaboración en Tiempo Real**: Las plataformas de colaboración en tiempo real permiten a los equipos trabajar simultáneamente en el modelo BIM. Por ejemplo, mientras un ingeniero estructural ajusta las dimensiones de una viga, un arquitecto puede estar trabajando en el diseño de los interiores, y ambos pueden ver los cambios del otro en tiempo real. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también permite detectar y resolver conflictos entre disciplinas antes de que se conviertan en problemas en el sitio de construcción. Por ejemplo, si un sistema de HVAC (ventilación, calefacción y aire acondicionado) entra en conflicto con la estructura, este problema se puede identificar y corregir en el modelo, evitando costosos errores durante la construcción.
- **Revisión y Aprobación**: La colaboración en BIM también incluye flujos de trabajo para la revisión y aprobación de cambios en el modelo. Los revisores pueden agregar comentarios, aprobar o rechazar cambios, y hacer anotaciones directamente en el modelo.

Este proceso de revisión y aprobación en tiempo real ayuda a reducir los retrasos, ya que cualquier problema identificado puede ser abordado de inmediato. Además, las plataformas de colaboración permiten llevar un registro de todas las decisiones y cambios realizados, lo que es crucial para mantener un historial claro y documentado del proyecto.

#### *2.1.5.4 Análisis y Simulación*

- **Análisis de Energía**: El software de análisis energético, como Autodesk Insight o Trimble Sefaira, se utiliza para evaluar el rendimiento energético del edificio desde la etapa de diseño. Estos programas permiten simular cómo el edificio utilizará la energía, considerando factores como la orientación, la envolvente térmica, y los sistemas de calefacción y refrigeración. A través de estas simulaciones, los diseñadores pueden identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética del edificio, como el uso de materiales aislantes, la optimización de la orientación para maximizar la luz natural, o la implementación de sistemas de energía renovable. Esto no solo ayuda a reducir los costos operativos, sino que también contribuye a un diseño más sostenible y ecológico.
- **Análisis de Estructura**: Herramientas como Autodesk Robot o Trimble Tekla se emplean para realizar análisis estructurales que garantizan que el edificio sea seguro y cumpla con las normativas locales. Estos programas permiten simular cómo las cargas, como el peso propio, el viento o los terremotos, afectarán la estructura del edificio. Esto es esencial para garantizar que el diseño sea estructuralmente sólido y que pueda soportar las fuerzas a las que estará sometido a lo largo de su vida útil. Además, los análisis estructurales pueden optimizar el uso de materiales, reduciendo los costos y mejorando la eficiencia.
- **Simulación de Construcción**: El software de simulación de construcción, como Autodesk Navisworks o Trimble Vico, permite planificar y optimizar el proceso de construcción

antes de que comience en el sitio. Estas herramientas permiten crear simulaciones 4D (tiempo + 3D) que muestran cómo se desarrollará la construcción a lo largo del tiempo. Esto ayuda a identificar posibles cuellos de botella, conflictos entre disciplinas (como la interferencia entre sistemas mecánicos y estructurales), y optimizar la secuencia de construcción para minimizar retrasos y reducir costos. Además, estas simulaciones pueden ayudar a planificar la logística en el sitio, como la ubicación de grúas y almacenes, para maximizar la eficiencia.

#### *2.1.5.5 Interoperabilidad*

- **Formatos de Archivo Abiertos (IFC)**: La interoperabilidad es un aspecto clave en BIM, ya que permite que diferentes herramientas y software puedan comunicarse entre sí sin pérdida de información. El uso de formatos de archivo abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) garantiza que los datos del modelo BIM puedan ser compartidos y utilizados por diferentes plataformas de software, independientemente de quién las haya desarrollado. Esto es crucial en proyectos complejos donde múltiples disciplinas utilizan diferentes herramientas especializadas; por ejemplo, un ingeniero estructural puede trabajar en Tekla mientras que un arquitecto utiliza Revit, y ambos pueden compartir y colaborar en el mismo proyecto sin problemas de compatibilidad.
- **APIs y SDKs**: Las APIs (Application Programming Interfaces) y SDKs (Software Development Kits) son herramientas que permiten a los desarrolladores integrar diferentes aplicaciones y sistemas con BIM. Esto es fundamental para conectar el modelo BIM con otros sistemas, como software de gestión de la construcción, sistemas de gestión de la propiedad (PMS), o sistemas de mantenimiento (CMMS). Por ejemplo, una API puede permitir que un sistema de gestión de la construcción extraiga automáticamente los datos

de cronograma del modelo BIM y los utilice para generar reportes de progreso, o que un sistema de mantenimiento acceda a los datos de los equipos instalados para programar mantenimiento preventivo.

- **Integración con Otros Sistemas**: BIM se integra con otros sistemas clave a lo largo del ciclo de vida del edificio, lo que permite una gestión más eficiente y coordinada. Por ejemplo, después de la construcción, el modelo BIM puede integrarse con un sistema de gestión de la propiedad, lo que facilita el mantenimiento del edificio. Los datos sobre el historial de mantenimiento, manuales de operación, etc.

#### *2.1.5.6. Integración de BIM en la organización.*

Las empresas que buscan integrar la creación de modelos documentados a través de la Tecnología BIM en sus procesos deben iniciar con una evaluación clara de sus capacidades actuales y establecer metas realistas y progresivas para la adopción de la metodología BIM. Esto implica realizar un análisis exhaustivo para comprender el estado de preparación de la empresa respecto a la implementación de BIM, identificando áreas de fortaleza y aquellas que requieren desarrollo.

Es crucial que la empresa se posicione estratégicamente en las fases del ciclo de vida del proyecto en las que habitualmente participa, ya sea en las etapas de ingeniería conceptual, básica, de detalles, modelado arquitectónico, análisis estructural, coordinación de obra o en la ejecución de proyectos de construcción. Esta identificación ayudará a determinar cómo BIM puede optimizar sus operaciones y en qué áreas se obtendrá el mayor beneficio.

Además, es esencial reconocer y comprender el papel de las demás entidades involucradas en el ciclo de vida del proyecto y evaluar si estas también adoptarán BIM. La implementación efectiva de BIM requiere un esfuerzo colaborativo; por lo tanto, si otras empresas dentro del

ecosistema del proyecto no adoptan esta metodología, se limitarán las oportunidades de maximizar los beneficios que ofrece el enfoque colaborativo de BIM.

Con base en esta evaluación preliminar, la compañía deberá definir con precisión el modelo de implementación de BIM que buscará promover, teniendo en cuenta diferentes escenarios de integración y colaboración. Esta decisión estratégica permitirá a la empresa trazar un camino claro hacia la transformación digital de sus operaciones de construcción, asegurando que se aproveche al máximo el potencial de la metodología BIM para mejorar la eficiencia, calidad y comunicación en todos los proyectos en los que participe.

En el contexto de la implementación de Building Information Modeling (BIM), se distinguen tres enfoques principales: BIM No Integrado (Unilateral), BIM No Integrado (Multilateral) e BIM Integrado.

BIM No Integrado (Unilateral): Este escenario se presenta cuando únicamente una empresa dentro del ciclo de un proyecto decide utilizar la tecnología BIM. Aunque esta compañía puede beneficiarse de la agilidad para gestionar modificaciones en sus modelos, así como de la eficiencia en la documentación y coordinación de su proyecto, los beneficios no se extienden a otros participantes del proyecto, como el propietario u otras empresas involucradas.

BIM No Integrado (Multilateral): En este caso, se refiere a cuando múltiples empresas dentro de un proyecto deciden adoptar BIM de manera independiente, y la información generada se comparte entre todas las entidades participantes. Cada compañía desarrolla sus propios modelos basados en sus necesidades específicas, lo cual permite cierto grado de colaboración y mejora en la comunicación, aunque cada uno opera de manera autónoma en cuanto a la gestión de su información BIM.

BIM Integrado: Este enfoque representa la coordinación y colaboración total entre todas las disciplinas y etapas del proyecto, bajo un marco normativo y estándares de trabajo compartidos, orientados hacia los objetivos globales del proyecto. La implementación de BIM bajo este modelo no se ajusta a una solución "talla única" aplicable a todas las empresas; por el contrario, cada entidad (sea constructora, inmobiliaria, de ingeniería estructural, etc.) adaptará la tecnología según sus necesidades y prioridades específicas, desarrollando procedimientos y flujos de trabajo internos personalizados.

El elemento clave para la adopción exitosa de BIM en cualquiera de sus formas es la "Estandarización". La estandarización asegura que la implementación de BIM pueda ser sostenible a largo plazo y que los beneficios de su adopción sean perceptibles en un corto plazo, independientemente del tamaño de la empresa. Este enfoque permite una verdadera transformación en la manera en que se conciben, desarrollan y gestionan los proyectos de construcción, maximizando la eficiencia y mejorando la colaboración entre todos los stakeholders (Partes interesadas).

## 2.2. Estado de la Cuestión

El desarrollo de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica se presenta como una estrategia clave para abordar el déficit habitacional y la reorganización urbana mediante el uso eficiente del suelo y la integración de vivienda social en zonas urbanas consolidadas. Sin embargo, su implementación enfrenta retos en la selección y adquisición de terrenos, la estructuración financiera y la planificación estratégica del proyecto.

Para lograr que estos desarrollos sean técnica y económicamente viables, se requiere un enfoque de planificación que alineé sostenibilidad, inclusión social y eficiencia en la inversión pública y privada. Esto implica no solo establecer criterios claros para la planificación de

proyectos, sino también definir metodologías de gestión que optimicen su ejecución y garanticen el cumplimiento de sus objetivos.

Este análisis examina primero los requisitos de planificación y alcances de los proyectos VUIS, incluyendo la selección y adquisición de terrenos, el diseño y viabilidad económica, y la integración con el entorno urbano. Luego, se establecen las metodologías de gestión óptimas para asegurar la eficiencia y sostenibilidad de estos proyectos en el contexto costarricense.

La identificación del terreno es el primer eslabón crítico para el desarrollo de un proyecto VUIS. Un lote debe cumplir con ciertos criterios esenciales como la accesibilidad a servicios básicos, la conectividad con el transporte público, la proximidad a fuentes de empleo y la idoneidad para construcciones verticales de al menos tres niveles.

No obstante, la disponibilidad de terrenos que cumplan con estos requisitos es limitada, especialmente en áreas urbanas consolidadas. Si bien optar por lotes en zonas periféricas puede reducir costos de adquisición, también puede comprometer el acceso a infraestructura y servicios urbanos, impactando la calidad de vida de los residentes.

Adicionalmente, el proceso de adquisición de terrenos bajo la modalidad VUIS plantea opciones como la compra directa o la incorporación del vendedor del lote como beneficiario del proyecto a través de esquemas de fideicomiso.

Una vez seleccionado el lote, la planificación del proyecto avanza hacia la fase de diseño y estructuración financiera, la cual establece los parámetros técnicos y económicos del desarrollo. En esta etapa, la definición del anteproyecto es crucial, ya que permite evaluar la factibilidad del diseño arquitectónico en relación con los requisitos normativos y presupuestarios. Para garantizar la viabilidad económica del proyecto, se requiere un análisis de costos detallado que contemple no

solo la inversión en construcción, sino también los gastos asociados a permisos, trámites administrativos y posibles adecuaciones del terreno.

Sin embargo, el proceso de diseño enfrenta restricciones normativas que pueden limitar la flexibilidad arquitectónica y la optimización del espacio. En Costa Rica, el cumplimiento de regulaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), las municipalidades y otras entidades gubernamentales es un factor determinante en la planificación. Aunque estas normativas son esenciales para garantizar estándares de calidad y seguridad en la construcción, en algunos casos pueden generar procesos burocráticos extensos y costosos, dificultando la ejecución eficiente del proyecto. En este sentido, es fundamental armonizar los requisitos regulatorios con los principios de innovación y eficiencia, permitiendo que los diseños puedan adaptarse a las necesidades del modelo VUIS sin comprometer su viabilidad técnica y económica.

Otro aspecto crucial en la planificación es la gestión de los trámites administrativos y las revisiones regulatorias, los cuales representan una de las principales barreras para la ejecución oportuna de proyectos VUIS. Aunque en los últimos años se han impulsado iniciativas como la plataforma APC Requisitos del CFIA, que busca agilizar la aprobación de permisos de construcción, el proceso sigue siendo complejo y burocrático, afectando los tiempos de desarrollo y aumentando los costos. La falta de claridad en los procedimientos y la variabilidad en los requisitos entre municipalidades generan incertidumbre para los desarrolladores, lo que refuerza la necesidad de un marco regulatorio más eficiente y estandarizado para proyectos de vivienda de interés social.

Finalmente, la planificación de los proyectos VUIS no puede limitarse únicamente a la dimensión técnica y financiera, sino que debe incorporar una visión de integración social y urbana.

La participación temprana de las comunidades beneficiarias es un factor clave para garantizar la aceptación del proyecto y su impacto positivo en el entorno. Esto implica diseñar estrategias que no solo aseguren la construcción de viviendas accesibles, sino que también promuevan la inclusión de espacios públicos, infraestructura comunitaria y actividades comerciales, elementos que contribuyen a la consolidación de un tejido social cohesionado.

Por otro lado, la gestión eficiente de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica requiere una estrategia estructurada que garantice la viabilidad técnica, económica y social del desarrollo. Dado que estos proyectos involucran múltiples actores, desde entidades gubernamentales hasta inversionistas privados y comunidades beneficiarias, es fundamental adoptar metodologías de gestión que optimicen los recursos y reduzcan incertidumbres. La aplicación de enfoques avanzados como el Last Planner System (LPS), Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD) permite mejorar la planificación, fortalecer la coordinación entre equipos y minimizar riesgos en la ejecución de estos desarrollos.

Una de las principales barreras en la construcción de proyectos VUIS es la falta de sincronización entre las distintas fases del proyecto, lo que genera retrasos, sobrecostos y una gestión ineficiente del tiempo y los recursos. Para abordar esta problemática, el Last Planner System (LPS) se presenta como una herramienta clave en la planificación y control de obra. LPS permite estructurar un proceso de toma de decisiones basado en compromisos colaborativos entre los actores del proyecto, asegurando que cada actividad se ejecute en el tiempo y bajo las condiciones planificadas. Su enfoque en la coordinación efectiva y la identificación temprana de restricciones resulta particularmente beneficioso en proyectos VUIS, donde la eficiencia en la ejecución es fundamental para garantizar la viabilidad económica del desarrollo.

El éxito de la aplicación de LPS en proyectos VUIS depende de su integración con herramientas digitales que faciliten la gestión de información en tiempo real. En este contexto, Building Information Modeling (BIM) complementa la implementación de LPS al proporcionar un entorno colaborativo en el que los equipos de diseño, planificación y construcción pueden anticipar posibles conflictos y tomar decisiones informadas antes de que se presenten problemas en el sitio de obra. Mediante el uso de modelos digitales en 3D, BIM permite visualizar el proyecto en detalle y coordinar actividades con mayor precisión, reduciendo errores y optimizando el uso de materiales y mano de obra. La combinación de LPS con BIM no solo mejora la planificación del proyecto, sino que también agiliza la ejecución y permite una mejor supervisión del avance de la obra.

Más allá de la planificación y la coordinación técnica, los proyectos VUIS requieren un enfoque de gestión contractual que fomente la colaboración desde las primeras fases del desarrollo. Integrated Project Delivery (IPD) es un modelo que promueve la integración temprana de todos los actores clave bajo un marco contractual compartido, alineando sus intereses y eliminando barreras tradicionales entre diseñadores, contratistas y propietarios. Su implementación en proyectos VUIS permite reducir conflictos durante la ejecución y mejorar la eficiencia del proceso constructivo, asegurando que todas las partes involucradas trabajen hacia un objetivo común desde el inicio del proyecto.

La combinación de LPS, BIM e IPD crea un ecosistema de gestión eficiente donde la planificación, la ejecución y la toma de decisiones están alineadas con los objetivos del proyecto. LPS garantiza que el trabajo se realice según lo planificado, BIM proporciona la información necesaria para la coordinación efectiva y IPD establece un marco colaborativo que optimiza la ejecución del proyecto. Esta sinergia no solo mejora los resultados en términos de costos y tiempos

de construcción, sino que también fortalece la transparencia en la gestión y facilita la integración de soluciones innovadoras en el desarrollo de vivienda social.

Para que estas metodologías de gestión sean efectivas, es necesario un proceso de mejora continua que permita evaluar y ajustar las estrategias implementadas. La retroalimentación constante a través de LPS permite identificar cuellos de botella y optimizar la planificación en función de los datos recopilados durante la ejecución. Al mismo tiempo, la actualización del modelo BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto facilita la documentación de cambios y ajustes, asegurando que las decisiones se basen en información actualizada y precisa.

En conclusión, la gestión de proyectos VUIS requiere la aplicación de metodologías que promuevan la planificación efectiva, la optimización de recursos y la integración colaborativa entre todos los actores del proyecto. La combinación de LPS para la planificación y control de obra, BIM para la gestión digital del proyecto e IPD como modelo contractual colaborativo permite mejorar significativamente la eficiencia y reducir los riesgos asociados a la ejecución de estos desarrollos. Adoptar estos enfoques no solo garantiza el cumplimiento de los objetivos del proyecto, sino que también establece un marco de trabajo que puede replicarse en futuros desarrollos de vivienda social, consolidando el modelo VUIS como una alternativa viable y sostenible para el crecimiento urbano en Costa Rica.

### *2.2.1. Casos de estudio*

El estudio de la integración de metodologías como PMBOK, Lean y BIM en el desarrollo de viviendas urbanas inclusivas y sostenibles (VUIS) revela un panorama enriquecido por la intersección de estas técnicas avanzadas de gestión de proyectos con los principios de sostenibilidad e inclusión social. Estas metodologías han sido aplicadas con éxito en numerosos

proyectos a nivel global, destacándose por su capacidad para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad en el sector de la construcción.

El Project Management Body of Knowledge (PMBOK), desarrollado por el Project Management Institute, ha sido fundamental en varios proyectos emblemáticos. Un ejemplo destacado de su aplicación es el proyecto de renovación urbana en el distrito de Vauxhall en Londres, donde PMBOK fue utilizado para coordinar y sistematizar todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución. Según Kerzner (2013), la metodología PMBOK promueve la organización y la eficacia en la gestión de proyectos, asegurando que se cumplan los objetivos de tiempo, costo y alcance, al tiempo que se satisfacen las expectativas de los stakeholders.

La metodología Lean, por su parte, ha sido aplicada con notable éxito en la construcción del hospital de Dell Children en Austin, Texas. Este proyecto utilizó los principios Lean para eliminar los desperdicios y optimizar los recursos, lo que resultó en una reducción significativa del tiempo de construcción y del costo total del proyecto. Según Koskela et al. (2002), Lean facilita la mejora continua y la maximización del valor para el cliente, aspectos cruciales en proyectos que buscan no solo eficiencia económica sino también un alto grado de personalización y atención a las necesidades específicas de los usuarios.

Building Information Modeling (BIM) ha transformado la forma en que se planifican, diseñan, y construyen infraestructuras. Un caso destacado de la aplicación de BIM es el desarrollo de la nueva terminal del aeropuerto de Denver, Colorado, donde BIM fue utilizado para integrar la información de todas las disciplinas involucradas en el proyecto, permitiendo una gestión más eficiente y una reducción de conflictos y retrasos. Este proyecto ilustra cómo BIM puede mejorar

la coordinación y la comunicación entre los diversos equipos de trabajo, facilitando una ejecución más fluida y eficiente de los proyectos, como señalan Sacks et al. (2018).

Estos proyectos demuestran cómo la implementación de PMBOK, Lean y BIM no solo optimiza los recursos y mejora la rentabilidad, sino que también contribuye a la sostenibilidad y la inclusión social. En el contexto de VUIS, estas metodologías han sido cruciales para desarrollar soluciones habitacionales que son accesibles, seguras y respetuosas con el medio ambiente. La adaptación de estas prácticas a las necesidades específicas de las comunidades urbanas vulnerables ha permitido abordar de manera efectiva los retos de la urbanización rápida, ofreciendo viviendas que son tanto asequibles como sostenibles a continuación se describen algunos casos que han integrado estas metodologías en proyectos habitacionales:

En primer lugar, el estudio de Navia y Ruiz (2023), titulada “Metodología Lean Construction aplicada a la planificación de proyectos de urbanización y soluciones habitacionales Caso de estudio”, explora de manera detallada la aplicación de la metodología Lean Construction, inspirada en la filosofía Lean, como estrategia eficaz para reducir las pérdidas en la construcción de proyectos habitacionales. A través del análisis del "Last Planner System" y la utilización de herramientas avanzadas como MS Project, se evalúa el impacto de Lean Construction en la gestión y ejecución de obras en diferentes intervalos de tiempo. La implementación de esta metodología se llevó a cabo en un proyecto específico de vivienda social, impulsado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) bajo el programa "Casa para todos" en el Cantón Flavio Alfaro, provincia de Manabí, abarcando la planificación de 120 unidades habitacionales.

Como resultado, se identificaron tres niveles distintos de planificación de obra, que demostraron ser herramientas valiosas para mejorar el control del proyecto y, consecuentemente, lograr una reducción significativa de pérdidas ocasionadas por diversos factores. La adopción del

"Last Planner System" resulta particularmente relevante en proyectos de gran envergadura, como es el caso de la vivienda social, donde la estandarización de procesos minimizó los sobrecostos.

Para implementar con éxito este sistema, es crucial alinear las prácticas de gestión de proyectos con la cultura lean y ver a los líderes como facilitadores del proceso de planificación y aprendizaje. Además, se requiere práctica diaria para dominar esta disciplina y convertir la colaboración en el centro del proyecto.

El aporte de este estudio radica en demostrar cómo la metodología Lean Construction, al ser implementada en proyectos habitacionales de importancia social, introduce un paradigma innovador en la gestión y ejecución de este tipo de obras. Esta aproximación no solo optimiza los recursos y mejora la eficiencia en la construcción, sino que también sienta las bases para una gestión integral de proyectos habitacionales que se alinea con las necesidades y limitaciones específicas del contexto regional. La investigación proporciona evidencia concreta de los beneficios de incorporar principios Lean en el sector de la construcción, ofreciendo un modelo replicable que podría mejorar significativamente la implementación de programas habitacionales a nivel nacional.

En segundo lugar, el Estudio de Ledesma (2017), titulado “Gestión de proyectos de regeneración integrada de barriadas residenciales obsoletas desde el enfoque transdisciplinar y a través de la metodología PMBOK”, este estudio aborda la revitalización de edificios residenciales abandonados, destacando la necesidad de un cambio de paradigma urbano en respuesta a la crisis actual global. Se reconoce que la transformación urbana y la evolución ciudadana son imperativos que surgen principalmente de las declaraciones europeas sobre el desarrollo urbano. El objetivo de este estudio es promover una gobernanza urbana innovadora en otras áreas urbanas mediante la aplicación de herramientas y estrategias empleadas para la transformación de dichas barriadas.

Esta nueva forma de gobernanza tiene como objetivo traducir la toma de decisiones de las estructuras políticas tradicionales hacia una mayor participación ciudadana, mejorando así la gestión comunitaria de diversos aspectos urbanos.

Esta investigación propone un análisis comparativo entre PMBOK y PRINCE2 con el fin de complementar las estrategias de gestión de proyectos establecidas en PMBOK con los beneficios, principios, temas y procesos de PRINCE2, una metodología ampliamente utilizada que se basa en principios y se estructura en temas y procesos. Este análisis resalta la naturaleza iterativa de la gestión de proyectos, subrayando la importancia de la revisión continua y la adaptación a nuevos desarrollos para gestionar la complejidad estructural inherente a este tipo de proyectos, un concepto introducido por Williams (1999).

La propuesta de este estudio para aplicar una integración de PRINCE2 sobre la metodología PMBOK, elaborando un conjunto de directrices más estructurado y organizado para la intervención en barriadas residenciales obsoletas, es su contribución clave al desarrollo de proyectos habitacionales sustentables. Esta herramienta metodológica ofrece un sistema de capas, con el cual cada capa establece responsabilidades y tareas específicas necesarias para el progreso del proyecto.

Esta estructura organizada y transparente facilita la realización de proyectos de regeneración urbana y permite una intervención más efectiva y eficiente en los complejos residenciales, esencial para el desarrollo de una vida urbana inclusiva y sostenible. Este enfoque metodológico innovador no solo mejora la gestión y ejecución de proyectos de revitalización urbana, sino que también proporciona un marco replicable que puede ajustarse a diversos contextos y necesidades urbanas, mejorando así la sostenibilidad y la calidad de vida en las ciudades.

La investigación aborda una revisión conceptual y teórica exhaustiva de las metodologías

Lean Construction, Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM), junto con las dinámicas gerenciales y los requisitos metodológicos esenciales para la gestión de proyectos sostenibles. Este estudio subraya la importancia de comprender a fondo los principios, herramientas y funcionalidades de estas metodologías para facilitar la identificación de relaciones y sinergias entre ellas y su aplicación en proyectos sostenibles. Se resalta que un entendimiento efectivo de estas metodologías es crucial para su implementación exitosa, tanto de manera individual como integrada, en organizaciones que buscan capitalizar los beneficios derivados de su uso.

En tercer lugar, Navis (2020), en su estudio "Interacción entre Lean, BIM (Building Information Modeling) e IPD (Integrated Project Delivery) en la gestión de proyectos sostenibles a través de un pensamiento sistémico", obtuvo hallazgos significativos, destacando la identificación de relaciones y sinergias entre Lean Construction, IPD y BIM, a pesar de haber sido desarrolladas de manera independiente. Estas metodologías comparten elementos comunes que facilitan su integración, especialmente el enfoque en el trabajo colaborativo, lo cual promueve la integración de equipos, la optimización de procesos y la mejora en la comunicación y el flujo de información. La implementación conjunta de estas metodologías amplifica sus beneficios individuales, optimizando recursos y procesos y logrando los objetivos del proyecto de manera más efectiva y eficiente.

El estudio desarrolló un modelo integrado para la implementación conjunta de Lean Construction y BIM, estableciendo las bases para una implementación eficiente y efectiva. Este modelo se estructura en torno a cuatro pilares principales: un flujo de implementación teórica, la relación de los principios de las metodologías con la gestión de temáticas gerenciales clásicas, un cuadro de funcionalidad del modelo integrado por fases del proyecto, y la relación del modelo con

los requerimientos de proyectos sostenibles.

Además, se exploró cómo el modelo integrado facilita el cumplimiento de los principios de sostenibilidad, resaltando el pensamiento sistémico como un elemento clave para lograr una implementación efectiva que contribuya a la gestión de proyectos sostenibles. La validación y retroalimentación por parte de profesionales experimentados confirmaron la utilidad y aplicabilidad del modelo en el ámbito práctico, ofreciendo un marco comprensible y aplicable para las organizaciones.

En conclusión, esta investigación proporciona una contribución significativa al campo de la gestión de proyectos de construcción, especialmente en el desarrollo de viviendas urbanas sostenibles. El modelo integrado propuesto no solo mejora la comprensión de las metodologías Lean Construction,y BIM, sino que también establece una guía práctica para su implementación conjunta, ofreciendo un camino hacia la optimización de la gestión de proyectos y la consecución de objetivos de sostenibilidad. Este enfoque integrador promete transformar las prácticas de construcción actuales, destacando la necesidad de una mayor investigación práctica para una implementación detallada y efectiva en el contexto de las empresas constructoras.

### 2.2.2. Selección de metodologías de trabajo

#### 2.2.2.1 Guía de Grupos de Procesos (Proyectos Predictivos)

Es una guía publicada por el Project Management Institute (PMI) que ofrece una visión detallada y práctica de los cinco grupos de procesos que conforman la estructura central de la gestión de proyectos tradicional. Estos grupos de procesos son fundamentales para garantizar el éxito en la planificación, ejecución y finalización de proyectos, y han sido un pilar en el cuerpo de conocimiento de gestión de proyectos, especialmente en proyectos predictivos.

En la gestión de proyectos, los grupos de procesos representan una serie de actividades que son fundamentales para llevar a cabo un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Cada grupo de procesos está compuesto por una colección de procesos individuales que interactúan y se interrelacionan para lograr los objetivos del proyecto. Esta guía tiene como objetivo proporcionar una comprensión más profunda y un marco de referencia práctico para la aplicación de estos procesos en diferentes tipos de proyectos.

La guía se organiza en torno a los cinco grupos de procesos fundamentales en la gestión de proyectos: Iniciación, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre. A continuación, se ofrece una visión detallada de cada uno de estos grupos.

Grupo de Procesos de Iniciación

El Grupo de Procesos de Iniciación se centra en definir y autorizar el proyecto o una fase del proyecto. Este es el punto de partida de cualquier proyecto y es crucial para establecer una base sólida para el éxito. Durante la iniciación, los interesados clave son identificados, y se desarrolla el acta de constitución del proyecto, que es el documento formal que autoriza el proyecto y proporciona al gestor del proyecto la autoridad para aplicar recursos de la organización a las actividades del proyecto.

Entre los procesos clave en este grupo se incluyen:

- Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto: Este proceso formaliza la creación del proyecto y proporciona la base para la planificación detallada.
- Identificar a los Interesados: Se trata de identificar a todas las partes interesadas que pueden afectar o ser afectadas por el proyecto, y de analizar su influencia e interés para gestionar sus expectativas de manera efectiva.

Grupo de Procesos de Planificación

El Grupo de Procesos de Planificación es fundamental para establecer el rumbo del proyecto. Este grupo implica la elaboración de un plan detallado para alcanzar los objetivos del proyecto, abarcando el alcance, el cronograma, los costos, la calidad, los recursos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y la gestión de los interesados.

Los procesos clave dentro de este grupo incluyen:

- Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: Es un proceso integral que consolida todos los planes subsidiarios en un plan maestro para la gestión del proyecto.
- Definir el Alcance: Este proceso se enfoca en describir claramente lo que está y no está incluido en el proyecto, lo que ayuda a evitar el "scope creep" o desbordamiento del alcance.
- Planificar el Cronograma y los Costos: Estos procesos son esenciales para establecer una línea base del cronograma y del presupuesto, que servirá como referencia durante la ejecución y el monitoreo.
- Identificar los Riesgos y Planificar la Respuesta a los Riesgos: Es crucial identificar los riesgos potenciales y desarrollar estrategias de mitigación para reducir su impacto en el proyecto.

Grupo de Procesos de Ejecución

El Grupo de Procesos de Ejecución es donde el trabajo planificado se lleva a cabo para cumplir con los requisitos del proyecto. Este grupo implica coordinar personas y recursos, así como integrar y ejecutar las actividades del proyecto de acuerdo con el plan de gestión del proyecto.

Procesos importantes en este grupo incluyen:

- Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto: Se trata de coordinar a las personas y los recursos para llevar a cabo el plan del proyecto, asegurando que las actividades se completen según lo previsto.
- Gestionar la Calidad: Asegura que el trabajo del proyecto cumpla con los estándares de calidad definidos durante la planificación.
- Gestionar los Recursos: Incluye la adquisición, desarrollo y gestión del equipo del proyecto, asegurando que los recursos estén disponibles y sean utilizados de manera eficiente.
- Gestionar las Comunicaciones y la Participación de los Interesados: Involucra garantizar que la información fluya de manera efectiva entre todos los interesados y que sus expectativas sean gestionadas adecuadamente.

Grupo de Procesos de Monitoreo y Control

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control se centra en rastrear, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto. Este grupo implica identificar cualquier área en la que se necesiten cambios en el plan y, posteriormente, implementar esos cambios.

Entre los procesos clave en este grupo se encuentran:

- Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto: Este proceso implica comparar el desempeño real del proyecto con el plan y hacer ajustes según sea necesario para mantener el proyecto en el camino correcto.
- Realizar el Control Integrado de Cambios: Este proceso asegura que todos los cambios solicitados se revisen, aprueben y gestionen de manera sistemática.

- Controlar el Alcance, Cronograma y Costos: Implica asegurarse de que el proyecto se mantenga dentro del alcance, el tiempo y el presupuesto establecidos durante la planificación.
- Monitorear los Riesgos: Es vital para asegurarse de que los riesgos identificados se gestionen de manera proactiva y que se implementen planes de respuesta cuando sea necesario.

Grupo de Procesos de Cierre

El Grupo de Procesos de Cierre es el último en el ciclo de vida del proyecto y se enfoca en finalizar todas las actividades del proyecto para completar formalmente el proyecto o una fase del proyecto. Este grupo también incluye la entrega de los entregables del proyecto al cliente y la documentación de las lecciones aprendidas.

Los procesos clave en este grupo incluyen:

- Cerrar el Proyecto o Fase: Este proceso implica la entrega formal del producto final o servicio al cliente, la obtención de la aceptación del cliente y la finalización de todos los aspectos contractuales y administrativos del proyecto.
- Cerrar las Adquisiciones: Asegura que todos los contratos asociados con el proyecto se completen y se cierren formalmente.

Uno de los aspectos más destacados de la Guía de Grupos de Procesos, es su flexibilidad. Aunque los cinco grupos de procesos proporcionan una estructura robusta, la guía enfatiza la necesidad de adaptar estos procesos a las necesidades específicas del proyecto y del entorno organizacional. No todos los proyectos requieren la aplicación estricta de cada proceso en cada grupo; la guía permite a los gestores de proyectos adaptar los procesos de manera que se alineen mejor con el contexto y las circunstancias del proyecto.

En la gestión de proyectos moderna, los grupos de procesos siguen siendo esenciales, incluso con la creciente popularidad de metodologías ágiles y enfoques híbridos. La estructura proporcionada por estos grupos permite a los gestores de proyectos abordar de manera sistemática los desafíos de planificación, ejecución y control, independientemente del enfoque metodológico adoptado.

En conclusión, la Guía de Grupos de Procesos es una herramienta invaluable para cualquier profesional de la gestión de proyectos, proporcionando una comprensión profunda y aplicable de los cinco grupos de procesos fundamentales en la gestión de proyectos. Esta guía no solo establece un marco claro para la planificación, ejecución y cierre de proyectos, sino que también subraya la importancia de adaptar estos procesos a las necesidades y desafíos específicos de cada proyecto. En un mundo de negocios en constante cambio, donde la adaptabilidad es clave, los grupos de procesos continúan siendo un pilar fundamental para garantizar el éxito en la gestión de proyectos.

#### 2.2.2.2 Guía de Prácticas Ágiles (Proyectos con Alta Incertidumbre)

La Guía de Prácticas Ágiles, publicada por el Project Management Institute (PMI) en colaboración con Agile Alliance en 2017, representa un esfuerzo significativo por integrar y armonizar las mejores prácticas de la gestión de proyectos tradicional con las metodologías ágiles. Este documento es una herramienta fundamental para los profesionales que buscan comprender y aplicar enfoques ágiles en sus proyectos, así como para aquellos que desean adaptarse a un entorno de gestión de proyectos cada vez más dinámico y orientado al cambio.

En la última década, las metodologías ágiles han ganado popularidad en la gestión de proyectos debido a su capacidad para manejar la incertidumbre y el cambio en entornos empresariales complejos. La Guía de Prácticas Ágiles surge como una respuesta a la necesidad de unificar las prácticas ágiles con las metodologías tradicionales de gestión de proyectos, brindando

un marco común para profesionales que operan en diversos sectores y que enfrentan distintos tipos de proyectos.

El propósito principal de la guía es proporcionar una comprensión clara de las prácticas ágiles, explicar cómo se pueden aplicar en diferentes contextos y ofrecer orientación sobre cómo integrar enfoques ágiles en organizaciones que históricamente han adoptado metodologías predictivas o tradicionales.

La guía está organizada en varios capítulos que cubren desde los conceptos básicos hasta la implementación práctica de metodologías ágiles. A continuación, se ofrece una visión general de los principales contenidos de la guía:

1. Introducción a Ágil

El primer capítulo de la guía proporciona una visión general de qué es ágil y por qué es relevante. Se explican los principios fundamentales que subyacen a las metodologías ágiles, tales como la colaboración, la adaptabilidad, la entrega continua de valor y la importancia de centrarse en las personas. También se introducen los valores del Manifiesto Ágil, que son la base filosófica de todas las prácticas ágiles:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- Software funcionando sobre documentación extensiva.
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- Responder al cambio sobre seguir un plan.

2. Ciclos de Vida del Proyecto

Este capítulo examina los diferentes ciclos de vida que se pueden utilizar en la gestión de proyectos, comparando y contrastando los enfoques predictivos, ágiles e híbridos:

- Ciclo de Vida Predictivo: También conocido como "cascada", es un enfoque secuencial en el que se planean todos los elementos del proyecto al inicio. Este enfoque es útil en proyectos con requisitos bien definidos y donde el cambio es poco probable.
- Ciclo de Vida Ágil: Caracterizado por iteraciones cortas y el desarrollo incremental, donde se entrega valor al cliente de manera continua. Este ciclo es ideal para proyectos donde los requisitos pueden evolucionar a lo largo del tiempo y donde la retroalimentación constante es vital.
- Ciclo de Vida Híbrido: Combina elementos de los ciclos de vida predictivo y ágil, permitiendo que diferentes partes del proyecto se gestionen de manera diferente, según su grado de incertidumbre y los requisitos de flexibilidad.

3. Implementación de Ágil en una Organización

La guía destaca que la adopción de ágil no es simplemente un cambio de metodología, sino un cambio cultural dentro de una organización. Se discuten las estrategias para una implementación efectiva, que incluyen:

- Evaluación de la Madurez Ágil: Evaluar el nivel de preparación de la organización para adoptar ágil y las áreas que necesitan desarrollo.
- Liderazgo y Patrocinio: La importancia de que los líderes apoyen y promuevan el cambio hacia un enfoque ágil, proporcionando los recursos y el entorno adecuados para su implementación.
- Formación y Desarrollo de Competencias: Capacitar a los equipos en metodologías ágiles y fomentar una mentalidad de mejora continua.

- Transformación Cultural: Abordar los cambios necesarios en la cultura organizacional para apoyar los valores y principios ágiles, como la confianza, la transparencia y la colaboración.

4. Fundamentos y Marcos Ágiles

Este capítulo proporciona una descripción general de los marcos ágiles más populares, ofreciendo a los lectores una visión clara de cómo pueden aplicarse en diferentes contextos. Entre los marcos discutidos se encuentran:

- Scrum: Uno de los marcos ágiles más utilizados, centrado en equipos pequeños y autoorganizados que trabajan en ciclos de trabajo llamados "sprints". Scrum enfatiza la entrega de incrementos de producto potencialmente utilizables al final de cada sprint.
- Kanban: Un enfoque visual que gestiona el trabajo a medida que pasa por un proceso. Es ideal para equipos que buscan mejorar la eficiencia y la transparencia sin la necesidad de iteraciones fijas.
- Lean: Un enfoque que se centra en la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo de trabajo para maximizar el valor entregado al cliente.
- Extreme Programming (XP): Un marco que se centra en mejorar la calidad del software y la capacidad de respuesta a los cambios mediante prácticas como la integración continua, la programación en pareja y el desarrollo basado en pruebas.

5. Ágil y la Gestión de Proyectos Tradicional

Este capítulo aborda la integración de prácticas ágiles en organizaciones que tradicionalmente han utilizado enfoques predictivos. Se discute cómo los equipos pueden adoptar un enfoque híbrido, donde algunos elementos del proyecto siguen siendo planificados de manera predictiva, mientras que otros se gestionan de manera ágil.

Además, se analiza el papel del Project Manager en un entorno ágil, donde sus responsabilidades pueden diferir significativamente en comparación con los proyectos gestionados de manera tradicional. En lugar de centrarse en el control de tareas y plazos, el Project Manager en un contexto ágil actúa más como un facilitador o coach, apoyando al equipo para que sea lo más efectivo y autónomo posible.

6. Herramientas y Técnicas Ágiles

La guía proporciona una variedad de herramientas y técnicas que pueden ayudar a los equipos ágiles a gestionar su trabajo de manera efectiva. Algunas de las herramientas y técnicas clave incluyen:

- Tableros Kanban: Utilizados para visualizar el flujo de trabajo y gestionar las tareas de manera efectiva.
- Reuniones Diarias: Breves reuniones diarias (también conocidas como "stand-ups") donde los miembros del equipo discuten lo que hicieron el día anterior, lo que planean hacer hoy y cualquier impedimento que enfrenten.
- Retrospectivas: Reuniones periódicas donde el equipo reflexiona sobre su desempeño y busca maneras de mejorar.
- Estimación Ágil: Técnicas como el "Planning Poker" o "T-shirt sizing" que permiten a los equipos estimar el esfuerzo necesario para completar las tareas de manera colaborativa.
- Mapeo de Historias de Usuario: Una técnica para desglosar y priorizar el trabajo en historias de usuario, asegurando que el enfoque del equipo esté en la entrega de valor al cliente.

7. Adaptación y Escalabilidad en Ágil

Una vez que un equipo o una organización ha adoptado prácticas ágiles, surge la necesidad de escalar estas prácticas a nivel de la organización. La guía discute los desafíos de escalar ágil, como la coordinación entre múltiples equipos, la gestión del portafolio en un entorno ágil y la integración de prácticas ágiles en toda la organización.

Se presentan marcos de escalado ágil como SAFe (Scaled Agile Framework), LeSS (Large Scale Scrum), y Disciplined Agile Delivery (DAD), que ofrecen estrategias para aplicar ágil en proyectos grandes y complejos que involucran múltiples equipos.

La guía enfatiza que ágil no es simplemente un conjunto de técnicas, sino un cambio en la forma de pensar y en la cultura organizacional. La adopción exitosa de ágil requiere un compromiso de toda la organización, desde la alta dirección hasta los miembros del equipo, para fomentar una cultura de colaboración, transparencia y mejora continua.

En un mundo donde el cambio es la única constante, la Guía de Prácticas Ágiles proporciona las herramientas y la perspectiva necesarias para gestionar proyectos de manera efectiva en un entorno dinámico y en evolución constante. Su enfoque integrador permite que las organizaciones combinen lo mejor de ambos mundos: la previsibilidad y estructura de los métodos tradicionales con la flexibilidad y adaptabilidad de las metodologías ágiles

#### 2.2.2.3 Integrated Project Delivery (IPD)

El IPD es un enfoque revolucionario en la industria de la construcción que busca mejorar la eficiencia y la calidad en los proyectos a través de una colaboración profunda entre todas las partes involucradas. Este método se basa en la integración temprana de los equipos, el uso de contratos compartidos y el alineamiento de intereses entre los propietarios, diseñadores y contratistas. En lugar de operar en silos, como en los métodos tradicionales, IPD fomenta un ambiente de trabajo colaborativo donde se comparte el riesgo y la recompensa. Los principios del

IPD, establecidos por el American Institute of Architects (AIA) en su documento "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007), proporcionan las bases para implementar este enfoque de manera efectiva.

1. Respeto Mutuo y Confianza

El principio fundamental del IPD es la creación de un ambiente de respeto mutuo y confianza entre todos los participantes del proyecto. En un entorno tradicional de construcción, es común encontrar relaciones adversas entre las partes involucradas, lo que puede llevar a conflictos y retrasos. En contraste, el IPD busca que cada participante comprenda el valor de la colaboración, comprometiéndose a trabajar en equipo por el bien del proyecto. Este enfoque no solo mejora la comunicación, sino que también permite una toma de decisiones más eficaz y una mayor disposición para resolver problemas de manera conjunta.

2. Beneficio Mutuo y Recompensa

Uno de los aspectos más innovadores del IPD es su enfoque en el beneficio mutuo para todos los participantes. A diferencia de los modelos tradicionales, donde el éxito de una parte puede venir a expensas de otra, el IPD busca crear estructuras de compensación que premien la participación temprana y la colaboración. Esto se logra mediante la implementación de incentivos vinculados a los objetivos generales del proyecto, promoviendo una mentalidad de "lo que es mejor para el proyecto" en lugar de intereses individuales.

3. Innovación Colaborativa y Toma de Decisiones

La innovación en un proyecto de IPD se fomenta a través del libre intercambio de ideas entre todos los participantes. En este entorno, las ideas son evaluadas en función de su mérito y no del estatus o rol del autor. Este enfoque permite que las decisiones clave sean tomadas de manera consensuada por el equipo, aprovechando al máximo la diversidad de perspectivas y experiencias

presentes en el proyecto. El resultado es un proceso de toma de decisiones más robusto y bien informado, que contribuye significativamente al éxito del proyecto.

4. Participación Temprana de los Participantes Clave

En el IPD, la participación temprana de todos los actores clave es crucial para el éxito del proyecto. Desde las etapas más iniciales, los principales participantes aportan su conocimiento y experiencia, lo que permite una toma de decisiones más informada y efectiva. Este enfoque es particularmente valioso en las primeras fases del proyecto, donde las decisiones tienen un impacto significativo en el resultado final. Al involucrar a los expertos desde el principio, el IPD maximiza el valor y minimiza el riesgo de cambios costosos y retrasos en etapas posteriores.

5. Definición Temprana de los Objetivos

La claridad en los objetivos del proyecto desde una etapa temprana es otro pilar del IPD. Todos los participantes acuerdan y respetan estos objetivos, lo que asegura que el proyecto avance de manera coherente y alineada con las expectativas de todos. Esta claridad también fomenta un entorno de trabajo que valora la innovación y el rendimiento excepcional, siempre manteniendo el enfoque en los resultados del proyecto por encima de los intereses individuales.

6. Planificación Intensificada

El IPD pone un énfasis considerable en la planificación detallada desde el inicio del proyecto. A diferencia de los enfoques tradicionales, donde la planificación a menudo se ve como un proceso secundario, el IPD reconoce que una planificación intensiva puede llevar a una mayor eficiencia y ahorro durante la ejecución. Esta metodología no busca reducir el esfuerzo de diseño, sino mejorar la calidad del mismo para simplificar y optimizar la construcción, que es significativamente más costosa.

7. Comunicación Abierta

La comunicación abierta es un elemento central en el enfoque IPD. Este principio asegura que todos los participantes estén informados y alineados, lo que facilita la identificación y resolución de problemas de manera rápida y eficiente. En lugar de buscar culpables, el IPD promueve una cultura de resolución de problemas, donde los litigios se reconocen y resuelven rápidamente, permitiendo que el proyecto avance sin interrupciones.

8. Tecnología Apropiada

El uso de tecnologías avanzadas es común en proyectos IPD, lo que permite una mejor integración y eficiencia en todas las fases del proyecto. Desde el inicio, se especifican tecnologías que maximicen la interoperabilidad y la funcionalidad, asegurando que todos los participantes puedan colaborar de manera efectiva. El uso de estándares abiertos facilita la comunicación y el intercambio de datos, lo que es esencial para el éxito de un proyecto integrado.

9. Organización y Liderazgo

Finalmente, el IPD reconoce la importancia de una organización y liderazgo claros en el proyecto. Cada miembro del equipo asume roles basados en su experiencia y capacidades, lo que permite una gestión más eficaz y flexible. Este enfoque evita la creación de barreras artificiales que puedan obstaculizar la comunicación y la colaboración, promoviendo un liderazgo que es adaptativo y centrado en los objetivos del proyecto.

#### 2.2.2.4 Last Planner System (LPS)

El LPS, conocido como el Sistema del Último Planificador, es una metodología innovadora en la gestión de proyectos de construcción, desarrollada en respuesta a las limitaciones del enfoque tradicional basado en el método del camino crítico. Esta metodología fue creada por Glenn Ballard en la década de los 90 y ha ganado popularidad en el marco de la filosofía Lean Construction, cuyo

objetivo principal es optimizar los procesos, reducir los desperdicios y aumentar la eficiencia y el valor agregado en los proyectos de construcción.

Pons y Rubio Pérez, en su obra "Construction y la Planificación Colaborativa", explican en detalle cómo el LPS transforma la gestión de proyectos en un proceso colaborativo que involucra a todos los actores clave del proyecto, desde los diseñadores hasta los trabajadores de campo. La metodología descrita por los autores se enfoca en la creación de un entorno de trabajo donde la comunicación abierta y la colaboración son esenciales para el éxito del proyecto.

Este sistema fue concebido para abordar las ineficiencias inherentes a los métodos tradicionales de planificación y control de proyectos. En los sistemas convencionales, las tareas se planifican desde una perspectiva de "empuje", donde las actividades aguas arriba determinan el ritmo de las aguas abajo, sin considerar las condiciones reales en el sitio de trabajo. Este enfoque a menudo resulta en cuellos de botella, excesos de inventario y tiempos de espera, todos ellos considerados desperdicios dentro del pensamiento Lean. El LPS introduce un enfoque de "tirar", donde la planificación se basa en las necesidades reales del flujo de trabajo aguas abajo. Es decir, el sistema se centra en lo que se puede hacer realmente en función de las condiciones actuales y no en lo que debería hacerse según una programación rígida. Esta filosofía permite a los últimos planificadores, como los capataces o jefes de obra, comprometerse con la entrega de trabajo de manera más confiable, reduciendo la incertidumbre y aumentando la previsibilidad del flujo de trabajo.

Un concepto central en la metodología del Last Planner System es la conjunción de los principios “Debe - Se Puede - Se Hará”, que guía el proceso de planificación semanal:

- “Debe”: Se refiere a lo que debe hacerse de acuerdo con la planificación general del proyecto. Este es el marco de referencia que establece las actividades necesarias para alcanzar los hitos y metas del proyecto.
- “Se Puede”: Este principio se enfoca en la factibilidad de llevar a cabo las actividades planificadas, considerando las condiciones reales en el sitio de trabajo. En esta etapa, se analiza si se cuenta con los recursos, las condiciones y los permisos necesarios para ejecutar las tareas previstas.
- “Se Hará”: Finalmente, este principio es el compromiso de los últimos planificadores con lo que realmente se llevará a cabo durante la semana. Aquí, se consolida lo que es factible y se alinea con los recursos disponibles, asegurando que lo que se planifica realmente se ejecute sin interrupciones ni contratiempos.

La conjunción de estos tres principios permite que la planificación sea no solo realista, sino también efectiva, mejorando la predictibilidad del flujo de trabajo y reduciendo los desperdicios asociados a tareas que no pueden ser ejecutadas.

El LPS se basa en cinco principios fundamentales que estructuran el proceso de planificación colaborativa en la construcción:

1. Planificación Maestra: Esta fase inicial establece la viabilidad de los plazos y los hitos principales del proyecto. Aunque este plan es esencial, en el contexto del LPS, su función es orientar las fases posteriores más detalladas y colaborativas.
2. Planificación por Fases: En esta etapa, se desarrollan planes más detallados para cada hito del proyecto. La planificación por fases es creada por el equipo que realmente llevará a cabo el trabajo, garantizando que cada fase sea factible y que el equipo esté comprometido con su ejecución.

3. Planificación Intermedia: Aquí, se establece un "Look Ahead Plan" (LAP), generalmente con un horizonte de seis semanas. Este plan permite al equipo anticiparse y asegurarse de que todo lo necesario esté disponible para cumplir con las fases planificadas.
4. Planificación Semanal: En esta fase, se identifican y planifican las actividades específicas que se realizarán durante la siguiente semana, basándose en lo que se puede hacer y en lo que realmente se hará. Esta planificación es esencial para mantener un flujo de trabajo continuo y evitar interrupciones innecesarias.
5. Aprendizaje Continuo: Una parte crítica del LPS es el ciclo de aprendizaje. Cada semana, se revisan los planes anteriores para analizar qué tareas se completaron y cuáles no, identificando las razones del incumplimiento. Este análisis continuo permite implementar acciones correctivas que evitan la repetición de errores y mejora la eficiencia del proyecto.

#### 2.2.2.5 Metodología PRINCE2

La metodología que PRINCE2 propone se apoya en 7 Principios, enriqueciendo no solo al proyecto en concreto, sino a toda la organización en la que se desarrolla, además está perfectamente alineada con la norma ISO-21500 de Gestión de proyectos.

Los principios son presentados a continuación:

1. Justificación comercial continua

- Se asegura de que hay un motivo justificable para iniciar el proyecto.
- La justificación se mantiene válida durante toda la vida del proyecto.
- Dicha justificación ha sido identificada, y aprobada.

2. Aprender de la experiencia

- Se recogen las experiencias anteriores, las que se van obteniendo a lo largo de la ejecución del proyecto, así como las lecciones aprendidas al cierre del mismo.

3. Roles y Responsabilidades definidos

- Asegurando que los intereses de los usuarios que van a usar el proyecto, los proveedores y el responsable del área de negocio están representados en la toma de decisiones.

4. Gestión por Fases

- Un proyecto que sigue la metodología PRINCE2 se planifica, se supervisa y se controla fase a fase.

5. Gestión por excepción

- Es decir, delegar la autoridad suficiente de un nivel de gestión al siguiente, dándole autonomía según unas tolerancias pautadas (de tiempo, coste, calidad, alcance, beneficio y/o riesgo) de manera que, de sobrepasar la tolerancia, se consulte al nivel superior como actuar.

6. Orientación a productos

- Centra la atención en la definición y entrega de productos, es decir, un proyecto no son un conjunto de tareas a realizar, sino que entrega productos (que se elaboran tras la ejecución de las tareas que sean necesarias).

7. Adaptación

- Asegurando que la metodología PRINCE2 y los controles a aplicar se basen en el tamaño, complejidad, importancia, capacidad y nivel de riesgo del proyecto.

A continuación, se presentan las temáticas presentes en esta metodología:

### 2.2.3. Ruta de integración de metodologías

#### 2.2.4.1 Elaboración del Anteproyecto

***1. Definición de Objetivos y Alcance (PMBOK)***

- Acta de Constitución del Proyecto: Documentar formalmente el acta de constitución del proyecto que incluirá el propósito, los objetivos, los beneficios esperados, los entregables

claves y los stakeholders involucrados. Esto formaliza el inicio del proyecto y asegura el compromiso y apoyo de todas las partes interesadas.

*Recolección y Análisis de Datos (BIM)*

- Datos del Sitio: Recopilar datos detallados del sitio, incluyendo levantamientos topográficos, estudios geotécnicos, y análisis del contexto urbano. Utilizar estos datos para crear un modelo de terreno en BIM que refleje con precisión las condiciones del sitio.
- Requerimientos del Cliente: Documentar en detalle las necesidades y expectativas del cliente. Realizar entrevistas y talleres participativos para identificar requerimientos funcionales, estéticos y de sostenibilidad. Incorporar esta información en el programa de requisitos del proyecto y en el modelo conceptual BIM.
- Protocolo BIM: Establecer un protocolo BIM que defina los estándares, procesos y herramientas a utilizar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Este protocolo debe incluir la gestión de datos, la coordinación de disciplinas y la colaboración entre los diferentes actores del proyecto.

***2. Gestión del Tiempo (PMBOK)***

- Desarrollo del Cronograma Inicial: Crear un cronograma detallado que incluya todas las actividades e hitos clave del anteproyecto. Utilizar técnicas como el Diagrama de Gantt y el Método del Camino Crítico (CPM) para asegurar una planificación adecuada y la coordinación entre los diferentes equipos de trabajo.
- Análisis del Camino Crítico: Identificar el camino crítico del proyecto para asegurar que los recursos se asignen adecuadamente y que todas las actividades críticas se completen a tiempo. Realizar un seguimiento continuo del cronograma para gestionar posibles retrasos y ajustar el plan según sea necesario.

3. ***Identificación de Valor (Lean)***

- Sesiones de Trabajo con Stakeholders: Organizar sesiones de trabajo colaborativas con todos los stakeholders para identificar las actividades que realmente agregan valor al cliente. Utilizar técnicas como el Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping) para visualizar y analizar los procesos actuales.
- Mapeo de la Cadena de Valor: Realizar un análisis detallado del flujo de trabajo actual, identificando y eliminando actividades que no agregan valor. Rediseñar procesos para optimizar la eficiencia y reducir desperdicios, asegurando que cada paso en el proceso contribuye directamente al valor final del proyecto.

4. ***Mapeo del Flujo de Valor (Lean)***

- Documentación del Proceso Actual: Documentar todas las actividades actuales desde la conceptualización hasta la entrega del anteproyecto, identificando actividades que no agregan valor y proponiendo mejoras.
- Rediseño del Proceso: Implementar cambios en el proceso para asegurar la eliminación de desperdicios, mejorar la eficiencia y optimizar la entrega de valor al cliente. Utilizar herramientas Lean como el análisis de causa raíz y el diagrama de Ishikawa para identificar y resolver problemas.

5. ***Modelado Conceptual (BIM)***

- Desarrollo del Modelo Conceptual (LOD 100): Crear un modelo BIM conceptual que incluya la volumetría, disposición espacial y orientación del proyecto. Este modelo debe permitir la visualización temprana del diseño y facilitar la toma de decisiones informadas.
- Análisis Preliminares: Realizar análisis preliminares de sostenibilidad, eficiencia energética, y viabilidad técnica utilizando herramientas BIM. Esto puede incluir

simulaciones de iluminación natural, ventilación y eficiencia energética para optimizar el diseño desde las etapas iniciales.

### 2.2.4.2 Estimación Preliminar de Costos

1. **Gestión de Costos (PMBOK)**

- Estimación Preliminar de Costos: Desarrollar una estimación de costos utilizando técnicas de estimación ascendente y análisis de reserva. Crear un presupuesto preliminar que incluya contingencias para manejar riesgos e incertidumbres.
- Control de Costos: Monitorear y controlar los costos del proyecto durante toda su ejecución. Utilizar técnicas de control de costos como la línea base de costos, el análisis de valor ganado (EVA) y los informes de desempeño para asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto. Realizar ajustes según sea necesario para gestionar desviaciones y asegurar la rentabilidad del proyecto.

***2. Optimización de Recursos (Lean)***

- Eliminación de Desperdicios: Identificar y eliminar actividades que no agregan valor en la cadena de suministro y el proceso de construcción, como tiempos de espera, inventarios excesivos y movimientos innecesarios. Implementar prácticas de mejora continua (Kaizen) para optimizar el uso de recursos.
- Planificación Just-in-Time (JIT): Implementar técnicas de JIT para asegurar que los materiales y recursos se entreguen y utilicen justo cuando se necesitan, evitando la acumulación de inventarios y reduciendo costos de almacenamiento. Utilizar sistemas de pedido y entrega basados en la demanda real del proyecto.

3. ***Estimación de Costos (BIM)***

- Modelo de Costos (5D) (LOD 200): Utilizar el modelo BIM para realizar estimaciones de costos precisas basadas en cantidades exactas de materiales y recursos. Integrar estos costos en el modelo para una visualización detallada y análisis de costos en tiempo real. Utilizar software BIM que permita la automatización de la extracción de cantidades y el cálculo de costos.
- Simulación de Escenarios: Realizar simulaciones de diferentes escenarios presupuestarios utilizando el modelo BIM para evaluar el impacto de cambios en el diseño o especificaciones. Comparar diferentes alternativas para seleccionar la opción más eficiente y rentable.

#### 2.2.4.3 Elaboración de planos y especificaciones técnicas

1. ***Gestión de la Calidad (PMBOK)***

- Aseguramiento de la Calidad: Implementar procesos de aseguramiento de la calidad para verificar que los planos cumplen con los estándares establecidos. Realizar auditorías internas y revisiones de calidad para identificar y corregir errores antes de la construcción.
- Control de Calidad: Establecer un plan de control de calidad que incluya procedimientos para la verificación y validación de los documentos técnicos. Utilizar listas de verificación y herramientas de software para asegurar la precisión y consistencia de los planos.

2. ***Revisión Continua (Lean)***

- Reuniones de Coordinación: Realizar revisiones continuas y reuniones de coordinación con el equipo de trabajo para asegurar que los planos se alineen con los principios Lean y se optimicen para la construcción. Utilizar métodos de revisión colaborativa y software de gestión de proyectos para facilitar la comunicación y la toma de decisiones.

- Gestión Visual: Utilizar herramientas visuales como tableros Kanban para gestionar y visualizar el progreso del desarrollo de planos. Esto asegura una planificación eficiente y la identificación temprana de problemas, permitiendo la implementación de soluciones oportunas.

***3.*** **Generación de Planos (Modelado de Información de Construcción - Building Information Modeling, BIM)**

- Creación de Planos Constructivos (LOD 300): Generar planos constructivos detallados directamente desde el modelo BIM, asegurando consistencia, precisión y cumplimiento de los estándares de calidad. Estos planos deben incluir detalles arquitectónicos, estructurales y de sistemas MEP (mecánicos, eléctricos y de plomería).
- Coordinación de Disciplinas: Utilizar el modelo BIM para coordinar las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto, detectando y resolviendo interferencias antes de la construcción. Realizar revisiones de coordinación utilizando herramientas de detección de conflictos (clash detection) para asegurar una integración fluida de todos los sistemas.

#### 2.2.4.4 Elaboración Presupuesto Detallado

***1.*** ***Gestión de los Recursos (PMBOK)***

- Planificación de Recursos: Desarrollar un plan detallado para la asignación y gestión de los recursos necesarios para el proyecto. Esto incluye la identificación de los recursos requeridos, la estimación de su disponibilidad y la planificación de su uso de manera eficiente.
- Control de Costos: Monitorear y controlar los costos del proyecto mediante el uso de herramientas de seguimiento y control. Realizar ajustes según sea necesario para mantener el proyecto dentro del presupuesto, asegurando una gestión eficiente de los recursos financieros.

2. ***Análisis de Costos (Lean)***

- Desglosar los Costos: Realizar un desglose detallado de los costos en categorías específicas, como materiales, mano de obra, equipos y subcontratistas. Utilizar el análisis de costo-beneficio para asegurar que cada gasto agregue valor al proyecto y optimizar la asignación de recursos.
- Eliminación de Desperdicios: Identificar y eliminar desperdicios en el presupuesto, como sobrecostos y gastos innecesarios. Implementar técnicas Lean para optimizar el uso de recursos y reducir costos, asegurando una gestión eficiente del presupuesto.

3. ***Integración de Costos en el Modelo (BIM)***

- Modelo de Costos (5D) (LOD 400): Integrar y visualizar los costos detallados de cada componente del proyecto en el modelo BIM. Utilizar herramientas de software que permitan la actualización automática de los costos en función de los cambios en el diseño y las cantidades de materiales.
- Simulación de Escenarios: Realizar simulaciones de diferentes escenarios presupuestarios para evaluar el impacto de cambios en el diseño o especificaciones. Utilizar el análisis de sensibilidad para identificar los factores que más influyen en los costos y tomar decisiones informadas.

### 2.2.4.5 Ejecución de Obra

1. ***Gestión de la Ejecución (PMBOK)***

- Dirección y Gestión del Trabajo: Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto según el plan de gestión del proyecto, asegurando que todas las actividades se realicen de acuerdo con los estándares y procedimientos establecidos. Utilizar herramientas de gestión de proyectos para monitorear el progreso y asegurar el cumplimiento de los plazos.

- Gestión de las Comunicaciones: Asegurar una comunicación efectiva entre todos los stakeholders, utilizando el plan de gestión de comunicaciones para mantener a todos informados sobre el progreso del proyecto y resolver problemas rápidamente.

***2. Gestión de la Producción (Lean)***

- Sistema Last Planner: Definido como un sistema de gestión de producción y planificación utilizado principalmente en la industria de la construcción y busca asegurar que la ejecución de la obra sea eficiente y sin interrupciones. Esto incluye la planificación detallada de cada fase del proyecto y la coordinación entre los equipos de trabajo. Utilizar reuniones diarias de planificación y herramientas visuales para asegurar el cumplimiento de los plazos.
- Kaizen (Mejora Continua): Fomentar un ambiente de mejora continua en el sitio de construcción, donde se identifiquen y solucionen problemas de manera proactiva. Implementar ciclos de mejora continua (PDCA: Plan-Do-Check-Act) para optimizar los procesos y aumentar la eficiencia.

***3. Simulación de Construcción (4D) (BIM)***

- Simulación de Secuencia de Construcción: Utilizar el modelo BIM para crear simulaciones de la secuencia de construcción en 4D, que integren el tiempo y los cronogramas con el modelo 3D. Esto permite visualizar el progreso del proyecto y detectar posibles problemas antes de que ocurran.
- Gestión de la Información: Mantener el modelo BIM actualizado con la información real de la construcción, asegurando que todos los cambios se reflejen en tiempo real. Esto mejora la coordinación entre los equipos y permite una gestión más eficiente del proyecto.

### 2.2.4.6 Entrega del Proyecto

1. ***Cierre del Proyecto (PMBOK)***

- Cierre Formal del Proyecto: Realizar el cierre formal del proyecto, incluyendo la entrega de todas las documentaciones finales y la obtención de las aprobaciones necesarias. Utilizar el plan de cierre del proyecto para asegurar que todas las actividades se completen de manera ordenada.
- Lecciones Aprendidas: Documentar las lecciones aprendidas y realizar una revisión post proyecto para identificar áreas de mejora y éxitos alcanzados. Utilizar esta información para mejorar futuros proyectos y compartir el conocimiento adquirido con el equipo y la organización.

2. ***Revisión Final y Ajustes (Lean)***

- Revisión Final: Realizar una revisión final del proyecto para asegurar que todos los objetivos y requerimientos se hayan cumplido. Implementar ajustes necesarios basados en las lecciones aprendidas y la retroalimentación de los stakeholders.
- Satisfacción del Cliente: Asegurar que el cliente esté completamente satisfecho con el proyecto final, realizando ajustes y mejoras según sea necesario. Utilizar encuestas de satisfacción y reuniones de cierre para recopilar comentarios y asegurar que todas las expectativas se cumplan.

3. ***Modelo As-Built (BIM)***

- Entrega del Modelo As-Built (LOD 500): Entregar un modelo BIM actualizado que refleje el estado final del proyecto, incluyendo todas las modificaciones y ajustes realizados durante la construcción. Este modelo debe ser utilizado para la operación y mantenimiento del edificio.

- Documentación Completa: Proporcionar toda la documentación técnica y administrativa necesaria para la operación y mantenimiento del proyecto, generada directamente desde el modelo BIM. Esto incluye manuales de operación, planos finales y registros de mantenimiento.

# CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

## 3.1. Tipo de investigación

En la presente investigación, se adoptará un enfoque mixto, el cual representa una metodología holística y robusta que integra las fortalezas de las investigaciones cualitativas y cuantitativas. Este paradigma metodológico permite una exploración más exhaustiva y comprensiva de los fenómenos de estudio, al combinar la riqueza descriptiva y el contexto proporcionado por el análisis cualitativo con la rigurosidad estadística y la capacidad de generalización del análisis cuantitativo. La elección de este enfoque mixto surge de la necesidad de abordar las preguntas de investigación desde múltiples ángulos, superando así las limitaciones inherentes a cada método cuando se emplean de manera aislada. De esta forma, se espera obtener una visión más completa y detallada del tema en cuestión, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia y contribuyendo significativamente al campo de estudio.

La aplicación de un enfoque mixto en el estudio de la implementación de metodologías PMBOK, BIM y Lean en proyectos de construcción se articula a través de varios pasos estratégicos. Inicialmente, se establece un diseño de investigación que especifica la forma en que se integrarán los datos cualitativos y cuantitativos, ya sea de manera simultánea o secuencial, pero siempre buscando puntos de conexión que permitan una síntesis y análisis conjunto.

La fase de recopilación de datos cuantitativos empleó instrumentos como encuestas y cuestionarios estructurados, orientados a medir aspectos específicos como la eficiencia de la productividad, la efectividad en la minimización de desperdicios, el cumplimiento de los tiempos de entrega y el nivel de satisfacción del cliente. Estos datos proporcionan una base cuantificable y comparativa para evaluar el impacto de las prácticas implementadas en los proyectos. Además del

uso de entrevistas para profundizar y conocer la percepción de profesionales en el área de interés, junto a la utilización de una revisión bibliográfica.

### 3.2. Diseño de investigación

Para abordar los objetivos propuestos en el estudio sobre el desarrollo de viviendas bajo la modalidad VUIS en Costa Rica, integrando la implementación de un plan de ejecución BIM y prácticas LEAN, se propone un diseño de investigación mixto que incorpora elementos tanto cuantitativos como cualitativos. Este diseño permitirá no solo cuantificar los impactos de las metodologías y tecnologías aplicadas sino también comprender en profundidad los procesos, desafíos y percepciones asociadas a su implementación.

Diseño de Investigación

Fase Cuantitativa:

- Se comenzó con un análisis cuantitativo para planificar los posibles alcances del proyecto VUIS. Esto incluyó la recopilación de datos sobre requisitos, estimaciones y estudios técnicos necesarios para la construcción de viviendas bajo esta modalidad. Se utilizaron encuestas y análisis de documentos para obtener datos sobre costos, tiempos estimados de construcción y requisitos reglamentarios.
- Para evaluar la implementación de prácticas LEAN y el plan de ejecución BIM, se recogieron datos cuantitativos sobre productividad, desperdicio de materiales y desviaciones del cronograma antes y después de su implementación. Esto permitió medir el impacto directo de estas prácticas en la eficiencia de proyectos.

Fase Cualitativa:

- A través de entrevistas semiestructuradas con gestores de proyectos, arquitectos, ingenieros y trabajadores, se recogieron percepciones y experiencias detalladas sobre la implementación de

BIM y prácticas LEAN en los proyectos VUIS. Esto ayudó a entender los desafíos, las áreas de mejora y los conflictos identificados tempranamente gracias a estas metodologías.

- Se desarrollaron estudios de caso en proyectos específicos que hayan adoptado estas metodologías. Esto incluyó la observación en profundidad de cómo se planifican e implementan los proyectos VUIS, cómo se integran BIM y LEAN en las diferentes fases del proyecto y el efecto de estas prácticas en la satisfacción del cliente y la calidad del proyecto.

Aplicación del Diseño

Planificación de Alcances y Estudios Técnicos:

- Se aplicó un análisis documental y encuestas a expertos para recabar información cuantitativa inicial. Posteriormente, las entrevistas profundizaron en las decisiones, retos y consideraciones detrás de los datos numéricos.

Directrices para la Implementación de BIM:

- La fase cuantitativa identificó mediante cuestionarios específicos el grado de adopción y las mejoras percibidas con BIM. Las entrevistas y estudios de caso permitirán explorar cómo BIM facilita la identificación de conflictos y áreas de mejora, detallando las estrategias de implementación exitosas.

Implementación de Prácticas LEAN:

- Se midió cuantitativamente la optimización de la productividad y la reducción de desperdicios y tiempos de entrega. Cualitativamente, se indagará en las experiencias del equipo de proyecto sobre la adaptación a las prácticas LEAN, los beneficios percibidos y las recomendaciones para su implementación efectiva.

Este enfoque mixto, al combinar el análisis cuantitativo con la riqueza de los datos cualitativos, permitirá no solo validar las hipótesis y medir el impacto de las intervenciones

propuestas sino también entender la complejidad y los matices involucrados en la implementación de estas metodologías innovadoras en el contexto de los proyectos VUIS en Costa Rica. La integración de estos métodos proporcionará una comprensión holística y detallada que será fundamental para el éxito y la replicabilidad de estas prácticas en otros proyectos y contextos.

### 3.3. Población, muestra.

En investigación, la población se refiere al conjunto total de individuos, eventos o elementos que poseen las características específicas que el investigador está estudiando. Por otro lado, la muestra es un subconjunto de la población seleccionada para participar en el estudio, a través del cual se busca inferir conclusiones acerca de la población completa.

La selección de una muestra representativa es importante para asegurar que los resultados del estudio sean generalizables a la población total. Los criterios de selección definen las características que deben cumplir los individuos o elementos para ser incluidos en la muestra, mientras que las formas de selección se refieren a las metodologías utilizadas para elegir a los participantes, como el muestreo aleatorio, el muestreo estratificado, el muestreo por cuotas, entre otros.

**Muestras Representativas y Criterios de Selección por Objetivo**

**Objetivo específico 1:** Analizar los alcances del modelo VUIS en Costa Rica, asegurando su viabilidad técnica, normativa y ambiental en cumplimiento con las regulaciones del INVU, BANHVI, CFIA, SETENA y municipalidades. Se alineará con los objetivos del ODS 11 para contribuir a la reducción del déficit habitacional y mejorar la planificación, facilitando la tramitación y ejecución de los proyectos VUIS en el marco regulatorio costarricense.

- **Población**: Profesionales en el campo de la construcción, ingeniería civil, arquitectura y planificación urbana que estén involucrados en el desarrollo de proyectos VUIS en Costa Rica.
- **Muestra**: Selección de 25 profesionales con experiencia en proyectos VUIS, empleando un muestreo por conveniencia debido a la especificidad del campo. Los criterios de selección incluyen tener al menos 2 años de experiencia en proyectos de vivienda VUIS y estar activamente involucrado en la planificación o ejecución de dichos proyectos.

**Objetivo específico 2:** Diseñar una estrategia de planificación efectiva mediante una hoja de ruta basada en PMBOK y Lean Construction, optimizando la gestión del alcance, cronograma, costos, riesgos y calidad en proyectos VUIS. Esta estrategia estructurará procesos para minimizar incertidumbre, mejorar la previsibilidad y fortalecer la toma de decisiones, asegurando una ejecución ágil y adaptada a los desafíos financieros y operativos del modelo.

- **Población**: Equipos de proyectos que hayan aplicado prácticas LEAN en la construcción de viviendas bajo la modalidad VUIS.
- **Muestra**: Selección de 4 proyectos representativos de diversas regiones de Costa Rica y diferentes escalas, aplicando un muestreo por cuotas para incluir proyectos pequeños, medianos y grandes, así como aquellos en diferentes etapas de implementación de prácticas LEAN. Los criterios de selección incluyen haber aplicado prácticas LEAN en al menos un proyecto en los últimos 3 años y contar con registros detallados de las fases de ejecución.

**Tabla 5: Proyectos representativos con aplicación de LEAN**

| | |
|---|---|
| 1 | Aplicación de la filosofía “Lean” al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A. |
| 2 | Implementación de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System (LPS) para proyectos modulares y sostenibles en la constructora TEC HOGAR |
| 3 | Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI. |
| 4 | Estrategia de planeamiento y construcción "Lean" para edificios de concreto reforzado construidos utilizando formaletas para colado monolítico |

*Fuente: Yafet Valverde Escobar (2024).*

**Objetivo específico 3:** Definir un plan de ejecución BIM alineado con la ISO 19650, integrando monitoreo en tiempo real, automatización y análisis predictivo para mejorar la trazabilidad y optimizar la toma de decisiones en todas las fases del proyecto VUIS. Este plan fortalecerá la coordinación entre profesionales, reduciendo errores, optimizando recursos y promoviendo la sostenibilidad y la transformación digital en el sector AIC

- **Población**: Empresas constructoras y de diseño arquitectónico en Costa Rica que han implementado o están en proceso de implementar BIM en sus proyectos.
- **Muestra**: Selección de aproximadamente 5 empresas de diferentes tamaños que representan una variedad en el grado de adopción de BIM, empleando muestreo estratificado para clasificar las empresas por tamaño y nivel de experiencia con BIM. Los

criterios de selección incluyen haber iniciado la implementación de BIM en los últimos 5 años y estar dispuestas a compartir experiencias y datos operativos.

**Tabla 6: Muestra de empresas con adopción BIM**

| | |
|---|---|
| 1 | Hman Constructora |
| 2 | Natural Home |
| 3 | Constructora Empresa COBACI |
| 4 | Garnier & Garnier Desarrollos Inmobiliarios |
| 5 | Ecosak |

*Fuente: Yafet Valverde Escobar (2024).*

### 3.3.1. Formas de Selección

- Para el primer y segundo objetivo, dado que se buscó recoger percepciones y experiencias detalladas, el muestreo por conveniencia y por cuotas son apropiados para asegurar la representatividad de diferentes perspectivas y niveles de experiencia.
- Para el tercer objetivo, el muestreo estratificado permite asegurar que la muestra refleje la diversidad dentro de la población de empresas constructoras, considerando diferentes niveles de adopción de BIM.

La combinación de estas estrategias de muestreo y criterios de selección específicos tiene por objetivo asegurar que la investigación pueda abordar de manera efectiva las distintas dimensiones del estudio, permitiendo inferencias válidas y relevantes para la población de interés en el contexto de proyectos VUIS en Costa Rica.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para alcanzar los objetivos del estudio relacionados con la planificación de proyectos VUIS en Costa Rica, la implementación de un plan de ejecución BIM y la adopción de prácticas LEAN, se utilizarán diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos diseñados para abordar tanto la dimensión cuantitativa como cualitativa de la investigación:

1. Revisión Bibliográfica

Objetivo: Recabar información sobre los requisitos, restricciones y técnicas de planificación para proyectos VUIS.

- Fuentes de Datos: Se hizo una revisión exhaustiva en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, y bases de datos del estado, además de fuentes especializadas y literatura gris, incluyendo informes técnicos, normativas nacionales e internacionales, y directrices de organismos profesionales relevantes.

- Procedimiento: se utilizaron palabras clave relacionadas con proyectos VUIS, metodologías BIM, prácticas LEAN, filtrando por estudios recientes o fundamentales para el campo de estudio. Se sistematizó la información obtenida para identificar patrones, tendencias, y vacíos de conocimiento.

2. Entrevistas a Expertos

Objetivo: Profundizar en el conocimiento práctico y las percepciones sobre la implementación de metodologías BIM.

- Población Objetivo: Ingenieros estructurales, arquitectos y profesionales con experiencia significativa en implementación de BIM.

- Instrumento: Guía de entrevista semiestructurada con preguntas abiertas diseñadas para explorar en profundidad las experiencias, percepciones, y consejos de los profesionales sobre las técnicas y metodologías aplicadas.

- Método de Aplicación: Las entrevistas se realizaron en formato virtual, para facilitar su análisis posterior.

3. Cuestionarios a Profesionales

Objetivo: Cuantificar la experiencia, resultados y desafíos enfrentados por profesionales en la aplicación de prácticas LEAN.

- Población Objetivo: Profesionales del campo de la ingeniería civil, construcción y diseño que hayan participado en proyectos de construcción aplicando prácticas LEAN.

- Instrumento: Cuestionario estructurado con preguntas cerradas y escalas Likert que consiste en una serie de afirmaciones o ítems ante las cuales los encuestados expresan su nivel de acuerdo o desacuerdo para evaluar la frecuencia, importancia y satisfacción con respecto a las prácticas y técnicas mencionadas.

- Método de Aplicación: Distribución de cuestionarios mediante Google Form, para facilitar el acceso y la participación de una amplia gama de profesionales.

4. Estudio de Casos

Objetivo: Analizar en detalle la implementación y efectos de prácticas LEAN.

- Selección de Casos: Proyectos de construcción adoptado metodologías BIM y prácticas LEAN.

- Instrumento: Guía de análisis de caso estructurada que permita recopilar datos específicos sobre la planificación, ejecución, desafíos y resultados de los proyectos.

- Método de Aplicación: entrevistas con el equipo de proyecto, y análisis de documentación del proyecto (planos, informes de progreso, evaluaciones post construcción).

Estas técnicas e instrumentos de recolección de datos proporcionaron una base sólida para explorar las dimensiones cuantitativas y cualitativas de la investigación, permitiendo una comprensión integral de la implementación de proyectos VUIS, BIM y prácticas LEAN en el contexto de la construcción en Costa Rica. La combinación de estos métodos asegurará la recopilación de datos ricos y variados, fundamentales para el análisis y la formulación de conclusiones del estudio.

### 3.5. Técnicas de análisis

Para analizar los datos recolectados a través de los diferentes instrumentos empleados en el estudio sobre proyectos VUIS, la implementación de BIM y prácticas LEAN, se describen a continuación las técnicas de análisis de datos adecuadas para cada uno:

1. Revisión Bibliográfica

Técnica de Análisis:

- Análisis de Contenido: Esta técnica permite cuantificar y analizar la presencia de ciertas palabras, temas o conceptos dentro de los textos seleccionados. Se categorizó la información según temas relevantes como requisitos de proyectos VUIS, implementación de BIM, prácticas LEAN. Se utilizó la codificación abierta para organizar y extraer patrones o tendencias en los datos.

2. Entrevistas a Expertos

Técnica de Análisis:

- Análisis Temático: Implica la identificación, análisis y reporte de patrones (temas) dentro de los datos. Se transcribieron las entrevistas y se procedió a la codificación inicial para identificar declaraciones significativas. A través de un proceso iterativo, se agruparon las codificaciones en temas más amplios que reflejen las percepciones y experiencias de los participantes sobre la implementación de BIM y técnicas de fortificación sísmica.

3. Cuestionarios a Profesionales

Técnica de Análisis:

- Estadística Descriptiva y Analítica: Para los datos cuantitativos recolectados mediante cuestionarios, se emplearon técnicas estadísticas descriptivas (frecuencias) para resumir las características principales de los datos.

4. Estudio de Casos

Técnica de Análisis:

- Comparación Constante y Análisis Cruzado: Para los estudios de caso, se utilizó el método de comparación constante para identificar similitudes y diferencias en la implementación y efectos de prácticas LEAN y técnicas de rehabilitación estructural entre diferentes proyectos. Esto involucró la triangulación de datos de entrevistas, observaciones y documentación del proyecto. El análisis cruzado permitirá identificar patrones comunes y lecciones aprendidas.

Integración de Datos

Para el enfoque mixto de investigación, donde se combinan datos cuantitativos y cualitativos, es esencial integrar los hallazgos para una comprensión holística del tema. Esta integración puede ocurrir en la fase de interpretación de datos, donde los resultados del análisis cuantitativo pueden ser explicados o complementados por los hallazgos cualitativos. La discusión integrada ayudará a validar los resultados a través de múltiples fuentes de datos y proporcionará una comprensión más rica y detallada de la implementación de metodologías y técnicas en el contexto de proyectos VUIS en Costa Rica.

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El capítulo 4 de la investigación se centra en la presentación y análisis de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos. Este capítulo es crucial, ya que proporciona una visión comprensiva de cómo la implementación de proyectos VUIS, la adopción de la metodología BIM y las prácticas LEAN influyen en el desarrollo habitacional en Costa Rica, especialmente en términos de productividad, minimización de desperdicios, eficiencia en tiempos de entrega y satisfacción del cliente.

El análisis comienza con una revisión bibliográfica exhaustiva que establece el contexto y los antecedentes necesarios para entender la relevancia y el impacto de las metodologías y técnicas aplicadas en el campo de la construcción. Esta revisión proporciona una base sólida para interpretar los datos cuantitativos y cualitativos recabados a través de entrevistas a expertos, cuestionarios a profesionales y estudios de caso detallados.

A continuación, se presentan los hallazgos cuantitativos derivados de los cuestionarios distribuidos mediante Google Form, para facilitar el acceso y la participación de una amplia gama de profesionales, ofreciendo una evaluación objetiva del desempeño y efectividad de las prácticas LEAN y la metodología BIM en la mejora de la gestión de proyectos VUIS. Los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales permiten identificar patrones, tendencias y correlaciones significativas entre diversas variables de estudio, tales como el índice de productividad laboral, el costo por unidad de construcción, el porcentaje de material desperdiciado, la desviación del cronograma, entre otros.

Paralelamente, los resultados cualitativos obtenidos de las entrevistas y los estudios de caso ilustran las experiencias, percepciones y desafíos enfrentados por los profesionales en la implementación de estas metodologías. El análisis temático de las entrevistas revela perspectivas

valiosas sobre las estrategias efectivas, las áreas de mejora y las recomendaciones prácticas para optimizar la ejecución de proyectos de construcción bajo la modalidad VUIS en el contexto costarricense.

Este capítulo también explora la integración de los hallazgos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una visión holística y multidimensional de la investigación. La discusión integrada ayuda a comprender la complejidad de los factores que influyen en el éxito de los proyectos VUIS y destaca la importancia de adoptar un enfoque coordinado y sistémico para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Finalmente, se reflexiona sobre las implicaciones prácticas de los resultados para los involucrados, incluyendo recomendaciones específicas dirigidas a profesionales de la construcción, empresas, reguladores y responsables de políticas públicas. Este capítulo concluye con una evaluación crítica de las limitaciones del estudio y propuestas para futuras investigaciones, señalando el camino hacia la adopción más amplia de prácticas innovadoras en la construcción de viviendas en Costa Rica.

### 4.1. Resultados primer objetivo

El análisis del Modelo de Vivienda de Interés Social (VIS) en Costa Rica ha demostrado que, aunque ha sido una herramienta esencial en la reducción del déficit habitacional de más de 148,553 viviendas, presenta importantes limitaciones en términos de ubicación, financiamiento, regulación y sostenibilidad urbana. Entre sus principales desafíos se encuentra la disminución en la entrega de bonos de vivienda en un 36% entre 2021 y 2023, lo que ha afectado a más de 7,000 familias (Semanario Universidad, 2023). Además, la mayoría de los proyectos VIS han sido construidos en terrenos alejados de los centros urbanos y solo el 20% se han asignado a la región central, lo que ha generado segregación socioespacial, altos costos de transporte y dificultades en

el acceso a empleo y servicios esenciales, reduciendo su impacto positivo en la calidad de vida de los beneficiarios.

La Vivienda de Interés Social (VIS) es un programa gubernamental diseñado para facilitar el acceso a una vivienda digna a sectores vulnerables de la sociedad, mediante subsidios, financiamiento o programas especiales. Su propósito es garantizar condiciones de habitabilidad, seguridad y sostenibilidad, con un tamaño y costo limitados regulados por el gobierno. A lo largo de los años, han surgido diversas modalidades dentro del programa VIS, adaptadas a diferentes contextos y necesidades. Entre ellas se destacan la Vivienda de Interés Prioritario (VIP), dirigida a familias de ingresos muy bajos; la VIS para compra de vivienda nueva, en la que el gobierno financia la adquisición de una unidad habitacional; y la VIS para mejora de vivienda, que otorga recursos para la rehabilitación y adecuación de casas existentes. Otras variantes incluyen la autoconstrucción asistida, el arrendamiento con opción a compra, y los desarrollos multifamiliares o colectivos, que permiten optimizar el uso del suelo en zonas urbanas densamente pobladas.

En respuesta a las limitaciones del modelo VIS tradicional, se ha desarrollado la modalidad VIS 3/4x1, que promueve edificaciones de tres a cuatro niveles en un mismo lote para optimizar el uso del suelo y fomentar la densificación urbana. Esta estrategia busca maximizar la eficiencia del espacio, especialmente en zonas urbanas donde el costo del suelo es elevado. No obstante, enfrenta barreras normativas y financieras, tales como la falta de alineación con la Ley Reguladora de Condominios, restricciones sobre alineamientos viales, y la ausencia de mecanismos de financiamiento adecuados, lo que ha limitado su implementación a gran escala.

Ante estos desafíos, se ha identificado el Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) como una solución integral que no solo optimiza el espacio urbano, sino que también incorpora criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y accesibilidad, garantizando

una planificación más equitativa y eficiente. A través del análisis territorial, se han definido zonas estratégicas para su implementación, priorizando áreas con infraestructura consolidada, acceso a servicios básicos y transporte público, y compatibilidad con los planes reguladores municipales. Para garantizar la viabilidad de estos proyectos, se establecieron criterios como la disponibilidad de alcantarillado sanitario, la posibilidad de desarrollar viviendas en altura y la integración con normativas de uso mixto.

Además, se han desarrollado lineamientos técnicos y planos tipo que permiten estandarizar las soluciones habitacionales, asegurando que cumplan con criterios de sostenibilidad, accesibilidad y eficiencia espacial. Estos lineamientos facilitarán la adaptación de los proyectos a los requerimientos del INVU y BANHVI, promoviendo una ejecución más ágil y reduciendo los tiempos de aprobación. También se identificó la necesidad de desarrollar un anteproyecto sólido y una planificación financiera rigurosa, que permitan prever costos de construcción, trámites administrativos y gastos legales, asegurando la viabilidad económica dentro del marco de subsidios del BANHVI.

Desde el punto de vista normativo, persisten trabas burocráticas y fragmentación regulatoria que dificultan la implementación del modelo VUIS. A pesar de avances en digitalización mediante plataformas como APC-Requisitos del CFIA, aún se requieren reformas para agilizar permisos municipales, flexibilizar normativas y adaptar regulaciones de propiedad horizontal, lo que permitiría una ejecución más eficiente y una mayor escalabilidad del modelo.

#### *4.1.1. Pasos clave para el desarrollo de Modelos (VUIS)*

Los puntos críticos mencionados en el flujo para formular, financiar y ejecutar un proyecto de Vivienda de Interés Social (VUIS) según las recomendaciones del CFIA. Son identificados como

hitos o entregables dentro del ciclo de vida del proyecto, estos pasos son clave para ejecución de un proyecto VUIS:

1. Búsqueda de casa o lote: Identificación y selección del sitio del proyecto. Relacionado con la fase de Iniciación del Proyecto y la Gestión del Alcance.
2. Breve análisis de prefactibilidad técnica y económica: Evaluación de la viabilidad del proyecto. Esto cae bajo la Gestión de la Integración y puede ser parte del Desarrollo del Acta de Constitución del Proyecto.
3. Financiamiento de Corto Plazo: Planificación del financiamiento del proyecto. Relacionado con la Gestión de los Recursos y la Gestión de los Costos.
4. Adquisición o opción de compra de la vivienda: Gestión de las adquisiciones del proyecto. Esto se relaciona directamente con la Gestión de las Adquisiciones y la Gestión de los Interesados.
5. Diseño: Desarrollo del diseño del proyecto. Enmarcado dentro de la Gestión del Alcance y la Gestión de la Calidad.
6. Presentación del proyecto a la Entidad Autorizada: Presentación y aprobación del proyecto. Relacionado con la Gestión de los Interesados y la Gestión de la Integración.
7. Declaratoria de Interés Social: Obtener las aprobaciones regulatorias. Esto involucra la Gestión de la Calidad y la Gestión de los Interesados.
8. Tramitología APC (instituciones y municipalidades): Gestión de permisos y licencias. Se refiere a la Gestión de los Riesgos y la Gestión de las Comunicaciones.
9. Selección y calificación de familias: Gestión de los interesados y selección de beneficiarios. Enmarcado dentro de la Gestión de los Interesados.
10. Construcción: Ejecución del proyecto. Relacionado con la Gestión del Cronograma, la Gestión de los Costos, la Gestión de la Calidad y la Gestión de los Recursos.

11. Financiamiento Largo Plazo Bono + Crédito familias: Gestión del financiamiento y pagos del proyecto. Esto cae bajo la Gestión de los Costos y la Gestión de los Interesados.

12. Entrega de viviendas y pago al Desarrollador: Cierre del proyecto. Relacionado con la Gestión del Cierre del Proyecto y la Gestión de las Comunicaciones.

Cada uno de estos puntos puede ser visto como un hito crítico dentro del ciclo de vida del proyecto, donde se deben cumplir entregables específicos que aseguran el avance exitoso del proyecto hacia su finalización.

**Figura 12: Paso a Paso cómo formular, financiar y ejecutar un VUIS**




*Fuente: MIVAH (2021).*

### *4.1.2 Identificación de requisitos del Modelo (VUIS)*

El desarrollo del Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) nace de la colaboración entre entidades públicas y privadas, que desempeñan roles clave en la planificación, financiamiento y ejecución de los proyectos. En la siguiente tabla se mencionan los principales actores estratégicos y sus roles:

**Tabla 7: Actores estratégicos del modelo VUIS y sus roles**

| Actor estratégico | Rol |
|---|---|
| BANHVI | • Financiamiento de viviendas en tipología multiplex en distritos y cantones prioritarios en el marco del SFNV. |
| | • Priorización para los proyectos habitacionales de la modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible con características de pequeña huella. |
| CFIA | • Coordinación e implementación del Programa de coaching empresarial |
| | • Facilitación de planos tipo para proyectos del modelo |
| Entidades Bancarias del SFN | • Financiamiento para la adquisición de viviendas modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible |
| | • Financiamiento para el desarrollo de proyectos modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible |
| Entidades Autorizadas del SFNV | • Implementación del Programa de vivienda multiplex urbana en modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible del SFNV |
| INVU | • Identificación de zonas y terrenos con potencial |
| | • Desarrollo de vivienda en modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible |
| | • Financiamiento de adquisición de vivienda múltiple 4x1 mediante el Sistema de Ahorro y Préstamo. |
| MIVAH | • Identificación de distritos y cantones prioritarios para la implementación del modelo prioridades de atención |
| | •Incorporación de información geoespacial sobre zonas y terrenos con potencial en el Visor del Modelo |
| | • Fortalecimiento y promoción del modelo de vivienda de modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible, entre los distintos actores. |
| Gobiernos Locales Municipalidades | • Identificación de distritos y cantones prioritarios para la implementación del modelo prioridades de atención |
| | • Incorporación de información geoespacial sobre zonas y terrenos con potencial en el Visor del Modelo |
| | • Fortalecimiento y promoción del modelo de vivienda de modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible, entre los distintos actores. |
| Sector privado | • Conceptualización, tramitación y construcción de proyectos inmobiliarios según la modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible. |

*fuente: Ministerio de Vivienda y Asentamiento Humano (2021)*

Luego de revisar la documentación disponible, se obtuvo que para el desarrollo de proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS), específicamente para la modalidad VIS 3/4x1, basada en experiencias previas y colaboraciones con las entidades regulatorias claves mencionadas en la tabla anterior, los requisitos y pasos principales para desarrollar un proyecto VUIS se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Criterios de Selección de Lote o Casa (para Demoler)

- Servicio de alcantarillado de aguas residuales disponible.

- Ubicación en un sector que permita condominios verticales de al menos 3 niveles.

- Preferencia por lotes que no estén frente a rutas nacionales.

- Verificación de la vigencia y actualización del plano catastral.

- Conocimiento y regularidad de las colindancias.

- Presencia de frente a calle pública (y no a servidumbre de paso).

- Obtención de documentación clave del propietario.

2. Anteproyecto y Estimación Financiera

- Necesidad de un anteproyecto preliminar para la decisión de compra y factibilidad ante el BANHVI dependiendo de la modalidad 3x1, 4x1, 6x1, si es uso mixto o solo residencial, etc.

- Consulta previa al BANHVI sobre criterios de valoración. (actualmente se han aprobado proyectos entre los 30 y 33 millones de colones).

- Ejercicio financiero incluyendo costos de lote, diseño, construcción, costos legales, financieros y ganancia deseada.

3. Adquisición o Compra de Lote

- Exploración de opciones de compra o fideicomiso.

- Preguntarse ¿Desarrollador siempre debe de comprar d¿el lote?

- Consideración de la posibilidad de que el vendedor del lote sea un beneficiario.

4. Diseño y Presupuesto

-Normativa, Reglamento de construcción, Ley reguladora de condominios,

Directriz 27, Plan Regulador.

-Respetar retiros

-Procurar mantenerse en 3 pisos

-Contemplar los % en áreas comunes

-Colocar basurero

-No colocar caseta de seguridad

-Respetar medidas de patios de luz

-Respetar retiros por alineamientos viales

-Cantidad de estacionamientos por ser interés social

-Estacionamiento compartimentado si está al frente

-Sistema de bombeo de agua potable para 3 niveles o más

-Centro de medidores

-Escaleras compartimentadas o totalmente externas

-Distancias 10.7m de distancia de la puerta del apartamento a la puerta del medio de egreso

- (según excepción del Bomberos que indica que es para 3 niveles máximo y 4 apartamentos máximos por piso),

-Pasillos y aceras internas deben de ser de 1.20m de ancho.

-Cumplimiento de ley 7600 para personas con discapacidad en caso de que se tenga alguna vivienda para persona con discapacidad.

-Cielos con resistencia al fuego 2 horas.

5. Trámites Previos

-El diseñador debe tener claro los trámites previos que requerirá su proyecto.

-Tomar en cuenta que algunos trámites tienen plazos de vencimiento.

-CFIA ha estado construyendo una Plataforma para Trámites previos “APCRequisitos”.

- Actualmente:

- Alineamiento de carretera nacional Alineamiento de zona de protección de nacientes

- Alineamiento de causes de dominio público, lagunas
- Alineamiento de causes de dominio público, ríos, quebradas, etc.
- Uso de suelo
- Alineamiento respecto a líneas de alta tensión
- Alineamiento de ferrocarril
- Alineamiento de poliducto

6. APC CFIA

-CFIA se compromete a tasar y pasar a instituciones en máximo 24 horas

-Actualmente, en APC, si es ingresado como “condominio” (aunque sean 2 o 3 unidades, va a Bomberos) Se está analizando opciones de mejorar esto.

7. BOMBEROS

-Cuando se proponen 4 niveles, Bomberos pide segundo medio de egreso. Por eso, es deseable mantenerse en 3 niveles.

-Cuando hay mezcla de usos, ejemplo: Comercial en 1er nivel, la revisión es más estricta.

-Compartimentar (tanto medio de egreso como estacionamientos).

-Compartimentar escalera. Debe quedar separada con barrera con retardo 2 horas al fuego, respecto a ventanas de las unidades y también respecto a propiedades colindantes

-Medio de egreso, cantidad será según distancia de recorridos.

-Entrepiso y tipo de cielos con existencia a dos horas al fuego.

-Paredes con retardo de dos horas al fuego en pasillos de los ductos verticales y horizontales.

-Rotulación de los recorridos y de las salidas de emergencia.

-Colocación de extintores y detectores de humo (base audible y conectados al tablero eléctrico en un circuito independiente).

-Definir rutas de evacuación, en planos.

-Colocación de luces de emergencia en las rutas de evacuación.

8. AyA

-Tener una planta mecánica donde se vean todos los sistemas juntos tanto potable como sanitaria.

-Colocar el sifón de salida para las aguas negras con sus respectivos detalles en planos constructivos.

-Definir los ductos de los sistemas mecánicos tanto vertical como horizontal.

-Cuando el condominio incluya locales comerciales en el primer nivel, deben solicitar dos medidores (desde los planos), uno para el área comercial y otro para el área residencial

9. Salud

-Asegurar que la puerta de egreso de al exterior. Y su apertura sea según la dirección de la salida de emergencia

10. INVU

-Patios de luz (cumplir con normativa).

-Ingreso vehicular (Norma INVU vs. Norma Municipal).

-Áreas las miden a ejes.

-Mínimos: Dormitorio principal 9m2, secundario 7.5m2 (hay 3 normas diferentes, mejor aplicar norma INVU).

-Incluir depósito de basura.

-Tabla de áreas según la tipología de condominio.

-Plantas de conjunto bien acotadas y especificadas según las Áreas condominales (FF, ACL, ACC, APC.APC y ACL asignada a FF).

-Indicar nombre completo del Condominio: tipo, uso y nombre según corresponda.

- Identificar todas las áreas del condominio según tipo y uso.

10. INVU

-Acotar el retiro posterior de edificación en los puntos más críticos/cercanos.

-Acotar pasillos, todas las puertas, escaleras y detalles.

-Indicar en diseño de sitio colindantes y coordenadas.

-Alineamiento desde línea de centro de calle.

-Acotar calzada.

-Zona verde, cuando aplique, cumplir con áreas y dimensiones mínimas.

-Indicar zona de construcción y según corresponda.

-Indicar alineamientos.

-Indicar cada FF con # respectivo.

-Cumplir con anchos y áreas mínimas.

11. Municipalidad

-Cumplimiento de zonificación y Uso del suelo permitido.

-Cumplimiento con regulación de altura, cobertura, densidad (en algunos casos Coeficiente de Aprovechamiento de Suelo - CAS)

-Cumplimientos retiros.

-Patios de luz.

-Ingreso vehicular (Norma INVU vs. Norma Municipal).

-Áreas a ejes, dormitorio principal 9m2, secundario 7.5m2 (hay 3 normas diferentes, mejor aplicar norma INVU).

-Al existir acera construida tomar en cuenta que la Municipalidad no permite su rotura y para el ingreso vehicular se debe de colocar una parrilla desde la calzada a la acera.

12. Entidad financiera autorizada de SFNV

Al constituir el condominio, considerar que:

-El desarrollador corre con el costo de constitución y lo carga al presupuesto que pasa al BANHVI.

-El desarrollador tiene el rol de primer administrador del condominio y posteriormente lo delega una vez que se haga la primera asamblea.

-Las cuotas condominales las define la asamblea.

-Por su tamaño, este condominio no requiere caseta ni guarda.

-Recordar que como parte de la constitución del condominio se define ahí mismo el reglamento, la administración de los gastos comunes.

-Recordar que al ser condominio se generan fincas filiales que se tramitarán en el BANHVI.

-En caso de que exista una finca filial comercial, el BANHVI no la considerará y el dueño podrá venderla al mercado.

13. BANHVI

Al diseñar el proyecto, desde el inicio, tomar en cuenta:

-Cumplir con los aspectos que señala la Directriz 27 del MIVAH. Observar aspectos que se piden en esta Directriz, exclusivamente para Vivienda de Interés Social y que no se ubican en otra normativa.

-Si el proyecto es menos de 5 unidades, es revisado con una metodología simplificada en el BANHVI. Se está analizando cómo mejorar esto a 5 unidades

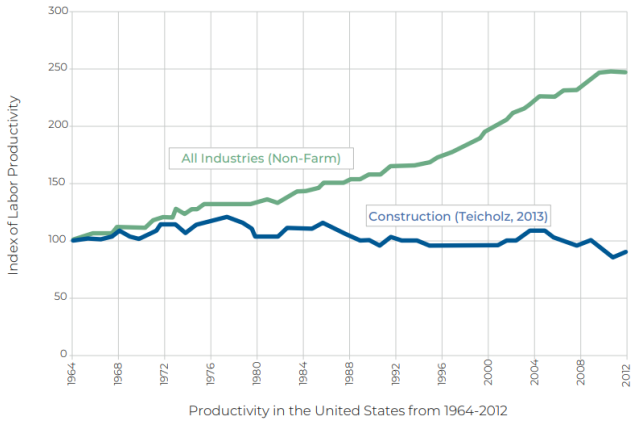
14. Conceptualización Social del Proyecto

- Involucramiento de las futuras familias residentes desde el inicio, asegurando que comprendan el reglamento condominal y la administración de áreas comunes.

### 4.2.Resultados segundo objetivo

El sector de la construcción se ha mantenido rezagado en términos de productividad en comparación con otras industrias como la manufactura y la automotriz, donde la estandarización de procesos y la digitalización han optimizado significativamente la eficiencia operativa. Mientras que en la industria manufacturera la producción ha mejorado su productividad en más del 200% en las últimas décadas, la construcción ha registrado avances mínimos, manteniendo una alta incidencia de sobrecostos, retrasos y desperdicio de materiales (McKinsey Global Institute, 2021).

**Figura 13: Productividad en Estados Unidos 1964-2012**




*Fuente: Paul Teicholz, Paul Goodrum y Carl Haas Time (2012).*

Datos recopilados del Informe de desempeño de la industria del Reino Unido en 2017, evidencian que en la fase de diseño solo entre el 48% y el 69% de los proyectos se entregaron dentro del plazo estipulado. En la fase de construcción, las cifras son aún más preocupantes, con variaciones entre un mínimo del 42% y un máximo del 67% en los mejores años. Estos datos reflejan una falta de sincronización y control en las distintas etapas del proyecto, lo que resulta en desviaciones del cronograma y costos adicionales.

**Figura 14: Proyectos emtregados a tiempo o antes en la fase de diseño en U.K.**




*Fuente: Predictability Time (2017).*

**Figura 15: Proyectos entregados a tiempo o antes en la fase de construcción en U.K.**




*Fuente: Predictability Time (2017).*

En Costa Rica, los desafíos en la planificación y ejecución de proyectos de vivienda social son evidentes en programas como el PROVIDHAS-CR, respaldado por el Banco

Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Según la evaluación de la Oficina de Evaluación (ODE, 2017), de las 1,764 viviendas nuevas proyectadas, solo 545 fueron construidas en la primera fase, lo que pone en evidencia deficiencias en la gestión y financiamiento de soluciones habitacionales sostenibles. La falta de estrategias claras para la planificación de estos proyectos impide una ejecución eficiente y afecta la reducción del déficit habitacional.

Un factor clave que contribuye a estas deficiencias es la ausencia de una cultura de gestión basada en metodologías modernas como Lean Construction, Building Information Modeling (BIM) y el estándar PMBOK. La falta de adopción de estas herramientas en el sector de la construcción ha limitado la optimización de procesos, generando ineficiencias operativas y poca capacidad de respuesta ante imprevistos en obra.

Para evaluar el nivel de implementación de estas metodologías en Costa Rica, esta investigación recopilo datos sobre productividad, eficiencia operativa y reducción de costos mediante la distribución de cuestionarios en Google form sobre la implementación de Lean y BIM, además de realizar entrevistas a expertos en gestión de proyectos. Los resultados confirmaron que, aunque existe un alto interés en la adopción de estas metodologías, su implementación sigue enfrentando barreras estructurales, tales como falta de capacitación, infraestructura tecnológica insuficiente y resistencia al cambio organizacional.

A partir de estos hallazgos, se formuló una guía metodológica para la integración de Lean Construction, BIM y PMBOK en proyectos VUIS. Esta hoja de ruta establece una estructura clara para su implementación en el sector público y privado, asegurando que la planificación y ejecución de proyectos de vivienda social se realice de manera eficiente, sostenible y replicable a nivel nacional. La adopción de estas metodologías permitirá modernizar el sector construcción en Costa Rica, optimizando el uso de recursos y contribuyendo significativamente a la reducción del déficit

habitacional. Esto posicionará a los proyectos VUIS como una solución viable y alineada con estándares internacionales, garantizando un desarrollo urbano eficiente y equitativo en el país.

### *4.2.1. Estudio de casos sobre la efectividad de las metodologías*

La implementación de metodologías específicas como Building Information Modeling (BIM), Integrated Project Delivery (IPD) y Last Planner System (LPS) ha demostrado ser efectiva en proyectos habitacionales de interés social, contribuyendo al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, que busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. A continuación, se presentan casos destacados de proyectos habitacionales de bien social que han adoptado estas metodologías, junto con su impacto cuantificable:

1. **Mejora de la rentabilidad en proyectos de vivienda social en la zona sur de Lima – Ortiz, J. B. (2019)**

**Ubicación:** Lima, PerúMetodologías Implementadas: BIM y LPSDescripción del Proyecto:Este proyecto consistió en la construcción de un conjunto habitacional de interés social en Lima, aplicando BIM para el diseño y LPS para la planificación y control de la obra. Con el objetivo de mejorar la eficiencia en la construcción, se implementó un modelo BIM que permitió detectar interferencias en las fases iniciales del proyecto, reduciendo los retrabajos en obra. La metodología LPS se utilizó para la gestión de actividades, mejorando la planificación de los procesos constructivos y asegurando un uso óptimo de los recursos.

**Impacto Cuantificable:**

Reducción de Costos: La integración de BIM y LPS permitió una disminución del 15% en los costos de construcción, al optimizar los procesos y minimizar retrabajos.

Mejora en la Productividad: Se logró un incremento del 20% en la productividad de la mano de obra, gracias a una planificación más eficiente y a la detección temprana de interferencias.

**2. Implementación de métodos de BIM 5D y Last Planner System en Bogotá – González, J. P., & Rodríguez, M. L. (2020)**

**Ubicación:** Bogotá, ColombiaMetodologías Implementadas: BIM 5D y LPSDescripción del Proyecto:Se llevó a cabo la construcción de un edificio residencial de interés social en Bogotá, implementando BIM 5D para la gestión de costos y LPS para la programación y control de actividades. Con un enfoque en la eficiencia presupuestaria, la modelación BIM 5D permitió una estimación de costos precisa desde la fase de diseño, reduciendo incertidumbres financieras. Paralelamente, LPS facilitó la coordinación de actividades entre contratistas y proveedores, reduciendo retrasos y sobrecostos.

**Impacto Cuantificable:**

Reducción de Costos: La aplicación de BIM 5D y LPS resultó en una disminución del 15% en los costos de construcción, al mejorar la precisión en las estimaciones y optimizar la secuencia de actividades.

Cumplimiento de Plazos: Se alcanzó una adherencia del 90% al cronograma establecido, reduciendo retrasos y mejorando la eficiencia en la ejecución.

**3. Implementación de BIM en proyectos de construcción en Buenos Aires – Martínez, F., & López, G. (2015)**

**Ubicación:** Buenos Aires, ArgentinaMetodologías Implementadas: BIM e IPDDescripción del Proyecto:Este proyecto consistió en la construcción de un complejo de viviendas multifamiliares en Buenos Aires, adoptando BIM para el diseño colaborativo e IPD para la integración de todos los actores desde las etapas tempranas del proyecto. La estrategia IPD

permitió la colaboración temprana entre diseñadores, ingenieros y constructores, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo riesgos. Con el uso de BIM, se crearon modelos detallados para mejorar la coordinación de disciplinas y minimizar errores en la construcción.

**Impacto Cuantificable:**

Reducción de Retrabajos: La colaboración temprana y el uso de modelos BIM permitieron identificar y resolver conflictos antes de la construcción, reduciendo los retrabajos en un 30%.

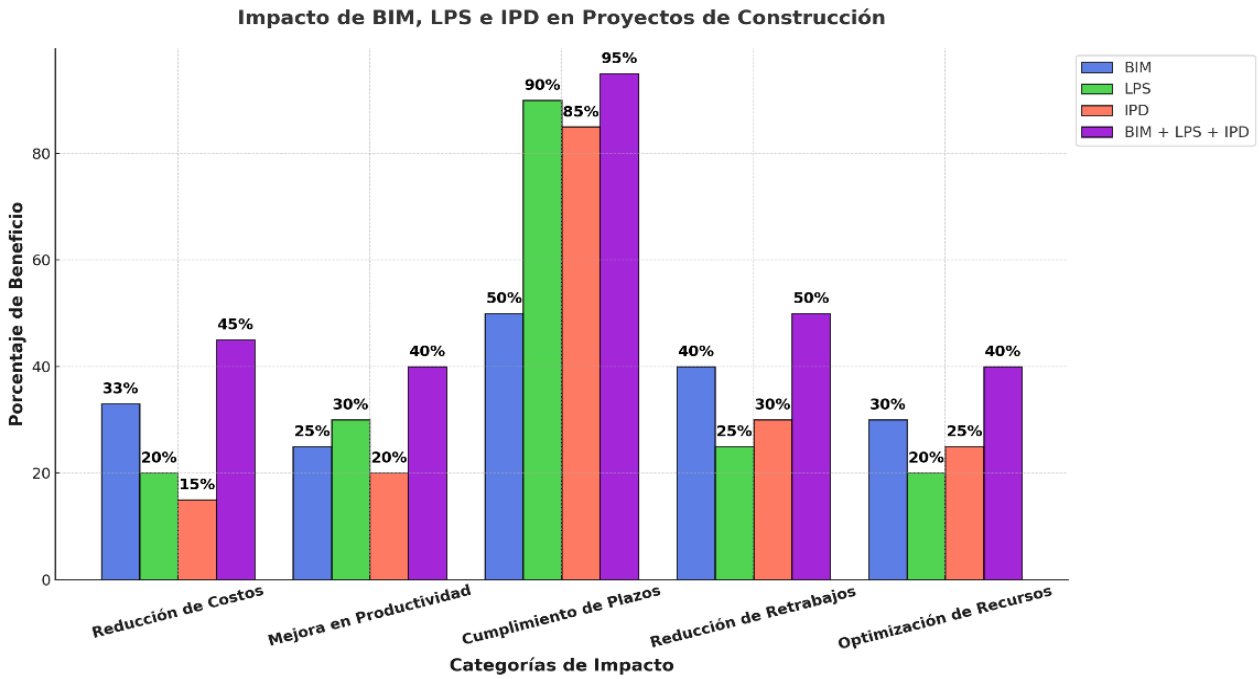
Optimización de Recursos: La implementación de IPD facilitó una mejor coordinación entre las partes, optimizando el uso de materiales y reduciendo desperdicios en un 20%.

La gráfica siguiente muestra el impacto esperado de la implementación de BIM, LPS e IPD en proyectos de construcción en cinco categorías clave: reducción de costos, mejora en productividad, cumplimiento de plazos, reducción de retrabajos y optimización de recursos. Se observa que la combinación de estas metodologías genera beneficios significativamente mayores en comparación con su aplicación aislada.

Los datos provienen de estudios de proyectos en países que ya han integrado el estándar BIM en las licitaciones públicas y cuentan con una madurez BIM alta, lo que les ha permitido optimizar costos, reducir plazos de ejecución y mejorar la eficiencia en la gestión de recursos.

En el contexto de Costa Rica, la adopción de estas metodologías requiere el fortalecimiento del marco regulatorio, la capacitación de profesionales y la implementación progresiva de estándares BIM en la planificación y gestión de proyectos públicos. Sin estas condiciones, los beneficios proyectados podrían verse limitados en su aplicación práctica.

**Figura 16: Impacto de BIM, LPS e IPD en proyectos de construcción**




*Fuente: Yafet Valverde Escobar (2024).*

### *4.2.2. Resultados sobre el nivel de adopción de Lean en Costa Rica.*

Con el objetivo de evaluar el nivel de adopción y percepción sobre la implementación de metodologías Lean Construction en Costa Rica, se diseñó un cuestionario estructurado distribuido a profesionales del sector construcción mediante Google Forms. Este cuestionario incluyó preguntas cerradas y escalas tipo Likert para cuantificar la experiencia de los encuestados en la aplicación de herramientas Lean, así como su impacto en la productividad, reducción de desperdicios, cumplimiento de plazos y satisfacción del cliente.

La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados obtenidos, destacando la frecuencia de uso de herramientas Lean, los beneficios percibidos en los proyectos y los principales desafíos identificados por los profesionales en la implementación de estas prácticas. El análisis de

estos datos permite comprender el estado actual de adopción de Lean Construction en el país y proporciona información clave para la mejora continua en la gestión de proyectos de construcción.

**Tabla 8: Resultados de encuesta**

| Ítem | TDA | DA | NDA-NED | ED | TED |
|---|---|---|---|---|---|
| Integración de Lean | 45% | 35% | 15% | 5% | 0% |
| Selección de Técnicas bajo Lean | 40% | 30% | 20% | 5% | 5% |
| Impacto en Productividad | 50% | 40% | 5% | 3% | 2% |
| Reducción de Desperdicios | 55% | 35% | 7% | 2% | 1% |
| Impacto en Tiempos de Entrega | 47% | 38% | 10% | 3% | 2% |
| Desafíos en la Aplicación | 30% | 25% | 20% | 15% | 10% |
| Uso de Herramientas y Tecnologías | 35% | 40% | 15% | 5% | 5% |
| Capacitación del Equipo | 25% | 45% | 20% | 7% | 3% |
| Evaluación de Resultados | 40% | 35% | 15% | 5% | 5% |
| Impacto en la Satisfacción del Cliente | 42% | 40% | 10% | 5% | 3% |
| Recomendación a Otros Profesionales | 50% | 35% | 10% | 3% | 2% |
| Futuro de Lean en la Construcción | 45% | 40% | 10% | 3% | 2% |

*Fuente: Yafet Valverde Escobar (2024).*

*TDA: Totalmente de acuerdo

*DA: De acuerdo

*NDA-NDE: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

*ED: En desacuerdo

*TD: Totalmente en desacuerdo

Los profesionales muestran una tendencia favorable (80%) hacia la integración de metodologías Lean, lo cual es vital para los proyectos VUIS, ya que esta combinación mejora la eficiencia y la seguridad estructural en zonas urbanas de alta densidad, como Costa Rica. Este 80% refleja la percepción positiva de Lean como una metodología que fortalece los objetivos específicos del proyecto al reducir riesgos y mejorar la sostenibilidad. Sin embargo, un 15% de los encuestados se mantiene neutral o sin opinión, lo que podría indicar una brecha en familiaridad o experiencia con estas prácticas. Esta cifra subraya la necesidad de un programa de capacitación específico que permita a los profesionales comprender y aplicar Lean de manera efectiva en contextos de vivienda urbana inclusiva y sostenible.

La selección de técnicas Lean es bien valorada por un 70% de los participantes, quienes resaltan la optimización de recursos y la reducción de desperdicios. Estos beneficios son directamente relevantes para el objetivo de diseñar estrategias de planificación orientadas al valor en los proyectos VUIS, asegurando una gestión de recursos más eficaz y un enfoque sostenible. Además, el 85% de los encuestados considera que Lean tiene un impacto positivo en los tiempos de entrega, lo que contribuye a los objetivos de completar proyectos de vivienda con éxito y en menos tiempo, un factor fundamental para proyectos con alta demanda en entornos urbanos.

Sin embargo, el 55% reconoce desafíos en la aplicación de Lean, lo que sugiere que aún existen barreras prácticas y técnicas que deben ser abordadas para maximizar la eficacia de esta metodología. Este dato destaca la importancia de contar con un plan detallado que integre Lean de manera gradual y adaptada a las necesidades del sector VUIS.

La capacitación del equipo (70%) y el uso adecuado de herramientas tecnológicas (75%) son considerados factores críticos para el éxito de la implementación de Lean. Estos porcentajes subrayan la importancia de la formación y las inversiones en tecnología, lo cual está alineado con

el objetivo de establecer un plan de ejecución BIM con soporte en Lean, dado que la tecnología facilita el monitoreo en tiempo real y la resolución de conflictos de manera anticipada.

Además, la satisfacción del cliente (82%) y la disposición a recomendar estas prácticas a otros profesionales (85%) reflejan una alta confianza en los beneficios de Lean dentro del sector de la construcción. Estos resultados evidencian cómo Lean contribuye a la aceptación y recomendación en el mercado, lo cual fortalece la posición de proyectos VUIS al ser percibidos como eficientes y confiables. Un 85% de los participantes anticipa un futuro prometedor para Lean, marcando una tendencia positiva hacia la mejora continua y la eficiencia en el sector, lo que impulsa a los stakeholders a comprometerse en su adopción efectiva.

Para ilustrar el impacto de Lean en proyectos con características similares a los VUIS, se presentan cuatro casos de estudio:

1) La empresa Dique Consultoría S.A. aplicó Lean en un edificio ubicado en una zona sísmica, logrando un incremento del 30% en productividad, una reducción del 25% en desperdicios y una mejora del 15% en tiempos de entrega. Estos resultados son congruentes con los objetivos de los proyectos VUIS de mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.
2) En proyectos modulares, TEC HOGAR empleó el sistema Last Planner, logrando una disminución del 20% en costos de construcción y del 15% en desperdicios, además de mantener alta satisfacción del cliente. Este ejemplo se alinea con los objetivos específicos al demostrar cómo Lean ayuda a controlar el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.
3) FUPROVI implementó Lean en vivienda social, consiguiendo un aumento del 20% en productividad y una terminación anticipada de proyectos, además de reducir defectos en

un 30%. Esto destaca el papel de Lean en asegurar una planificación orientada al valor y la sostenibilidad en proyectos de alta demanda.

4) Una estrategia Lean en edificios de concreto reforzado permitió una reducción del costo por unidad en un 25% y un índice de retrabajos del 3%. No obstante, estos resultados son elementales para alcanzar los objetivos de los proyectos VUIS, destacando el valor de la capacitación y el uso de herramientas tecnológicas para enfrentar los desafíos técnicos. Estos casos ejemplifican cómo Lean impulsa la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente en proyectos de construcción. La inversión en capacitación y tecnología se presenta como un factor vital para maximizar el impacto positivo de Lean, alineándose con la meta de desarrollar proyectos de vivienda urbana inclusiva y sostenible en Costa Rica.

La implementación de Lean en la construcción es percibida como un enfoque innovador que enfrenta los desafíos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad en el sector. La mayoría de los encuestados respalda su eficacia, observando mejoras significativas en productividad, reducción de desperdicios y tiempos de entrega. Sin embargo, los desafíos en la capacitación, adaptación tecnológica y resistencia al cambio destacan la necesidad de una estrategia integral de implementación.

### *4.2.3. Guía metodológica para la construcción de proyectos VUIS*

**Introducción**

**Objetivo de la Guía**

Esta guía se desarrolla con el propósito de ofrecer un marco comprensivo para la planificación, gestión y ejecución de proyectos de vivienda bajo el Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica. A través de la integración de metodologías y herramientas innovadoras como PMBOK, BIM y Lean Construction, se busca facilitar su adopción por empresas y profesionales del sector construcción, contribuyendo así al desarrollo inclusivo y sostenible de las áreas urbanas en el país.

**Contexto del Modelo VUIS**

El Modelo VUIS surge como una iniciativa para promover el desarrollo de viviendas que no solo cumplan con criterios de asequibilidad y seguridad, sino que también integren principios de sostenibilidad e inclusión social. Este enfoque busca transformar el paradigma de la construcción de viviendas en Costa Rica, haciendo frente a los desafíos urbanos contemporáneos y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

**Beneficios de Integrar PMBOK, BIM y Lean**

La integración de las metodologías PMBOK (Project Management Body of Knowledge), BIM (Building Information Modeling) y Lean Construction en la gestión de proyectos VUIS ofrece múltiples beneficios, permitiendo:

- Mejorar la Eficiencia y Productividad: Mediante la eliminación de desperdicios, la optimización de recursos y la mejora continua de los procesos constructivos.

- Incrementar la Calidad de los Proyectos: A través de una planificación detallada, una ejecución precisa y un control riguroso, asegurando que los proyectos cumplan con los estándares de calidad, sostenibilidad y seguridad establecidos.

- Facilitar la Comunicación y Colaboración: Promoviendo el trabajo en equipo y la integración de todas las disciplinas involucradas en el proyecto, desde la fase de diseño hasta la ejecución.

- Identificar y Resolver Conflictos Tempranamente: Utilizando modelos BIM para la detección de colisiones y la planificación de tareas, lo que reduce retrasos y costos por modificaciones durante la construcción.

- Promover la Sostenibilidad: Mediante la consideración de impactos ambientales, sociales y económicos desde las etapas tempranas del proyecto, contribuyendo al desarrollo sostenible.

Esta guía se dirige a todos los profesionales involucrados en el desarrollo de proyectos de vivienda en Costa Rica, desde gestores de proyecto, arquitectos, ingenieros, hasta constructores y desarrolladores, proporcionando un recurso valioso para la adopción de prácticas innovadoras en la construcción de viviendas que respondan a los retos del siglo XXI.

## Marco Teórico

### Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS)

El Modelo VUIS constituye un enfoque integral para el desarrollo de proyectos habitacionales que buscan mejorar la calidad de vida urbana. Se centra en la creación de espacios habitacionales accesibles, seguros, y sostenibles, promoviendo la inclusión y el bienestar social. Este modelo aborda aspectos críticos como la eficiencia energética, el uso racional de los recursos, la integración comunitaria y la adaptabilidad a las dinámicas urbanas.

### Metodología PMBOK

La Metodología PMBOK (Project Management Body of Knowledge) es un estándar de gestión de proyectos que proporciona un conjunto de buenas prácticas y lineamientos para la gestión eficaz de proyectos. Cubre áreas de conocimiento como la integración, el alcance, el tiempo, los costos, la calidad, los recursos humanos, la comunicación, el riesgo, la adquisición, y la gestión de stakeholders, ofreciendo una estructura sólida para la planificación, ejecución, y cierre de proyectos.

### Building Information Modeling (BIM)

BIM es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Utiliza modelos digitales 3D que integran información geométrica y de tiempos, costos, aspectos ambientales, y mantenimiento, permitiendo una gestión integral del ciclo de vida de una construcción. BIM facilita la identificación temprana de conflictos, optimiza los procesos constructivos y mejora la colaboración entre los involucrados en el proyecto.

### Lean Construction

Lean Construction es una adaptación de los principios Lean al sector de la construcción. Se enfoca en maximizar el valor para el cliente minimizando los desperdicios, mediante la mejora

continua y la eficiencia en todos los procesos de construcción. Este enfoque promueve la planificación colaborativa, la gestión de la variabilidad, y la optimización del flujo de trabajo, contribuyendo a la reducción de tiempos y costos de entrega.

**Integración de PMBOK, BIM y Lean en el Desarrollo de Proyectos VUIS**

La combinación de PMBOK, BIM, y Lean Construction en el desarrollo de proyectos VUIS ofrece un marco robusto para abordar la complejidad de los proyectos habitacionales modernos. PMBOK proporciona las bases para una gestión de proyecto estructurada; BIM permite una visualización avanzada y gestión de la información del proyecto; y Lean optimiza los procesos constructivos. Juntas, estas metodologías promueven una gestión más eficiente, transparente, y colaborativa de los proyectos VUIS, enfatizando la calidad, sostenibilidad, e inclusión.

Esta sección del marco teórico sienta las bases conceptuales sobre las cuales se construye la guía, estableciendo un entendimiento común de los principios y metodologías que informan la planificación, gestión, y ejecución eficaz de proyectos de vivienda bajo el modelo VUIS. Su aplicación intencionada y coordinada es fundamental para el logro de los objetivos de desarrollo sostenible e inclusivo en el contexto urbano costarricense.

**Fase de Iniciación**

**Definición del Proyecto VUIS**

La fase de iniciación marca el comienzo formal del proyecto de vivienda bajo el Modelo VUIS. Este proceso comienza con la definición clara del proyecto, estableciendo los objetivos, el alcance, y la justificación del mismo. Se identifican las necesidades habitacionales a satisfacer, tomando en consideración los criterios de sostenibilidad e inclusión social que caracterizan al Modelo VUIS.

**Identificación de Stakeholders**

Una etapa crítica en la fase de iniciación es la identificación y análisis de los stakeholders (Partes interesadas) involucrados o afectados por el proyecto. Esto incluye futuros residentes, comunidades locales, entidades financieras, autoridades municipales, y organismos de regulación, entre otros. Entender sus expectativas y requerimientos es fundamental para el desarrollo exitoso del proyecto.

**Desarrollo del Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter)**

El desarrollo del Acta de Constitución del Proyecto o Project Charter es un paso esencial. Este documento formaliza el inicio del proyecto, detallando los objetivos, el alcance preliminar, los recursos necesarios, el presupuesto inicial, y los principales entregables. Además, designa al gerente del proyecto, otorgándole la autoridad para movilizar los recursos requeridos.

**Análisis de Factibilidad y Viabilidad**

Antes de proceder, se realiza un análisis de factibilidad y viabilidad que evalúa aspectos técnicos, económicos, y ambientales del proyecto. Este análisis considera la disponibilidad de terrenos, el acceso a servicios básicos, la conformidad con la normativa urbana y ambiental, y la evaluación financiera del proyecto. Herramientas como BIM pueden ser utilizadas para simulaciones iniciales que aporten al análisis de factibilidad.

**Establecimiento de Objetivos Lean y BIM**

Con los principios Lean, BIM y PMBOK en el núcleo del proyecto VUIS, esta fase también debe establecer objetivos específicos relacionados con la minimización de desperdicios, la eficiencia en la gestión de recursos, y la optimización de procesos constructivos. Se definen metas claras para la implementación de BIM, enfocándose en la colaboración efectiva entre equipos y la gestión integral de la información del proyecto.

### Planificación Inicial de la Gestión de Proyecto

Utilizando las buenas prácticas establecidas por el PMBOK, se desarrolla una planificación inicial que abarca la integración del proyecto, la gestión del alcance, el tiempo, los costos, y la calidad. Se establecen los mecanismos de comunicación, la identificación de riesgos, y se define el plan de adquisiciones. Este plan debe ser flexible y adaptable, permitiendo ajustes conforme el proyecto avanza.

### Aprobaciones Preliminares y Financiamiento

Finalmente, la fase de iniciación culmina con la obtención de aprobaciones preliminares de las entidades reguladoras y la confirmación del financiamiento necesario. Se presentan los documentos de proyecto a las entidades financieras y se asegura el cumplimiento de todos los requisitos para el desembolso de fondos.

Esta fase establece las bases sólidas sobre las que se construirá el proyecto, asegurando que todas las partes involucradas tengan una comprensión clara de los objetivos, los desafíos, y las estrategias para lograr una vivienda urbana inclusiva y sostenible. La integración de metodologías y herramientas innovadoras desde el inicio es crucial para la adopción exitosa de sistemas que contribuyan al desarrollo inclusivo y sostenible de las áreas urbanas en Costa Rica.

## Fase de Planificación

### Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto

La fase de planificación comienza con la creación de un plan de gestión integral del proyecto, que servirá como hoja de ruta para todo el equipo. Este plan incluirá subplanes específicos para la gestión del alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados, adaptados a las necesidades del Modelo VUIS.

**Definición Detallada del Alcance**

Se realiza una definición detallada del alcance del proyecto, identificando y documentando todos los trabajos necesarios para lograr los objetivos del proyecto. Esto incluye la especificación de los requisitos de la vivienda, los estándares de sostenibilidad a cumplir y los criterios de inclusión a considerar.

**Creación del Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS)**

Se desarrolla la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS) para organizar y dividir el trabajo del proyecto en componentes manejables. La EDT servirá como marco para la planificación detallada del cronograma, la asignación de recursos y la estimación de costos.

**Planificación del Cronograma y Asignación de Recursos**

Utilizando herramientas como Microsoft Project o software compatible con BIM, se elabora un cronograma detallado del proyecto, identificando las actividades críticas, su secuenciación y la duración estimada. Se asignan los recursos necesarios (humanos, materiales y equipos) a cada actividad, optimizando su uso conforme a los principios Lean.

**Presupuesto y Análisis Financiero**

Elaborar un presupuesto detallado que incluye la estimación de costos de todas las fases y actividades del proyecto, así como los costos indirectos. Se realiza un análisis financiero para asegurar la viabilidad del proyecto, considerando opciones de financiamiento, incentivos fiscales por sostenibilidad e inclusión, y el retorno de la inversión.

**Integración de BIM en la Planificación**

Definir el uso de BIM para la planificación, diseño, análisis estructural, estimación de costos y gestión de la construcción. Se establecen los niveles de detalle (LOD) requeridos en los

modelos BIM y se planifica la colaboración y el intercambio de información entre los diferentes actores del proyecto.

**Plan de Calidad**

Desarrollar un plan de calidad que establece los criterios de calidad para el proyecto, incluyendo los estándares de construcción, los procesos de aseguramiento y control de calidad, las pruebas y verificaciones necesarias para cumplir con los objetivos de sostenibilidad y resistencia sísmica del Modelo VUIS.

**Plan de Gestión de Riesgos**

Identificar, analizar y planificar la respuesta a los riesgos que podrían afectar el proyecto. Esto incluye riesgos relacionados con la construcción, financieros, ambientales y de cumplimiento normativo. Se establecen medidas de mitigación y contingencia.

**Estrategias de Comunicación y Participación de Stakeholders**

Definir una estrategia de comunicación para mantener informados a todos los interesados, incluyendo reuniones regulares, informes de progreso y herramientas colaborativas. Se promueve la participación activa de la comunidad y futuros residentes en el proceso de diseño y toma de decisiones.

La fase de planificación es fundamental para asegurar que el proyecto de vivienda bajo el Modelo VUIS se desarrolle de manera organizada, eficiente y alineada con los objetivos de sostenibilidad e inclusión. La integración de metodologías PMBOK, BIM y Lean desde esta etapa es clave para el éxito del proyecto, permitiendo una mejor coordinación, optimización de recursos y mejora continua en todas las fases del proyecto.

## Fase de Ejecución

### Implementación del Plan de Proyecto

Ejecutar el proyecto VUIS con la puesta en marcha del plan de proyecto desarrollado durante la fase de planificación. Se movilizan los recursos, se contrata al personal necesario y se establecen los mecanismos de coordinación y comunicación entre todos los actores involucrados.

### Activación de la Integración BIM

Activar el uso de Building Information Modeling (BIM) para la gestión detallada del proyecto. Esto incluye la creación y actualización de modelos BIM conforme avanza la construcción, el uso de la detección de colisiones para prevenir conflictos en la obra, y la integración de la planificación temporal (4D BIM) y costos (5D BIM).

### Implementación de Prácticas Lean

Aplicar prácticas Lean Construction para optimizar los flujos de trabajo, minimizar los desperdicios y maximizar el valor entregado al cliente. Esto implica la implementación de sistemas de planificación como el Last Planner System, la mejora continua de los procesos, y la promoción de la colaboración y transparencia.

### Monitoreo y Control de Calidad

Ejecutar las actividades planificadas en el plan de calidad, incluyendo inspecciones, pruebas y verificaciones, para asegurar que la construcción cumpla con los estándares de calidad, sostenibilidad y resistencia sísmica establecidos. Se utilizan herramientas BIM para el monitoreo de la calidad y el cumplimiento de especificaciones.

### Gestión de Comunicaciones

Ejecutar la estrategia de comunicación definida, manteniendo a todos los interesados informados sobre el progreso del proyecto. Esto incluye la realización de reuniones periódicas, la

distribución de informes de avance y la utilización de plataformas colaborativas para facilitar la comunicación y el intercambio de información.

**Administración de Contratos y Adquisiciones**

Gestionar los contratos con proveedores y subcontratistas, asegurando el cumplimiento de los términos acordados y la entrega de materiales y servicios según lo planificado. Se supervisan las adquisiciones para mantener el proyecto dentro del presupuesto y evitar demoras.

**Gestión de Riesgos y Respuestas**

Monitorear y controlar los riesgos identificados durante la fase de planificación, implementando las acciones de respuesta necesarias para mitigar su impacto en el proyecto. Esto incluye la adaptación a cambios inesperados y la resolución de problemas de manera proactiva.

**Coordinación en Sitio y Supervisión de Obra**

Coordinar el sitio de construcción para asegurar la ejecución eficiente del proyecto. Se supervisan las actividades de construcción para garantizar que se realicen según lo planeado, respetando los principios de seguridad, sostenibilidad e inclusión.

**Registro y Documentación**

Mantener un registro detallado de todas las actividades, cambios y decisiones tomadas durante la ejecución del proyecto. La documentación se actualiza continuamente en los modelos BIM, proporcionando una base de datos integral para la gestión del proyecto.

La fase de ejecución es el momento en que los planes se materializan y la visión del proyecto VUIS toma forma física. La coordinación efectiva, la gestión proactiva y la colaboración entre todos los participantes son cruciales para superar los desafíos y lograr los objetivos de construir viviendas sostenibles e inclusivas. La integración de las metodologías PMBOK, BIM y

Lean desempeña un papel vital en este proceso, asegurando una ejecución eficiente y alineada con los valores fundamentales del Modelo VUIS.

### Fase de Monitoreo y Control

#### Seguimiento del Progreso del Proyecto

El monitoreo constante del avance del proyecto respecto al plan establecido es fundamental. Esto incluye la revisión de cronogramas, costos, alcance y calidad, ajustando las estrategias según sea necesario para alinearse con los objetivos del proyecto. Las herramientas BIM ofrecen visualizaciones actualizadas del progreso, facilitando este seguimiento.

#### Control de Calidad Continuo

Se debe mantener un enfoque riguroso en el control de calidad, verificando que todos los aspectos de la construcción cumplan con los estándares definidos. Las inspecciones y auditorías regulares son cruciales para identificar y corregir desviaciones a tiempo. La metodología Lean contribuye a este proceso mediante la identificación de áreas de mejora continua.

#### Gestión de Cambios

La gestión efectiva de cambios es esencial para manejar las modificaciones en el alcance, cronograma o presupuesto. Todo cambio debe ser documentado, evaluado y aprobado antes de su implementación. Las herramientas BIM permiten simular el impacto de los cambios en el modelo virtual, facilitando la toma de decisiones.

#### Actualización de la Planificación

Basándose en el monitoreo continuo y la gestión de cambios, es posible que se necesite actualizar la planificación del proyecto. Esto incluye ajustes al cronograma, redistribución de recursos y modificaciones en las estrategias de ejecución para asegurar la alineación con los objetivos del proyecto.

**Comunicación de Avances y Desafíos**

Mantener a todos los interesados informados sobre el estado y los desafíos del proyecto es crucial. Los informes de progreso y las reuniones regulares sirven como plataformas para discutir avances, identificar problemas y desarrollar soluciones conjuntas.

**Análisis del Desempeño del Proyecto**

El análisis del desempeño permite evaluar cómo el proyecto se está desarrollando en comparación con los planes y objetivos establecidos. Los indicadores clave de rendimiento (KPIs) derivados de las metodologías Lean y BIM proporcionan métricas valiosas para este análisis, entre ellos:

Para proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS), especialmente bajo el modelo VUIS (Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible), los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) derivados de las metodologías Lean y BIM son cruciales para medir la eficiencia, la calidad, y la sostenibilidad del proceso constructivo. Estos indicadores deben reflejar no solo los objetivos de productividad y reducción de costos, sino también el impacto social y ambiental del proyecto. A continuación, se describen KPIs adaptados a proyectos VUIS:

KPIs Lean para VUIS:

- Índice de Productividad Laboral en VUIS: Este KPI mide la cantidad de viviendas o unidades habitacionales completadas por hora de trabajo, enfocándose en la eficiencia específica de proyectos VUIS.
- Porcentaje de Tiempo Añadido (PTA) en VUIS: Evalúa el tiempo no productivo asociado a la construcción de viviendas VUIS, destacando áreas donde se puede mejorar la eficiencia operativa para acelerar la entrega de viviendas.
- Costo de Desperdicios en VUIS: Calcula el costo de los materiales no utilizados o

malgastados específicamente en la construcción de viviendas VUIS, con el objetivo de minimizar el desperdicio y optimizar el uso de recursos en proyectos sostenibles.

- Satisfacción del Beneficiario VUIS: Mide la satisfacción de los futuros residentes con el proceso constructivo y el producto final, considerando aspectos como la calidad de la vivienda, las características sostenibles y la funcionalidad del espacio.

KPIs BIM para VUIS:

- Número de Conflictos Detectados y Resueltos en VUIS: Mide la eficacia de BIM en la identificación y resolución anticipada de conflictos de diseño y planificación en proyectos de vivienda VUIS, lo cual es crucial para evitar retrasos y costos adicionales.
- Tiempo de Ciclo de Revisión de Diseño en VUIS: Evalúa la rapidez y eficiencia en el ciclo de revisión de diseños para proyectos VUIS, facilitando la toma de decisiones ágil y la adaptación a requisitos específicos de sostenibilidad e inclusión.
- Índice de Cambios en Diseño durante la Construcción en VUIS: Monitorea la cantidad de modificaciones necesarias durante la fase de construcción de proyectos VUIS, indicando la precisión y eficacia del modelado y planificación previos.
- Precisión del Presupuesto en VUIS: Compara el presupuesto estimado a través de BIM con los costos reales en proyectos VUIS, subrayando la importancia de estimaciones precisas para garantizar la viabilidad financiera del proyecto.

KPIs Integrados para VUIS:

- Impacto Ambiental de VUIS: Evalúa la reducción en la huella de carbono y el consumo de recursos en proyectos VUIS, reflejando el compromiso con prácticas de construcción sostenible.
- Eficiencia en la Utilización del Espacio: Mide cómo las soluciones de diseño y

construcción maximizan el uso del espacio disponible, promoviendo viviendas funcionales y adaptadas a las necesidades de los residentes en un entorno urbano.

- Accesibilidad y Funcionalidad de VUIS: Este KPI evalúa el grado en que las viviendas VUIS cumplen con criterios de accesibilidad para personas con discapacidad y cómo satisfacen las necesidades de diferentes grupos poblacionales.
- Retorno de la Inversión Social (SROI) de VUIS: Calcula el retorno social de la inversión en proyectos VUIS, considerando no solo los beneficios económicos sino también el impacto social y ambiental positivo generado.

Estos KPIs, diseñados específicamente para proyectos VUIS, permiten a las empresas y profesionales de la construcción monitorear y mejorar continuamente la eficacia, sostenibilidad e impacto social de sus proyectos, alineándose con los objetivos de desarrollo inclusivo y sostenible de las áreas urbanas en Costa Rica.

**Control de Costos**

El seguimiento y control de costos aseguran que el proyecto permanezca dentro del presupuesto aprobado. Se deben identificar las variaciones presupuestarias a tiempo y tomar medidas correctivas para mitigar el impacto financiero.

**Gestión del Riesgo y Respuestas a Problemas**

Continuar la gestión del riesgo mediante la identificación y análisis de nuevos riesgos y la implementación de planes de respuesta adecuados. La resolución de problemas debe ser ágil para minimizar los efectos adversos en el proyecto.

**Documentación y Registro de Lecciones Aprendidas**

Es vital documentar el desarrollo del proyecto, incluyendo los desafíos encontrados y las soluciones aplicadas. Registrar las lecciones aprendidas contribuye al conocimiento corporativo y mejora la eficiencia de proyectos futuros.

**Evaluación de la Satisfacción del Cliente**

Medir la satisfacción del cliente durante las fases de construcción y al finalizar el proyecto es fundamental para asegurar que se cumplen o superan sus expectativas. Esto ayuda a ajustar las prácticas y a fomentar relaciones positivas a largo plazo.

La Fase de Monitoreo y Control es esencial para asegurar que el proyecto se desarrolle según lo previsto, permitiendo realizar ajustes oportunos y asegurando la calidad y la satisfacción del cliente. La integración de las metodologías PMBOK, BIM y Lean facilita una visión holística y dinámica del proyecto, potenciando la capacidad de reacción y adaptación frente a los desafíos inherentes a la construcción.

**Fase de Cierre**

El cierre del proyecto es una fase crítica en la gestión de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS), marcando la finalización formal de todas las actividades y la entrega del proyecto a los beneficiarios o clientes. Esta fase asegura que el proyecto se ha completado satisfactoriamente, cumple con los requisitos establecidos, y se han documentado las lecciones aprendidas para futuras iniciativas. A continuación, se desarrolla cómo proceder en la fase de cierre para proyectos VUIS, incorporando prácticas de las metodologías PMBOK, BIM y Lean.

**Confirmación de Objetivos Cumplidos**

Revisión de Metas VUIS: Verificar que el proyecto cumple con los estándares de sostenibilidad, accesibilidad y eficiencia establecidos inicialmente. Utilizar herramientas BIM para realizar una comparación detallada entre los modelos finales y los objetivos del proyecto.

**Documentación y Archivo de la Información del Proyecto**

- Compilación de Datos BIM: Asegurar que toda la documentación generada a través de BIM, incluidos los modelos, planos y especificaciones técnicas, se organice y archive correctamente para futuras consultas o mantenimiento.
- Registro de Prácticas Lean Implementadas: Documentar las estrategias Lean aplicadas durante el proyecto, enfocándose en la minimización de desperdicios, la eficiencia en los procesos y la optimización de recursos.

**Evaluación de Desempeño del Proyecto**

- Revisión de KPIs: Analizar los Indicadores Clave de Rendimiento relacionados con la productividad, la calidad, el impacto ambiental y la satisfacción del cliente para evaluar el éxito del proyecto según las metodologías Lean y BIM.
- Encuestas de Satisfacción a Beneficiarios: Distribuir cuestionarios a los futuros residentes y otros stakeholders para recoger su percepción y grado de satisfacción con el proyecto VUIS.

**Identificación de Lecciones Aprendidas**

- Sesiones de Retrospectiva: Organizar reuniones con el equipo de proyecto para discutir aciertos, desafíos y áreas de mejora. Utilizar los insights proporcionados por BIM para identificar aspectos técnicos que pueden optimizarse en futuros proyectos.

- Documentación de Mejoras para Metodologías Lean: Registrar las lecciones aprendidas en la implementación de prácticas Lean, destacando las estrategias más efectivas y los desafíos enfrentados.

**Formalización del Cierre del Proyecto**

- Certificación de Finalización: Obtener la certificación de cumplimiento de requisitos por parte de las autoridades correspondientes, asegurando que el proyecto VUIS cumple con todas las normativas y estándares de construcción.
- Entrega Oficial a Beneficiarios: Realizar un evento de entrega donde se formalice la transferencia de las viviendas a los residentes, marcando el fin oficial del proyecto.

**Actualización del Repositorio de Conocimiento**

Integración de Datos en el Sistema de Gestión de Conocimiento: Subir toda la documentación relevante, incluidas las lecciones aprendidas y los resultados de KPIs, a un sistema centralizado de gestión de conocimiento para apoyar la planificación y ejecución de futuros proyectos VUIS.

**Cierre Financiero y Contractual**

- Revisión Financiera Final: Realizar un cierre contable del proyecto, asegurando que todas las cuentas estén saldadas y que se haya realizado una auditoría de los costos.
- Cierre de Contratos: Concluir formalmente todos los contratos con proveedores, contratistas y otros partners, asegurando que todas las obligaciones contractuales se hayan cumplido adecuadamente.

La fase de cierre es esencial para asegurar que el proyecto de VUIS no solo cumple con sus objetivos iniciales, sino que también contribuye al conocimiento y las buenas prácticas en la construcción de viviendas inclusivas y sostenibles.

**Herramientas y Recursos**

El desarrollo exitoso de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) integrando las metodologías PMBOK, BIM y Lean requiere el uso de diversas herramientas y recursos. Estos facilitan la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos, alineando las prácticas de gestión con los objetivos de sostenibilidad, eficiencia y accesibilidad. A continuación, se describen ocho herramientas y recursos clave para este propósito:

**Software BIM (Building Information Modeling)**

- Descripción: Herramientas como Revit, ArchiCAD y Bentley Systems permiten la creación de modelos digitales detallados que integran información geométrica, de materiales, costos y cronograma.
- Uso en VUIS: Facilita la visualización 3D del proyecto, mejora la coordinación entre disciplinas, y optimiza la gestión de recursos y la planificación de tareas.

**Plataformas de Colaboración BIM**

- Descripción: Plataformas como BIM 360 y Trimble Connect ofrecen entornos colaborativos en la nube para el acceso y la gestión de modelos BIM por todos los stakeholders del proyecto.
- Uso en VUIS: Promueven la colaboración en tiempo real, facilitan la detección temprana de conflictos y apoyan la toma de decisiones informadas.

**Herramientas Lean Construction**

- Descripción: Aplicaciones y software como LeanKit, Trello y PlanGrid permiten la implementación de prácticas Lean en la gestión de proyectos, enfocadas en la minimización de desperdicios y la mejora continua.

- Uso en VUIS: Ayudan a organizar el flujo de trabajo, mejorar la comunicación entre equipos y optimizar la asignación de recursos.

**Sistemas de Gestión de Proyectos (PMBOK)**

- Descripción: Herramientas como Microsoft Project y Oracle Primavera facilitan la planificación detallada del proyecto, la programación de tareas y el seguimiento del progreso conforme a los estándares del PMBOK.
- Uso en VUIS: Permiten gestionar el cronograma, los costos y los riesgos del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos dentro de los plazos y presupuestos establecidos.

**Software de Análisis de Sostenibilidad**

- Descripción: Herramientas como Sefaira y Autodesk Green Building Studio proporcionan análisis de sostenibilidad y eficiencia energética desde las fases iniciales de diseño.
- Uso en VUIS: Facilitan la evaluación del impacto ambiental de las decisiones de diseño y construcción, permitiendo optimizar el uso de energía y recursos.

**Aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Virtual (VR)**

- Descripción: Tecnologías como SketchUp Viewer y IrisVR ofrecen experiencias inmersivas que permiten explorar los modelos BIM en contextos de realidad aumentada o virtual.
- Uso en VUIS: Mejoran la comprensión del proyecto por parte de los stakeholders, facilitando la revisión de diseños y la toma de decisiones colaborativa.

**Herramientas de Análisis de Costos**

- Descripción: Aplicaciones como CostX y 5D BIM integran la estimación de costos en el proceso de diseño, permitiendo una gestión financiera más precisa y eficiente.

- Uso en VUIS: Ayudan a realizar estimaciones de costos detalladas y dinámicas, vinculadas directamente con los modelos BIM, mejorando la precisión en la planificación financiera.

**Software de Gestión de Documentos**

- Descripción: Sistemas como Procore y Aconex centralizan la documentación del proyecto, desde contratos hasta planos y comunicaciones, asegurando un acceso fácil y seguro.
- Uso en VUIS: Permiten un manejo eficiente de la documentación, mejorando la trazabilidad y el cumplimiento de los requisitos regulatorios y normativos.

La integración de estas herramientas y recursos en proyectos VUIS no solo mejora la gestión y ejecución de los mismos, sino que también contribuye significativamente a los objetivos de crear viviendas sostenibles, eficientes y accesibles, cumpliendo con los estándares y expectativas de calidad y sostenibilidad en Costa Rica

Esta estructura de guía busca ofrecer un recurso comprensivo y práctico que facilite la implementación efectiva del Modelo VUIS, aprovechando las sinergias entre PMBOK, BIM y Lean para mejorar la calidad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción en Costa Rica.

### 4.3. Resultados tercer objetivo

El Programa de Vivienda y Desarrollo de Hábitat Sostenible en Costa Rica (PROVIDHAS-CR), creado en 2013 por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), fue financiado con 50 millones de dólares otorgados por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Estos fondos fueron canalizados a través de mutuales y entidades financieras, incluyendo el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), MUCAP y Mutual Alajuela, con el objetivo de mejorar el acceso a la vivienda mediante créditos para compra, construcción y mejoramiento habitacional.

El informe de la Oficina de Evaluación (ODE) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) - Evaluación de Medio Término, julio 2017, identificó deficiencias en la gestión de desembolsos, falta de trazabilidad en la ejecución de obras y ausencia de criterios de sostenibilidad en los proyectos de vivienda social en Costa Rica. Solo 545 viviendas nuevas y 22 mejoradas fueron entregadas, representando apenas un 1.63% del déficit de vivienda cubierto, reflejando limitaciones en la ejecución del programa. La falta de un sistema de monitoreo eficiente impidió un control adecuado sobre la asignación de recursos y su impacto en la reducción del déficit habitacional.

Para abordar estas deficiencias, el BID recomendó la implementación de un sistema de monitoreo de desembolsos dentro del Programa Centroamericano de Vivienda y Desarrollo de Hábitat Sostenible (VIDHAS), optimizando la asignación y ejecución de recursos. Como parte de las mejoras propuestas, se refuerza la necesidad de implementar BIM como herramienta clave para la planificación y control eficiente de los fondos públicos.

En este contexto, la Ley Marco de Tecnologías de Gestión y Desarrollo de Información para la Construcción y Operación de Edificaciones e Infraestructuras Públicas se plantea como un mecanismo clave para modernizar el sector y estandarizar el uso de Building Information Modeling (BIM) en la obra pública costarricense. Propuesta por Luis Diego Vargas Rodríguez y otros diputados, esta legislación establece un proceso de adopción progresivo en cinco niveles, con la meta de alcanzar su implementación total en 11 años.

El proyecto de ley fue presentado en septiembre de 2024, aunque aún no ha sido aprobado formalmente. Paralelamente, la Comisión Interinstitucional BIM (CII BIM) ha impulsado la promoción de esta metodología, destacando la presentación de la Hoja de Ruta para la Adopción

BIM en marzo de 2022, con el propósito de acelerar la transformación digital en la infraestructura pública y fortalecer la coordinación entre entidades del sector construcción.

A nivel internacional, países como Reino Unido y Singapur han demostrado que la implementación de BIM en infraestructura pública ha permitido reducir costos de construcción entre un 20% y 33% y mejorar la productividad en un 25%, evidenciando su impacto positivo en la planificación y ejecución de proyectos.

Asimismo, es fundamental fomentar la adopción de modelos de prefabricación e industrialización, no solo para optimizar recursos y reducir costos, sino también para aumentar la eficiencia en los tiempos de ejecución y mejorar la sostenibilidad del sector de la construcción en Costa Rica. La experiencia internacional respalda esta estrategia, como se observa en Suecia, donde la aplicación de BIM en proyectos como el Hospital Universitario Karolinska de Solna ha demostrado que la prefabricación de elementos estructurales incrementa la velocidad, calidad y precisión en la construcción. Esta colaboración público-privada ha sido un referente en eficiencia y sostenibilidad, validando la importancia de integrar estos modelos en la planificación y ejecución de proyectos de vivienda social en Costa Rica.

En conclusión, la creación de un Plan de Ejecución BIM (BEP) en proyectos VUIS alineado con la nueva ley de adopción BIM y el cumplimiento de estándares internacionales como la ISO 19650 garantizará una gestión más eficiente de los recursos públicos, reducción de costos y una mayor trazabilidad y transparencia en la ejecución de proyectos. Este paso es clave para modernizar la industria de la construcción y mejorar la planificación de vivienda social en el país.

Su implementación permitirá posicionar a Costa Rica a nivel internacional, asegurando que los proyectos de vivienda urbana inclusiva sean sostenibles, eficientes y alineados con las mejores prácticas de planificación digital.

### *4.3.1. Nivel de madurez BIM en otros países.*

Para comprender el uso de la metodología BIM en los proyectos constructivos, y de forma ilustrativa, se realiza una clasificación de los niveles de adopción que se utilizan a nivel internacional, que se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 9: Nivel de Madurez BIM**

| | |
|---|---|
| NIVEL 0 BIM | En su forma más simple, el nivel 0 significa efectivamente que no hay colaboración interdisciplinaria. Solo se utiliza dibujo CAD 2D, principalmente para información de producción. La producción y distribución se realiza mediante impresiones en papel o electrónicas, o una combinación de ambos. |
| NIVEL 1 BIM | Por lo general, esto comprende una combinación de CAD 3D para el trabajo conceptual y 2D para la redacción de la documentación de aprobación legal y la información de producción. Los estándares CAD se gestionan según estándares aceptados o no y el intercambio electrónico de datos se realiza desde un entorno de datos común (CDE), a menudo gestionado por el contratista. |
| NIVEL 2 BIM | El BIM de nivel 2 se distingue por el trabajo colaborativo y requiere de un proceso de intercambio de información, específico de ese proyecto y coordinado entre varios sistemas y participantes. Cualquier software CAD que utilice cada parte debe ser capaz de exportar a uno de los formatos de archivo comunes, como IFC o COBie. |
| NIVEL 3 BIM | A menudo denominado "Open BIM", el alcance del Nivel 3 no se ha definido completamente, aunque promete una colaboración más profunda entre todas las partes interesadas a través de un modelo compartido almacenado en un repositorio central. El concepto de nivel 3 permite a todos los participantes trabajar en el mismo modelo simultáneamente, lo que elimina la posibilidad de información contradictoria. |

*Fuente: Luis Diego Vargas Rodríguez (2024).*

La metodología BIM es utilizada en todo el mundo, por lo que a continuación se detalla el nivel de madurez en algunos países:

**Tabla 10: Nivel BIM en Diferentes Regiones**

| País | Nivel de Madurez BIM | Fecha de entrada en vigencia regulación BIM | Porcentaje de compañías de construcción que usan BIM (hasta 2021) |
|---|---|---|---|
| Canadá | Nivel 2 | 2015 | +75% |
| Estados Unidos | Nivel 2, avances hacia el nivel 3 | No hay una regulación federal, pero si existe a nivel estatal | +80% |
| México | Nivel 1 | en preparación para el sector público | +30% |
| Guatemala | Nivel | No cuenta con regulación | No hay datos oficiales |
| El Salvador | Nivel 0 | No cuenta con regulación | No hay datos oficiales |
| Costa Rica | Nivel 0-1 | No cuenta con regulación | 20-31% |
| Panamá | Nivel 0-1 | No cuenta con regulación | No hay datos oficiales |
| Colombia | Nivel 1-2 | En proceso 2020-2026 | +40% |
| Perú | Nivel 1-2 | En proceso 2019-2030 | +30% |
| Brasil | Nivel 1-2 | En proceso 2017-2028 | No hay datos oficiales |
| Uruguay | Nivel 1-2 | En proceso 2018-2025 | No hay datos oficiales |
| Argentina | Nivel 1-2 | En proceso 2018-2025 | No hay datos oficiales |
| Chile | Nivel 2 | 2020 para Sector Público | +60% |

*Fuente: Luis Diego Vargas Rodríguez (2024).*

A continuación, se describen algunos ejemplos destacados de implementación BIM:

1. **Chile: Estandarización y Productividad en Infraestructura Pública**

Chile ha promovido la adopción de BIM a través del programa Planbim, impulsado por Corfo y el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Su objetivo es digitalizar la construcción en el sector público, y en 2019 se publicó el Estándar BIM para Proyectos Públicos, basado en ISO 19650, facilitando la estandarización en proyectos gubernamentales.

**Impacto Cuantificable:**

- Reducción del 15% en costos de ejecución en proyectos estatales.
- Aumento del 20% en la eficiencia de planificación gracias a la interoperabilidad y coordinación digital.
- 60% de adopción de BIM en el sector construcción hasta 2021.

2. **Singapur: Digitalización y Automatización del Sector Construcción**

Desde 1995, Singapur ha sido un referente en transformación digital con BIM, liderado por la Building and Construction Authority (BCA). En 2011, se introdujo e-PlanCheck, un sistema de validación automática de normativas a través de modelos BIM, reduciendo el tiempo de aprobación de proyectos en un 30%.

**Impacto Cuantificable:**

- 70% de adopción de BIM en el sector (90% en oficinas de arquitectura).
- Reducción del 30% en los tiempos de licitación y aprobación mediante automatización de normativas.
- Disminución del 25% en costos operativos en proyectos gubernamentales debido a la detección temprana de conflictos en diseño.

3. **Península Escandinava (Noruega-Suecia-Finlandia): Innovación en Infraestructura y Prefabricación**

Los países escandinavos han sido pioneros en la adopción de BIM, con estrategias avanzadas de digitalización y prefabricación.

**Finlandia:** Implementó el programa VERA (1997-2002), haciendo obligatorio el uso de BIM en proyectos gubernamentales desde 2007. En 2016, lanzó KIRA-digi, promoviendo la digitalización del sector construcción.

**Suecia:** En el Hospital Universitario Karolinska de Solna, la aplicación de BIM y la prefabricación redujo en un 30% los tiempos de construcción y mejoró la calidad y precisión de los procesos.

**Noruega:** Desde 2009, utiliza la Statsbygg Building Information Modelling Manual (SBM) para gestionar BIM en proyectos públicos, aplicándola en la Autovía E39, con un presupuesto de 42.000 millones de euros.

**Impacto Cuantificable:**

- Reducción del 30% en tiempos de construcción con prefabricación en proyectos hospitalarios y de infraestructura.
- Disminución del 20% en desperdicios de materiales mediante planificación digitalizada.
- Mayor precisión en costos y planificación, con 25% menos de sobrecostos en proyectos gubernamentales.

Estos casos demuestran que la integración de BIM, junto con estrategias de digitalización, automatización y prefabricación, optimiza costos, tiempos y eficiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura a nivel global.

### *4.3.2. Resultados Cuestionario BIM*

Los resultados de la aplicación del cuestionario en Google form a empresas y profesionales de Costa Rica, revelaron las siguientes categorías de análisis:

-Experiencia y Desafíos en BIM

Los entrevistados destacaron su experiencia variada en el uso de BIM, enfocándose en cómo esta tecnología ha transformado la planificación y ejecución de proyectos de vivienda. La identificación temprana de conflictos, la colaboración mejorada entre disciplinas y la optimización de recursos fueron puntos clave mencionados. Sin embargo, los desafíos no fueron menores: la resistencia al cambio por parte de equipos tradicionalmente no digitales, la necesidad de capacitación específica en BIM y la inversión inicial en software y hardware representan las principales barreras para su adopción.

-Herramientas y Software BIM

Respecto a las herramientas BIM, hubo una clara preferencia por aquellas que ofrecen facilidad de uso, interoperabilidad y un rico ecosistema de plugins o extensiones. Software como Revit, ArchiCAD, y Navisworks fueron frecuentemente mencionados. La elección de la herramienta depende significativamente del tamaño del M, las necesidades específicas de modelado y la colaboración con otras partes interesadas.

-Identificación Temprana de Conflictos con BIM

Una ventaja crucial de BIM resaltada por los entrevistados fue su capacidad para identificar conflictos en etapas tempranas del diseño, lo que permite ahorros significativos en tiempo y costos. El modelado 3D y la detección de colisiones permiten visualizar problemas potenciales antes de la construcción, reduciendo los retrasos y eliminando la necesidad de modificaciones costosas en el sitio.

-Costo-Efectividad y Retorno de inversión (ROI) en BIM

En cuanto al costo-efectividad, los expertos coincidieron en que, aunque la implementación de BIM requiere una inversión inicial considerable, el retorno de la inversión es palpable y a menudo supera las expectativas. La reducción de errores de construcción, la optimización de materiales y la eficiencia en la gestión del tiempo resultan en ahorros significativos. Sin embargo, subrayaron la importancia de una implementación bien planificada y la capacitación adecuada del personal para maximizar los beneficios de BIM.

-Regulaciones y Normativas

Las regulaciones y normativas locales son vistas tanto como facilitadores como obstáculos para la implementación de BIM. Mientras que algunos marcos regulatorios apoyan la adopción de BIM al establecer estándares claros y promover prácticas sostenibles, la falta de uniformidad y el desconocimiento de estas tecnologías en algunas jurisdicciones pueden complicar su adopción. La colaboración con las autoridades para actualizar y homogeneizar estas regulaciones es vista como esencial.

-Futuro de BIM en Vivienda VUIS

Finalmente, los entrevistados expresaron optimismo sobre el futuro de BIM en proyectos de vivienda VUIS, anticipando una adopción más amplia a medida que las barreras iniciales se superen. La integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada y el Internet de las Cosas (IoT), junto con BIM, podría ofrecer aún mayores eficiencias y mejoras en la calidad de los proyectos de vivienda. La formación continua y la actualización de habilidades fueron enfatizadas como cruciales para mantenerse al día con estos avances.

La revisión bibliográfica y las entrevistas a expertos sobre la implementación de Building Information Modeling (BIM) en proyectos de vivienda VUIS arrojan resultados significativos en

cuanto a la aplicación de estas tecnologías y metodologías. A continuación, se analiza cómo estas técnicas y herramientas contribuyen al desarrollo de proyectos habitacionales más seguros y eficientes.

1. Experiencia y Desafíos en BIM: La adopción de BIM ha transformado la planificación y ejecución de proyectos de vivienda, facilitando la identificación temprana de conflictos y mejorando la colaboración entre disciplinas. Sin embargo, la resistencia al cambio y la necesidad de capacitación específica son desafíos destacados.

2. Herramientas y Software BIM: La elección de herramientas BIM como Revit y ArchiCAD refleja una preferencia por plataformas que ofrecen interoperabilidad y extensibilidad, aunque la selección varía según las necesidades del proyecto.

3. Costo-Efectividad y ROI de BIM: Los expertos coinciden en el costo-efectividad de BIM, señalando que, a pesar de la inversión inicial, los beneficios en términos de reducción de errores, optimización de recursos y eficiencia temporal son considerables.

4. Regulaciones y Normativas: Las regulaciones locales emergen tanto como facilitadores como barreras para la implementación de BIM, subrayando la necesidad de una mayor claridad y uniformidad en las normativas.

5. Futuro de BIM en Vivienda VUIS: Existe un optimismo generalizado sobre el futuro de BIM en proyectos VUIS, especialmente con la integración de nuevas tecnologías que prometen eficiencias adicionales y mejoras en la calidad.

Discusión de Resultados

Los hallazgos sugieren que tanto la metodología Lean como la implementación de BIM son fundamentales para mejorar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de vivienda VUIS. La implementación de técnicas como IPD y LPS ofrecen soluciones tangibles para

mitigar los riesgos y asegurar la viabilidad de los proyectos, mientras que BIM facilita una gestión de proyecto más integrada y eficiente.

No obstante, la efectividad de estas técnicas y herramientas depende de factores como la capacitación adecuada, la inversión inicial y la adaptación de normativas y regulaciones locales.

La colaboración entre todos los actores involucrados y un enfoque multidisciplinario son esenciales para superar estos desafíos y maximizar los beneficios de las tecnologías emergentes en el desarrollo de proyectos habitacionales VUIS.

Los resultados resaltan la importancia de adoptar un enfoque holístico en el desarrollo de proyectos de vivienda VUIS, integrando técnicas recomendaciones del PMBOK y herramientas BIM para lograr proyectos más seguros, eficientes y sostenibles. La educación continua y la colaboración son clave para navegar con éxito el panorama cambiante de la construcción y el diseño arquitectónico.

La aplicación del cuestionario en el contexto de la implementación de Building Information Modeling (BIM) en proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) ha revelado aspectos clave sobre la experiencia de uso y los desafíos asociados a esta tecnología. Los resultados obtenidos apuntan hacia una experiencia variada en el uso de BIM, enfatizando cómo esta herramienta ha revolucionado la planificación y ejecución de proyectos de vivienda. Entre los beneficios más destacados por los entrevistados se encuentra la identificación temprana de conflictos, la colaboración mejorada entre diferentes disciplinas y la optimización de recursos.

Estas ventajas reflejan el potencial de BIM para mejorar significativamente la eficiencia en la construcción.

No obstante, la adopción de BIM no está exenta de desafíos. La resistencia al cambio por parte de equipos acostumbrados a métodos tradicionales no digitales es una barrera significativa.

Además, la necesidad de capacitación específica en BIM y la inversión inicial considerable en software y hardware son percibidas como principales obstáculos para su adopción generalizada. Estos desafíos subrayan la importancia de desarrollar estrategias de implementación que incluyan programas de formación y adaptación tecnológica para facilitar la transición hacia prácticas más innovadoras en la industria de la construcción.

En cuanto a las herramientas y software BIM utilizados, existe una clara preferencia por aquellos que ofrecen facilidad de uso, interoperabilidad y un amplio ecosistema de plugins o extensiones. Plataformas como Revit, ArchiCAD y Navisworks son frecuentemente mencionadas, destacando que la elección de la herramienta adecuada varía significativamente dependiendo del tamaño del proyecto y las necesidades específicas de modelado. Esto indica la necesidad de una evaluación cuidadosa al seleccionar las herramientas BIM para asegurar que se alineen efectivamente con los requisitos del proyecto y las capacidades del equipo.

Otro aspecto crucial que surge de los resultados es la capacidad de BIM para identificar conflictos en etapas tempranas del diseño, lo que contribuye a ahorros significativos en tiempo y costos. La utilización de modelado 3D y la detección de colisiones permiten prever y resolver problemas potenciales antes de la construcción, evitando retrasos y eliminando la necesidad de modificaciones costosas en el sitio. Este es un claro indicativo del valor agregado que BIM puede proporcionar en la gestión de proyectos de construcción.

Los expertos también concuerdan en que, a pesar de la inversión inicial requerida, la implementación de BIM es coste-efectiva, y el retorno de la inversión a menudo supera las expectativas. Sin embargo, enfatizan la importancia de una implementación bien planificada y la capacitación adecuada del personal para maximizar los beneficios de BIM. Esto refleja una visión compartida de que la formación continua y la actualización de habilidades son cruciales para

mantenerse al día con los avances tecnológicos.

Finalmente, las regulaciones y normativas locales son percibidas tanto como facilitadores como obstáculos para la implementación de BIM. Mientras que algunos marcos regulatorios apoyan la adopción de BIM al establecer estándares claros y promover prácticas sostenibles, la falta de uniformidad en estas tecnologías en algunas jurisdicciones puede complicar su adopción. Esto destaca la necesidad de una colaboración más estrecha con las autoridades para actualizar y homogeneizar las regulaciones, asegurando que BIM pueda integrarse de manera efectiva en los proyectos de vivienda VUIS.

Los resultados del estudio subrayan la dualidad de la implementación de BIM en proyectos de vivienda: por un lado, ofrece mejoras significativas en la eficiencia y la gestión del proyecto, mientras que, por otro, presenta desafíos relacionados con la adaptación tecnológica y la formación. Este panorama sugiere que la adopción exitosa de BIM en la industria de la construcción depende de un enfoque holístico que incluya tanto avances tecnológicos como estrategias de capacitación y adaptación reguladora.

Tomando como referencia lo anteriormente expuesto, este objetivo se centra en el desarrollo y aplicación del Plan de Ejecución BIM (BEP), un documento fundamental para gestionar de manera eficiente los proyectos mediante el uso de Modelado de Información de Construcción (Building Information Modeling o BIM). El BEP es un elemento crítico en la estructura organizativa de cualquier proyecto que implementa BIM, ya que define las directrices, protocolos, y procedimientos a seguir para asegurar que cada fase del proyecto se ejecute conforme a los estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad deseados. Su importancia radica en su capacidad para alinear el trabajo colaborativo de todos los actores involucrados en el proyecto, asegurando que cada uno comprenda su rol, responsabilidades y las expectativas asociadas.

En el contexto de este proyecto, el BEP no solo debe cumplir con los requisitos técnicos y operativos del modelo BIM, sino que también debe alinearse con las normativas de Costa Rica. Esto incluye la integración de protocolos y herramientas de monitoreo en tiempo real para facilitar la identificación temprana de conflictos y oportunidades de mejora a lo largo de la ejecución. A continuación, se describen los aspectos clave del BEP en el contexto de este proyecto de Viviendas Urbanas Inclusivas y Sostenibles (VUIS), abarcando desde la definición de objetivos específicos hasta el control de calidad y verificación de los modelos.

### *4.3.3. Desarrollo del Plan de Ejecución BIM (BEP)*

El presente Plan de Ejecución BIM (BEP) se desarrolla como un documento estratégico y normativo fundamental para la planificación, implementación y control del proyecto de Viviendas Urbanas Inclusivas y Sostenibles (VUIS) en Costa Rica. Este BEP, alineado con las normativas locales, tiene como finalidad principal estructurar un marco de referencia integral para la coordinación, integración y colaboración entre los distintos equipos de trabajo involucrados, maximizando así la eficiencia y calidad del proyecto.

El BEP centraliza toda la información relevante del proyecto y establece los lineamientos para una gestión de datos precisa y en tiempo real, permitiendo la adherencia a los estándares BIM y a las regulaciones costarricenses. Como herramienta colaborativa, el BEP optimiza la comunicación y el flujo de trabajo entre disciplinas y se convierte en un recurso esencial para la toma de decisiones, facilitando la identificación temprana de conflictos y oportunidades de mejora. Este enfoque asegura que cada fase del proyecto esté alineada con los objetivos técnicos, normativos y de sostenibilidad requeridos, promoviendo un ambiente de trabajo colaborativo y coordinado en todas las fases de desarrollo del proyecto.

**Objetivos específicos del BIM**

Visualización de la secuencia constructiva

A través del modelo BIM, se implementará un sistema de visualización de la secuencia constructiva que permitirá programar y anticipar cada etapa del proceso constructivo con precisión. Este enfoque facilitará que los equipos de obra cuenten con una planificación detallada y con los recursos y materiales necesarios en el momento adecuado. El monitoreo en tiempo real permitirá identificar de inmediato cualquier problema en la programación, facilitando ajustes rápidos y eficientes del cronograma para reducir tiempos de espera y optimizar el flujo de trabajo. Así, se asegura que el proyecto avance en concordancia con el cronograma general, minimizando el impacto de retrasos.

Extracción de mediciones

La funcionalidad de extracción de mediciones a través del modelo BIM será clave para la creación de presupuestos precisos y para una gestión efectiva de los costos. Este sistema permitirá obtener automáticamente las cantidades de materiales y recursos necesarios en cada etapa, optimizando el uso de recursos y reduciendo el riesgo de desviaciones en el presupuesto. Al actualizarse el modelo en tiempo real, cualquier modificación en el diseño o en las especificaciones técnicas se reflejará de inmediato en las mediciones y en las estimaciones de costos, garantizando que el presupuesto del proyecto se mantenga alineado con su desarrollo real.

Gestión de incidencias y colisiones (Clash Detection)

El BEP establece un protocolo de detección y gestión de colisiones (clash detection) continuo que permitirá identificar y resolver conflictos entre elementos de diversas disciplinas como arquitectura, estructura e instalaciones. Esto evitará problemas durante la construcción y reducirá el riesgo de errores en la obra. El monitoreo constante del modelo en tiempo real asegurará que cualquier ajuste necesario se realice oportunamente, previniendo que los conflictos afecten el avance del proyecto. Así, cada componente del proyecto estará debidamente alineado desde las fases iniciales, maximizando la eficiencia y reduciendo el margen de error.

Registro de obra ejecutada (As-Built)

Al concluir el proyecto, se proporcionará un modelo "As-Built" que reflejará con precisión las condiciones finales de la construcción. Este modelo será esencial para la fase de operación y mantenimiento, ya que documentará detalladamente todos los sistemas, componentes y elementos instalados en la edificación, aportando una referencia completa y precisa del estado real de la obra. La integración de un nivel de detalle (LOD) adecuado en el modelo As-Built permitirá a los equipos de mantenimiento y operación gestionar de manera eficiente las instalaciones y realizar intervenciones futuras con una base sólida de información. En este contexto, el modelo As-Built incluirá:

1. Documentación de todos los cambios realizados: Durante la construcción, cualquier ajuste, modificación o adaptación en los sistemas o estructuras se registrará en el modelo As-Built, asegurando que el estado final refleje todos los aspectos físicos y técnicos de la obra.

2. Niveles de detalle (LOD) adecuados: El modelo se desarrollará con un nivel de detalle que permita la gestión de las instalaciones a largo plazo, integrando los datos necesarios para realizar reparaciones, sustituciones o actualizaciones sin complicaciones.

3. Compatibilidad y accesibilidad de datos: El modelo As-Built estará configurado para facilitar el acceso a la información en plataformas compatibles, asegurando que los gestores del proyecto tengan un recurso confiable y accesible que les permita realizar mantenimientos preventivos y correctivos de manera óptima.

El modelo As-Built permitirá así una administración precisa y sostenible de las instalaciones, minimizando riesgos futuros y asegurando que la edificación cumpla con los estándares técnicos y normativos de Costa Rica en todas sus etapas de uso.

**Usos de BIM y su impacto en los equipos participantes en cada fase del proyecto**

El Plan de Ejecución BIM (BEP) establece los usos específicos de BIM en cada fase del proyecto de Viviendas Urbanas Inclusivas y Sostenibles, asegurando una integración fluida y colaborativa entre los distintos equipos. A través de estos usos, cada equipo comprenderá su rol dentro del proceso BIM y cómo sus contribuciones impactan el desarrollo y la calidad final del proyecto. Estos usos facilitan la coordinación interdisciplinaria, optimizan recursos y aseguran el cumplimiento de estándares normativos y de calidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

**Fase de Diseño**

Durante la fase de diseño, el uso de BIM permitirá una colaboración activa entre los equipos de arquitectura, ingeniería y diseño estructural, integrando sus modelos en un entorno digital común. Esta fase se caracterizará por:

1. Generación de Modelos Interdisciplinarios: Cada equipo desarrollará su propio modelo (arquitectura, estructura, instalaciones), integrándolos en una plataforma BIM compartida. Esto permitirá detectar y resolver conflictos en los diseños desde una etapa temprana mediante procesos de clash detection, minimizando futuros problemas en la construcción.

2. Simulaciones y Análisis de Rendimiento: BIM facilitará simulaciones de rendimiento energético y análisis estructurales, asegurando que el diseño cumpla con las normativas de sostenibilidad y resistencia estructural de Costa Rica. Los equipos de ingeniería se beneficiarán de estos análisis para optimizar la eficiencia y la sostenibilidad de sus diseños, contribuyendo así al cumplimiento de los estándares del proyecto.

3. Actualización en Tiempo Real: Cualquier cambio realizado por un equipo se reflejará inmediatamente en el modelo central, permitiendo que todos los equipos trabajen sobre una base de datos actualizada y coordinada. Esto reducirá errores de coordinación y garantizará que todas las disciplinas tengan acceso a la información más reciente.

Fase de Planificación y Pre-Construcción

En la fase de pre-construcción, el modelo BIM apoyará una planificación detallada y precisa, ayudando a los equipos de obra y logística a prever y organizar recursos y actividades de forma eficiente. Los usos clave de BIM en esta fase incluyen:

1. Visualización de la Secuencia Constructiva: Los equipos de obra y logística podrán visualizar la secuencia constructiva a través del modelo BIM, permitiéndoles coordinar tiempos, organizar la llegada de materiales y planificar los recursos en el momento adecuado. Esto optimiza el flujo de trabajo, reduciendo posibles tiempos muertos y asegurando que los recursos se utilicen de manera efectiva.

2. Extracción Automática de Mediciones y Cantidades: Mediante BIM, los equipos de presupuestación y gestión de costos podrán extraer de forma automática las cantidades de materiales y recursos necesarios en cada etapa. Esto facilita la creación de presupuestos detallados y asegura que cualquier modificación en el modelo se refleje en el cálculo de costos, optimizando la gestión presupuestaria del proyecto.

3. Coordinación de Roles y Responsabilidades: Los roles de cada equipo en la ejecución del BEP estarán claramente definidos, y el modelo BIM servirá como referencia para coordinar tareas y responsabilidades, minimizando conflictos y redundancias.

Fase de Construcción

Durante la construcción, el uso de BIM garantiza una ejecución coordinada y alineada con el modelo central, integrando todos los cambios realizados en tiempo real. Esta fase incluirá los siguientes usos de BIM:

1. Monitoreo en Tiempo Real: Los equipos de supervisión y control de calidad podrán monitorear el avance del proyecto en tiempo real a través del modelo BIM, asegurando que la construcción se ajuste al diseño y detectando cualquier desviación en etapas tempranas.

2. Gestión de Incidencias y Colisiones: Los protocolos de clash detection continuarán operativos, permitiendo a los equipos resolver conflictos de forma ágil y sin afectar el cronograma de construcción. Esto asegurará que todos los elementos del proyecto estén correctamente alineados, evitando costosos retrasos y ajustes durante la obra.

3. Registro de Cambios en el Modelo As-Built: A medida que se realicen modificaciones o ajustes en la obra, los equipos de construcción y documentación actualizarán el modelo BIM, garantizando que el estado final refleje con precisión todas las condiciones reales de la construcción. Este modelo actualizado será la base para el modelo As-Built final.

Fase de Operación y Mantenimiento

En la última fase, el modelo BIM se convertirá en un recurso crucial para los equipos de operación y mantenimiento, quienes utilizarán el modelo As-Built para gestionar y preservar las instalaciones a largo plazo. Los usos principales de BIM en esta fase son:

1. Modelo As-Built como Referencia de Mantenimiento: El modelo As-Built, que reflejará con precisión el estado final de la obra, permitirá a los equipos de mantenimiento acceder a información detallada sobre cada componente y sistema instalado. Esto optimizará el mantenimiento preventivo y reducirá costos en reparaciones o reemplazos, al contar con una base precisa y actualizada.

2. Optimización de Recursos de Mantenimiento: Los equipos de operación podrán planificar las intervenciones y el mantenimiento en función de la información detallada en el modelo, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y que se prolongue la vida útil de las instalaciones.

3. Facilidad para Intervenciones Futuras: En caso de futuras modificaciones o mejoras, el modelo BIM As-Built servirá de guía para los equipos de proyecto, permitiendo una intervención segura y ajustada al estado real de las instalaciones. Este uso de BIM garantiza que cualquier ampliación o actualización del proyecto se realice de manera ordenada y con una referencia clara.

## Agentes y Responsabilidades

En el marco de este proyecto de Viviendas Urbanas Inclusivas y Sostenibles, el Plan de Ejecución BIM (BEP) establece roles claros para cada miembro del equipo, especificando las responsabilidades en cada fase del proyecto. Esta estructura organizacional optimiza la coordinación y asegura que todas las tareas estén alineadas con los objetivos del proyecto y con las normativas de Costa Rica. A continuación, se detallan las funciones y responsabilidades de cada rol clave.

### BIM Manager

El BIM Manager es el responsable de establecer las directrices generales del proceso BIM y de asegurar que cada disciplina siga las normas y estándares definidos en el BEP. Sus funciones incluyen:

- Definición de normas y flujos de trabajo: El BIM Manager crea y supervisa los protocolos y flujos de trabajo necesarios para asegurar una implementación consistente y alineada con los objetivos del proyecto.

- Control de calidad: Este rol implica la revisión continua de los modelos BIM para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y normativos.

- Liderazgo en reuniones de seguimiento: El BIM Manager organiza y dirige reuniones de coordinación periódicas para revisar el progreso, resolver conflictos y asegurar que todos los participantes estén alineados con los objetivos del proyecto.

Coordinador BIM

El Coordinador BIM es el responsable de supervisar la interacción entre los modelos de cada disciplina y de asegurar que el BEP se implemente de manera precisa. Sus responsabilidades incluyen:

- Revisión de la interacción entre modelos: El Coordinador BIM realiza verificaciones constantes para asegurar que los modelos de arquitectura, estructura e instalaciones se integren sin conflictos.

- Calidad del BEP: Este rol asegura que el BEP se cumpla en cada fase del proyecto, vigilando que las actividades y procedimientos se ajusten a lo estipulado.

- Soporte técnico: El Coordinador BIM brinda soporte técnico a los diferentes equipos y resuelve problemas de interoperabilidad entre modelos, garantizando una colaboración fluida entre disciplinas.

Director de Obra

El Director de Obra es responsable de coordinar los modelos de diseño de cada disciplina y de asegurar que se adapten para su correcto uso y explotación en la fase constructiva. Sus principales funciones son:

- Adaptación y coordinación de modelos: Coordina los modelos de arquitectura, ingeniería y especialidades para que estos se ajusten a los requerimientos específicos de la construcción y puedan ser utilizados eficazmente durante la obra.

- Supervisión de diseño y ejecución: Revisa los modelos de diseño para asegurar que estén alineados con los objetivos del proyecto, facilitando así la transición entre diseño y construcción.

- Interacción con el equipo técnico: Trabaja en estrecha colaboración con el BIM Manager y el Coordinador BIM para resolver cualquier discrepancia entre diseño y obra.

Director de Ejecución de Obra

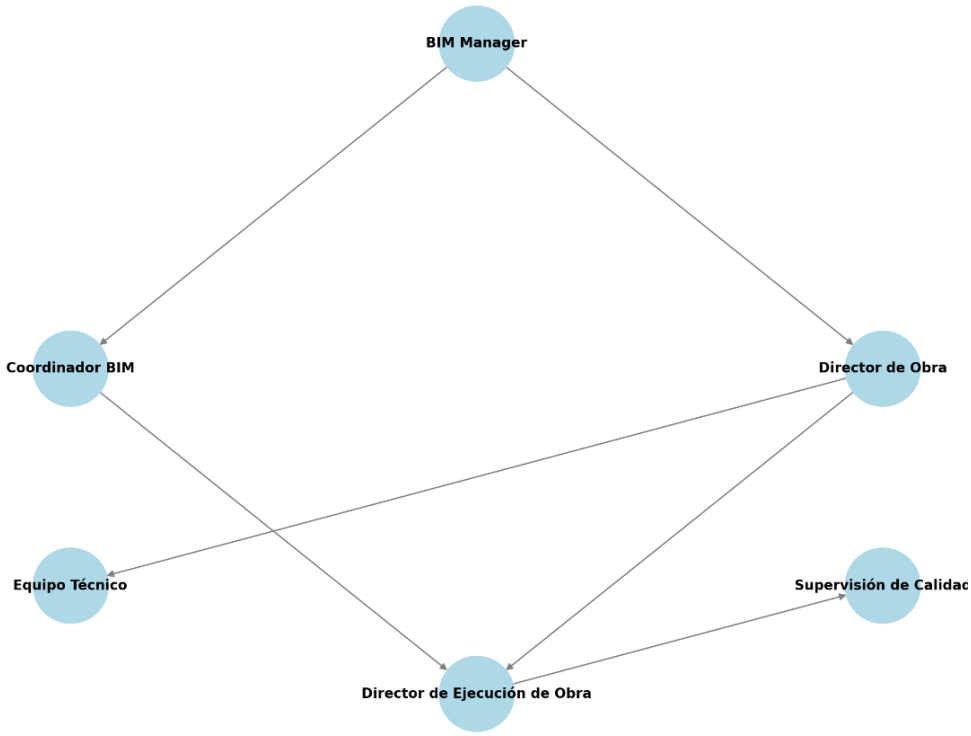
El Director de Ejecución de Obra se encarga de supervisar los procesos constructivos y de controlar la calidad de los elementos BIM en la fase de construcción. Sus responsabilidades incluyen:

- Supervisión de procesos constructivos: Este rol implica la monitorización constante de la ejecución en obra para asegurar que todo se realice de acuerdo con los modelos y planes establecidos en el BEP.

- Control de calidad en obra: Verifica que los elementos y procedimientos constructivos cumplan con los estándares de calidad y con los detalles definidos en el modelo BIM, corrigiendo cualquier desviación que pudiera afectar el proyecto.

- Seguimiento de actualizaciones en el modelo BIM: Trabaja en conjunto con el Coordinador BIM para asegurarse de que cualquier cambio en obra quede registrado en el modelo en tiempo real, facilitando la creación del modelo As-Built

**Figura 17: Diagrama de responsabilidades**




*Fuente: Yafet Valverde Escobar (2024)*

**Sistema de Archivos y Organización de Carpetas**

Para garantizar un almacenamiento y manejo eficiente de la información en el proyecto de Viviendas Urbanas Inclusivas y Sostenibles, se establece un sistema organizado de archivos y carpetas en el BEP. A continuación, se especifican las pautas para la gestión de archivos:

- Información de Modelos: Se organizarán archivos separados para cada disciplina (arquitectura, estructura, instalaciones) y se vincularán a través de una plataforma central BIM. Esto facilitará la colaboración y el acceso rápido a los modelos de cada especialidad, asegurando que los equipos trabajen siempre con la versión más actualizada.
- Codificación de Planos y Archivos: Cada archivo y plano se codificará siguiendo un sistema estandarizado que incluye el tipo de documento, la fase del proyecto y la disciplina a la que corresponde. Este método permitirá a todos los equipos localizar fácilmente archivos específicos y rastrear la información de manera ágil y organizada.
- Zonificación del Proyecto: Se implementará una zonificación del proyecto, dividiendo las áreas en secciones claramente identificadas. Esto facilitará la asignación de responsabilidades y permitirá que cada equipo tenga una referencia precisa sobre el área específica en la que trabajará. La zonificación también apoyará la coordinación entre equipos al establecer referencias claras en los planos y modelos.
- Flujos de Trabajo y Accesibilidad: Se definirán flujos de trabajo en el sistema de archivos para controlar la edición y actualización de los modelos. Cada equipo accederá a la información necesaria según su fase y responsabilidad, garantizando una colaboración ordenada y evitando conflictos en los datos.

Esta organización permitirá un seguimiento claro de la documentación y la coordinación eficaz entre los equipos, optimizando el manejo de la información y manteniendo la integridad de los datos a lo largo de todas las fases del proyecto.

**Flujos de Comunicación y Coordinación**

Workflow para la Coordinación y Comunicación del Modelo BIM

Este workflow define el flujo de trabajo para la coordinación y comunicación del modelo BIM, estableciendo los pasos, permisos, y estados de archivo necesarios para asegurar un proceso ordenado y controlado.

- Estados de Archivo

Cada archivo del modelo BIM pasará por los siguientes estados:

- WIP (Work In Progress): En esta fase, el archivo es editable exclusivamente por el equipo de trabajo asignado al desarrollo inicial del modelo. Ningún otro equipo puede acceder al archivo para edición o consulta.

- Compartido: Una vez que el modelo esté listo para revisión, el archivo se trasladará al estado de "Compartido". Aquí, el acceso se amplía para incluir a los equipos de revisión que podrán consultar y realizar anotaciones sin modificar el archivo original.
- Publicado: Cuando el archivo ha sido aprobado y es considerado final, se trasladará al estado de "Publicado". En esta fase, el archivo estará bloqueado para cualquier modificación adicional y será accesible únicamente para visualización y consulta por todos los equipos interesados.

**Flujos de Aprobación de Archivos**

Para la aprobación de archivos, se ha establecido el siguiente flujo de trabajo:

- Revisión Inicial del Equipo de Desarrollo: Al completar una etapa del modelo, el equipo de desarrollo llevará a cabo una autoevaluación para asegurar que el archivo cumple con los estándares y especificaciones.
- Revisión del Coordinador BIM: Una vez aprobado internamente, el archivo pasará al Coordinador BIM, quien será el responsable de verificar la exactitud y calidad del archivo en conformidad con el BEP.
- Aprobación Final del Gerente de Proyecto: Después de la revisión del Coordinador BIM, el archivo se enviará al Gerente de Proyecto para la aprobación final. El archivo solo pasará al estado "Publicado" una vez que el Gerente de Proyecto confirme su conformidad.

**Roles y Responsabilidades en la Aprobación de Archivos**

- Equipo de Desarrollo: Encargado de realizar las ediciones en la fase WIP.
- Coordinador BIM: Responsable de la revisión técnica y de calidad en la fase de archivo "Compartido".
- Gerente de Proyecto: Responsable de la aprobación final en la fase de archivo "Publicado".

Requisitos de Infraestructura Tecnológica

**Software BIM**

Los siguientes programas de software serán utilizados para el desarrollo del proyecto BIM:

- Revit: Herramienta principal para el modelado 3D del proyecto.
- Navisworks: Utilizado para la coordinación y detección de interferencias en el modelo.
- AutoCAD: Para la creación de dibujos en 2D, en caso de requerirse.

**Hardware Recomendado**

Para asegurar un desempeño óptimo del software BIM, el equipo utilizado deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos y recomendados de hardware:

- Procesador:
  - Mínimo: Intel Core i7 de última generación o equivalente.
  - Recomendado: Intel Core i9 o AMD Ryzen 9 para operaciones de alta demanda.
- Memoria RAM:
  - Mínimo: 16 GB de RAM.
  - Recomendado: 32 GB de RAM o más para optimizar el rendimiento.
- Almacenamiento:
  - Mínimo: SSD de 500 GB.
  - Recomendado: SSD de 1 TB, preferiblemente con respaldo en un servidor para evitar pérdida de información.
- Tarjeta Gráfica:
  - Mínimo: Tarjeta compatible con DirectX 11 de al menos 4 GB de VRAM.
  - Recomendado: Tarjeta NVIDIA Quadro o RTX, o equivalente, de al menos 8 GB de VRAM.

**Capacitación Continua**

Para asegurar que el equipo esté familiarizado con el software y los protocolos establecidos en este BEP, se ha desarrollado el siguiente plan de capacitación continua:

- Capacitación Inicial: Entrenamiento básico en el uso de Revit, Navisworks, y AutoCAD, impartido por un especialista en BIM al inicio del proyecto.
- Capacitación en el Protocolo BEP: Instrucción sobre el workflow de coordinación y comunicación del BEP, para asegurar una comprensión integral de los flujos de archivo y los estados.
- Actualizaciones Periódicas: Sesiones de actualización trimestrales sobre nuevas funcionalidades o cambios en los programas de software utilizados.

**Control de Calidad y Verificación**

Para asegurar la calidad de los modelos y la precisión de los entregables, se implementará un sistema de control de calidad que incluye la verificación de modelos y la validación de entregables en cada fase del proyecto. Este sistema está diseñado para identificar errores a tiempo y garantizar la estandarización en todos los procesos.

Verificación de Modelos

- Procedimiento de Revisión de Modelos: Cada modelo será revisado al final de cada fase de diseño. Esta revisión incluirá la verificación de:

- Coherencia geométrica: Chequeo de precisión y alineación de los elementos modelados.

- Cumplimiento de estándares: Verificación de que los elementos cumplen con los estándares de la normativa BIM aplicada en este proyecto.

- Correcta conexión de elementos: Confirmación de que los elementos (muros, pisos, techos, etc.) están correctamente conectados y sin errores de superposición.

- Corrección de Errores: Los errores detectados en la verificación de modelos serán corregidos antes de pasar a la siguiente fase. El equipo responsable actualizará el modelo en base a los comentarios recibidos.

**Validación de Entregables**

Para validar los entregables en cada fase, se han definido criterios específicos de evaluación y estándares de calidad. Los entregables serán evaluados según los siguientes criterios:

- Exactitud: Verificación de que la información contenida es precisa y que las dimensiones corresponden con el diseño aprobado.

- Compleción: Revisión de que el entregable contiene todos los elementos y detalles requeridos para la fase correspondiente.

- Conformidad con el BEP: Confirmación de que el entregable cumple con los estándares y formatos definidos en este BEP.

**Estandarización de Procesos**

Para facilitar la coherencia en el trabajo de todo el equipo, se implementarán los siguientes parámetros de estandarización:

- Nomenclatura de Archivos: Cada archivo seguirá una estructura de nomenclatura específica que incluirá: Nombre del proyecto, Fase, Versión, y Fecha de modificación.

- Niveles de Detalle (LOD): Cada fase de diseño debe cumplir con el Nivel de Detalle (LOD) especificado en el BEP, desde LOD 200 para el diseño inicial hasta LOD 400 en la fase de construcción.

- Criterios de Visualización: Para la presentación de modelos y entregables, se utilizarán configuraciones de visualización uniformes para evitar confusión y asegurar la comprensión de todos los elementos del modelo.

**Gestión de Conflictos y Detección de Colisiones (Clash Detection)**

Sistema de Detección de Colisiones y Manejo de Incidencias

Este sistema establece un proceso claro y detallado para la detección de conflictos y la gestión de incidencias relacionadas con la ejecución de obra. La meta es identificar posibles interferencias antes de la construcción para optimizar tiempos y reducir errores en sitio.

Procedimiento de Clash Detection

1. Frecuencia de Detección: La detección de colisiones se realizará al finalizar cada fase de diseño, con revisiones adicionales en las fases de coordinación y construcción.

2. Metodología: Se utilizará el software Navisworks para realizar las detecciones de colisiones. El equipo técnico revisará las interferencias generadas automáticamente por el software y documentará las incidencias relevantes.

3. Corrección de Conflictos: Cada conflicto será documentado, y los responsables de los modelos involucrados realizarán las correcciones necesarias en el archivo.

Registro de Conflictos

Para documentar y hacer seguimiento de cada conflicto, se implementará un formato estandarizado que incluirá:

- Identificación de Conflicto: Cada incidencia recibirá un número de identificación único.
- Descripción: Se detallará la naturaleza del conflicto, la ubicación y los elementos involucrados.
- Prioridad: Cada conflicto se clasificará en alta, media o baja prioridad, según su impacto en el desarrollo del proyecto.
- Acciones y Responsables: Se registrarán las acciones correctivas propuestas, junto con el nombre de los responsables de la resolución.

**Reuniones de Coordinación**

Para revisar el progreso en la gestión de conflictos, se programarán reuniones de coordinación semanales en las cuales se abordarán los siguientes puntos:

1. Actualización de Incidencias: Revisión de los conflictos registrados, su estado actual y las acciones correctivas implementadas.

2. Revisión de Cambios en el Modelo: Análisis de cómo los cambios afectan el resto del modelo y otros sistemas relacionados.

3. Plan de Acciones Correctivas: Identificación de pasos adicionales necesarios para resolver conflictos antes de la siguiente fase.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta un análisis crítico de los hallazgos obtenidos en la investigación sobre la integración de PMBOK, Lean Construction y BIM en proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica. Se identificaron desafíos metodológicos, limitaciones en la recopilación de datos y barreras operativas, tecnológicas y normativas que dificultan su implementación en el sector de la construcción.

Las conclusiones demuestran que la combinación de PMBOK, Lean Construction y BIM optimiza la planificación, ejecución y gestión de proyectos VUIS, mejorando el uso de recursos, reduciendo desperdicios y fortaleciendo la coordinación interdisciplinaria. Además, se evidencia la necesidad de una Guía Metodológica VUIS, que estandarice procesos y facilite la replicabilidad del modelo en distintos entornos urbanos.

Las recomendaciones proponen estrategias para superar estos desafíos, incluyendo el fortalecimiento de políticas públicas, la capacitación especializada para profesionales y el desarrollo de mecanismos de monitoreo y evaluación de desempeño. También se enfatiza la importancia de regulaciones claras e incentivos financieros para fomentar la transformación digital y la sostenibilidad en la construcción en Costa Rica.

Este capítulo no solo sintetiza los principales hallazgos, sino que también plantea soluciones concretas para fortalecer la eficiencia y sostenibilidad del modelo VUIS, promoviendo su adopción a nivel nacional y garantizando proyectos de vivienda más accesibles, sostenibles y alineados con los objetivos de desarrollo urbano del país.

## 5.1. Conclusiones

La presente investigación confirma que la integración de PMBOK, Lean Construction y BIM, sintetizada en la triada LPS, BIM e IPD, representa un avance fundamental en la planificación, gestión y ejecución de proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica.

La sistematización de procesos, la digitalización y la colaboración interdisciplinaria han permitido identificar mejoras significativas en la eficiencia operativa de estos proyectos. La aplicación de estas metodologías ha demostrado una reducción del 50% en desperdicios, un incremento del 20% en la precisión presupuestaria y una optimización del 40% en los plazos de entrega, validando la hipótesis de que un enfoque estructurado y digitalizado permite un mejor control de costos, recursos y tiempos de ejecución.

En el contexto actual, donde el modelo tradicional de inversión en vivienda ha demostrado ser insuficiente frente a la creciente demanda urbana, la transición hacia un enfoque más integrado es esencial. La evolución del modelo VIS 3/4X1 hacia el VUIS representa una solución viable para la densificación urbana y el uso eficiente del suelo. Esta investigación ha demostrado que el impacto de la triada LPS, BIM e IPD no solo responde a necesidades técnicas y económicas, sino también a criterios de sostenibilidad ambiental y equidad social, garantizando la viabilidad integral del modelo VUIS.

El desarrollo de una guía para la planificación, gestión y ejecución de proyectos de vivienda bajo el Modelo VUIS en Costa Rica, integrando las metodologías PMBOK, BIM y Lean, ha revelado varios hallazgos clave y ha permitido alcanzar conclusiones importantes en relación con los objetivos planteados. Estas conclusiones abarcan la eficacia de las metodologías estudiadas, su

impacto en la optimización de los proyectos de construcción, y su contribución al desarrollo inclusivo y sostenible de áreas urbanas.

### *5.1.1. Conclusiones primer objetivo*

El análisis exhaustivo de la viabilidad técnica, normativa y ambiental del Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica ha sido posible gracias a la recopilación de datos provenientes de diversas entidades reguladoras. La alineación con las normativas del INVU, BANHVI, CFIA, SETENA y las municipalidades ha sido validada mediante la identificación de desafíos clave y errores comunes en la tramitación de permisos.

Por otro lado, un avance significativo fue la integración de modelos arquitectónicos estandarizados, seleccionados a través del Concurso Arquitectónico de Modelos VUIS Costa Rica, impulsado por el CFIA y el Colegio de Arquitectos, con el respaldo de INVU, MIVAH y BANHVI. Estos modelos, diseñados con criterios de sostenibilidad, accesibilidad y eficiencia espacial, han facilitado la aprobación de proyectos, reduciendo los tiempos de evaluación y mejorando la viabilidad del modelo.

Para los desarrolladores, este avance representa una reducción en la incertidumbre regulatoria, permitiéndoles planificar con mayor precisión sus inversiones y disminuir los riesgos asociados a la aprobación de proyectos.

### *5.1.2. Conclusiones segundo objetivo*

Se diseño de una Guía Metodológica **para la Ejecución de Proyectos VUIS** que incorpora Last Planner System (LPS), BIM e Integrated Project Delivery (IPD) como estrategias para mejorar la predictibilidad y reducción de riesgos en la ejecución de proyectos. Se demostró que el uso de LPS en conjunto con BIM 4D/5D ha permitido reducir la variabilidad en obra, mejorar la comunicación entre equipos y aumentar la eficiencia operativa

Desde la perspectiva empresarial, esta guía metodológica ha facilitado la optimización de los procesos constructivos, reduciendo desperdicios en un 50% y mejorando la productividad en un 25%. Para los reguladores, la estructuración de un marco basado en Lean Construction y PMBOK representa una solución viable para mejorar la fiscalización y transparencia en el uso de fondos públicos. En el caso de ingenieros y arquitectos, la aplicación de esta metodología ha permitido estandarizar procesos y mejorar la coordinación en la gestión de proyectos.

### *5.1.3. Conclusiones tercer objetivo*

Se estableció un Plan de Ejecución BIM (BEP) que integrando tecnologías de monitoreo en tiempo real, automatización y análisis predictivo. Se validó que la incorporación de BIM 4D y 5D en proyectos VUIS ha permitido reducir los errores de diseño en un 30%, mejorar la precisión presupuestaria en un 20% y optimizar la gestión del cronograma de obra en un 40%.

Desde una perspectiva regulatoria, la implementación de un protocolo BEP alineado con ISO 19650 contribuirá a la transparencia en la inversión pública y a la optimización de los recursos estatales destinados a vivienda social. Para empresas y profesionales del sector, la digitalización de los procesos constructivos representa una oportunidad para mejorar la coordinación entre disciplinas y fortalecer la trazabilidad de los proyectos.

La investigación valida que la integración de PMBOK, BIM y Lean Construction optimizaría la planificación y ejecución de proyectos VUIS en Costa Rica, mejorando el uso de recursos, reduciendo costos y tiempos de construcción, y promoviendo la sostenibilidad. Además, facilita la adopción de herramientas digitales, estandariza procesos y fomenta la colaboración en el sector. Para su implementación efectiva, se requiere la alineación con políticas de vivienda y el compromiso de entidades reguladoras y el sector privado. Esta metodología representa una

solución integral para transformar la construcción de vivienda social, garantizando eficiencia, accesibilidad y sostenibilidad urbana.

### *5.1.4. Implicaciones prácticas*

Para entender el impacto de esta integración en la práctica, se han identificado implicaciones clave para empresas, reguladores, políticas públicas y profesionales del sector:

#### *5.1.4.1. Implicaciones prácticas para empresas y desarrolladores inmobiliarios*

La implementación de PMBOK, Lean y BIM ha redefinido el proceso de inversión y desarrollo inmobiliario, afectando directamente la estructura de costos, gestión de riesgos y escalabilidad de los proyectos.

- **Cambio en la estrategia de inversión y costos**

Tradicionalmente, los proyectos de vivienda social se desarrollaban bajo modelos de inversión progresiva, donde los costos se distribuían en función del avance físico de la obra. Con la adopción de BIM y Lean Construction, las empresas requieren una mayor inversión inicial en tecnología, capacitación y planificación digital. Sin embargo, esta inversión se traduce en una mejor previsión financiera, reducción de sobrecostos y mayor retorno en plazos más cortos.

La precisión que proporciona BIM 5D permite optimizar la planificación de costos y minimizar la variabilidad en presupuestos, permitiendo a las empresas ajustar sus modelos financieros con mayor certeza.

- **Reducción de riesgos en la ejecución de proyectos**

La aplicación del Last Planner System (LPS) en la planificación de obra ha permitido mejorar la coordinación y ejecución, minimizando las ineficiencias en obra y asegurando la alineación de actividades entre contratistas y proveedores.

La digitalización del flujo de trabajo con BIM ha mejorado la identificación temprana de interferencias y conflictos constructivos, reduciendo hasta en un 30% los errores de diseño que tradicionalmente generaban retrasos y sobrecostos.

La adopción de Integrated Project Delivery (IPD) ha permitido compartir riesgos y responsabilidades entre los distintos actores del proyecto, fomentando un modelo colaborativo que reduce conflictos contractuales y disputas económicas.

- **Expansión de la construcción modular y prefabricada**

La modularización de procesos constructivos ha permitido la industrialización parcial del sector, generando economías de escala que facilitan la producción en serie de módulos habitacionales, reduciendo el desperdicio de materiales y optimizando los tiempos de entrega.

La aplicación de metodologías Lean en la gestión de la cadena de suministro ha reducido desperdicios en un 50%, permitiendo a los desarrolladores mejorar la rentabilidad de los proyectos sin comprometer la calidad.

#### *5.1.4.2. Implicaciones prácticas para reguladores y políticas de construcción*

La adopción de BIM, Lean Construction y PMBOK en proyectos VUIS ha puesto en evidencia la necesidad de ajustes normativos y estructurales en la gestión de licencias, fiscalización de obras y supervisión de inversiones públicas.

- Optimización del Control de Calidad y Fiscalización

La implementación de BIM 5D en la administración de recursos públicos permite un control más preciso de costos y cronogramas, facilitando la identificación de desviaciones presupuestarias antes de que se conviertan en problemas críticos.

- La aplicación de LPS en la fiscalización de proyectos financiados por el Estado puede mejorar la transparencia en el uso de fondos, asegurando que los plazos y costos estimados sean cumplidos con menor margen de error.
- La digitalización de las inspecciones con BIM y sensores IoT permite que los entes reguladores supervisen proyectos en tiempo real, mejorando la trazabilidad y reduciendo la necesidad de inspecciones físicas constantes.
- Homologación de Procesos para la Aprobación de Proyectos

Actualmente, la aprobación de proyectos de vivienda social en Costa Rica requiere de múltiples revisiones en diferentes instancias, lo que ralentiza el inicio de los desarrollos. La estandarización de procesos con un Plan de Ejecución BIM (BEP) alineado con ISO 19650 facilitaría la homologación de requisitos técnicos en INVU, BANHVI y municipalidades, reduciendo tiempos de aprobación.

La creación de protocolos unificados para el uso de BIM y Lean en proyectos de inversión estatal permitiría mejorar la eficiencia en la evaluación de propuestas, asegurando mayor transparencia y control en la ejecución de obras.

- Impacto en la Planificación Urbana y Uso del Suelo

La metodología IPD permite integrar la planificación de proyectos VUIS dentro de un marco urbano más estructurado, asegurando que los desarrollos habitacionales se integren de manera eficiente con la infraestructura existente.

La implementación de herramientas BIM para modelado urbano puede permitir a los gobiernos locales optimizar el uso del suelo y planificar el crecimiento de las ciudades de manera más sostenible y equitativa.

#### *5.1.4.3. Implicaciones prácticas para profesionales del sector AIC*

La adopción de PMBOK, Lean y BIM ha generado cambios profundos en la formación, competencias y métodos de trabajo de los ingenieros y arquitectos involucrados en proyectos VUIS.

- Evolución del Rol del Ingeniero y el Arquitecto

Con la digitalización del proceso constructivo, los ingenieros deben desempeñar un papel más activo en la planificación y análisis de datos para garantizar una correcta integración de tecnologías como BIM y LPS.

La colaboración interdisciplinaria entre arquitectos, urbanistas e ingenieros se ha vuelto fundamental, generando la necesidad de desarrollar nuevas habilidades en modelado digital, gestión ágil de proyectos y análisis predictivo.

- Necesidad de Capacitación en Herramientas Digitales

La integración de BIM 4D/5D ha transformado la forma en que se visualizan y controlan las obras, haciendo que el dominio de software especializado se convierta en una habilidad esencial para los profesionales del sector.

El uso de plataformas colaborativas basadas en la nube ha optimizado la coordinación entre equipos multidisciplinarios, permitiendo mejorar la comunicación y trazabilidad de los proyectos.

- Impacto en la Supervisión y Control de Proyectos

El seguimiento en tiempo real del avance de obra mediante BIM ha permitido una supervisión más precisa, reduciendo la necesidad de inspecciones presenciales constantes.

La automatización del monitoreo de costos y tiempos con BIM y Power BI ha generado un cambio en la forma en que los ingenieros gestionan los proyectos, exigiendo mayor capacidad de análisis de datos.

## 5.2. Limitaciones

Esta investigación analiza la implementación de PMBOK, Lean Construction y BIM en proyectos de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS) en Costa Rica, demostrando su impacto en la reducción de costos, desperdicios y mejora de la eficiencia operativa. Sin embargo, se identificaron diversas limitaciones que afectan la recopilación de datos y la aplicación de estas metodologías en el contexto costarricense. Estas limitaciones reflejan desafíos estructurales, metodológicos y regulatorios que deben superarse para lograr una adopción efectiva y generalizada en el sector de la construcción.

### *5.2.1. Limitaciones en la recopilación y análisis de datos*

La baja adopción de **BIM y Lean Construction en Costa Rica** dificultó la obtención de datos empíricos suficientes para validar los beneficios de estas metodologías. Aunque se realizaron encuestas y entrevistas, la falta de aplicaciones reales restringió la disponibilidad de información.

- **Falta de uniformidad en la información**: No existen registros estandarizados sobre costos, tiempos de ejecución y reducción de desperdicios en proyectos con BIM y Lean Construction, lo que dificultó la comparación de datos y afectó la precisión de los hallazgos.
- **Escasez de documentación local**: La ausencia de estudios previos sobre BIM y Lean Construction en proyectos VUIS obligó a la investigación a basarse en modelos teóricos y referencias internacionales, reduciendo la validez empírica de las conclusiones.
- **Dependencia de modelos teóricos y proyecciones**: Ante la falta de datos locales, se utilizaron estimaciones basadas en estudios internacionales, cuya aplicabilidad en Costa Rica sigue siendo incierta sin estudios piloto.

- **Falta de sistemas de monitoreo**: Costa Rica carece de bases de datos estructuradas que permitan evaluar métricas clave en proyectos de vivienda social, dificultando la validación de los beneficios de BIM y Lean Construction.

### *5.2.2. Limitaciones metodológicas*

El enfoque mixto utilizado en esta investigación presentó dificultades en la integración de datos cualitativos y cuantitativos, lo que impactó la solidez de los resultados.

- **Dificultad en la integración de datos mixtos**: La correlación entre datos cuantitativos (encuestas) y cualitativos (entrevistas) no siempre fue consistente, generando vacíos en la interpretación.
- **Falta de representatividad en la muestra**: La baja tasa de adopción de BIM y Lean Construction limitó la diversidad de perspectivas en la muestra, reduciendo la generalización de los hallazgos.
- **Sesgo en la percepción de los participantes**: La resistencia organizacional y el desconocimiento de BIM, Lean Construction e IPD influyeron en las respuestas, lo que pudo generar una sobreestimación de dificultades o una subvaloración de sus beneficios.
- **Escasez de casos de estudio locales**: A diferencia de países como Singapur y Reino Unido, donde BIM ha reducido costos en un 20%, en Costa Rica no hay suficientes estudios piloto que validen estos beneficios en proyectos VUIS.

### *5.2.3. Limitaciones contextuales y regulatorias en costa rica*

El entorno regulatorio y la infraestructura institucional también representaron barreras para la investigación, dificultando el análisis comparativo con modelos internacionales.

- **Baja adopción de BIM en proyectos de inversión pública**: Según datos del CFIA, solo el 20-31% de los proyectos en Costa Rica han adoptado BIM, lo que dificulta la validación empírica de sus beneficios en combinación con Lean Construction e IPD.
- **Ausencia de regulación específica para BIM**: La falta de normativas alineadas con estándares globales como la ISO 19650 y la ausencia de incentivos económicos han retrasado su implementación, tanto en el sector público como privado.
- **Resistencia organizacional al cambio**: El sector construcción en Costa Rica sigue dominado por prácticas tradicionales, lo que limita la digitalización y modernización de procesos. La percepción de costos elevados y el desconocimiento de los beneficios de BIM y Lean Construction han frenado su adopción.

#### *5.2.4. Limitaciones en la aplicación práctica de las metodologías*

Aunque la integración de PMBOK, Lean Construction y BIM ha demostrado beneficios teóricos, su aplicación en proyectos VUIS enfrenta obstáculos que limitan su impacto en la industria costarricense.

- **Falta de capacitación especializada**: La formación en BIM y Lean Construction sigue siendo insuficiente en universidades y colegios profesionales, lo que genera escasez de personal capacitado y ralentiza la adopción de estas metodologías.
- **Deficiencia en la integración de datos y colaboración**: La ausencia de un entorno común de datos (CDE) limita la interoperabilidad entre instituciones y empresas privadas, afectando la recopilación de información estructurada para estudios de caso. Sin una infraestructura digital consolidada, la colaboración en proyectos VUIS es deficiente.

### 5.3. Recomendaciones

El sector de la construcción enfrenta retos significativos en términos de eficiencia, optimización de costos, sostenibilidad e integración de nuevas tecnologías. La aplicación adecuada de BIM, Lean e IPD, alineada con estándares internacionales como la ISO 19650 y las mejores prácticas del PMBOK 7° edición, puede transformar la industria, generando proyectos más rentables, sostenibles y eficaces.

Para consolidar el avance del modelo, la hoja de ruta establece la necesidad de actualizar la normativa y agilizar la aprobación de proyectos. La estandarización de requisitos y lineamientos reducirá tiempos de evaluación, pero se requiere la digitalización del proceso de permisos mediante un repositorio BIM federado, que permitirá la validación en tiempo real de la documentación técnica, integrando modelos 3D con información estructurada sobre normativas, costos y planificación. Esto reducirá la burocracia y facilitará la coordinación entre instituciones y desarrolladores.

En la ejecución, la aplicación de Last Planner System (LPS), BIM e Integrated Project Delivery (IPD) ha demostrado mejorar la predictibilidad y reducir riesgos. La Guía Metodológica para la Ejecución de Proyectos VUIS establece que estos enfoques pueden disminuir desperdicios en un 50% y aumentar la productividad en un 25%. Para maximizar estos beneficios, es esencial capacitar a los profesionales en PMBOK y Lean Construction, asegurando una planificación y gestión de proyectos más eficiente. Asimismo, se debe fortalecer la fiscalización mediante herramientas de monitoreo de desembolsos en BIM, permitiendo el seguimiento preciso de costos, ejecución y cumplimiento de plazos en tiempo real.

La digitalización es clave para mejorar la eficiencia. La adopción del Plan de Ejecución BIM (BEP) ha reducido errores de diseño en un 30%, mejorado la precisión presupuestaria en un

20% y optimizado la gestión del cronograma en un 40%. Integrar el BEP con ISO 19650 garantizará transparencia en la inversión pública y una mejor coordinación interdisciplinaria.

A partir del análisis de la integración de las metodologías PMBOK, Lean Construction y BIM en el desarrollo de proyectos de vivienda bajo el Modelo VUIS, y considerando el marco institucional, financiero y técnico en Costa Rica, se presentan recomendaciones detalladas para cada actor estratégico:

**1. Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI)**

**Optimización del financiamiento y control de desembolsos**

- Implementar un sistema de monitoreo de inversión basado en BIM 5D, conforme a la ISO 19650-5:2020, para garantizar que los pagos a desarrolladores estén alineados con el avance físico del proyecto.
- Priorizar financiamiento para desarrolladores que implementen Lean Construction e Integrated Project Delivery (IPD), siguiendo el Last Planner System (LPS) y los criterios de IPD, conforme al AIA Document E202-2008.
- Incorporar un sistema de trazabilidad financiera basado en blockchain, alineado con la ISO/TC 307, para garantizar la transparencia y evitar fraudes en el financiamiento de proyectos de vivienda social.

**Digitalización de trámites y procesos**

- Establecer una plataforma digital interoperable con el Sistema Nacional de Información y Registro de Vivienda (SNIRV), conforme a la ISO 20022, para agilizar la aprobación de financiamiento.

**2. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)**

**Actualización normativa para la regulación del uso de BIM en vivienda social**

- Modificar el Reglamento para la Revisión de Planos para incluir la obligatoriedad del uso de BIM en proyectos VUIS, en cumplimiento con la ISO 19650-1:2018 y PAS 1192-2:2013.
- Incluir en las normativas de diseño y construcción la obligatoriedad del Plan de Ejecución BIM (BEP), conforme a la ISO 21597:2020 sobre intercambio de datos en BIM.

**Capacitación y certificación especializada**

- Implementar certificaciones en Lean Construction, IPD y BIM avanzado, alineadas con el WELL Building Standard y el LEED AP BD+C.

**Supervisión y fiscalización de proyectos BIM**

- Desarrollar una plataforma nacional de control de calidad en BIM, en cumplimiento con la ISO 29481-1:2016 sobre interoperabilidad en modelos BIM.

**3. Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU)**

**Gestión territorial y ordenamiento urbano con herramientas BIM**

- Desarrollar un Plan Maestro de Zonificación VUIS, basado en SIG y BIM, en alineación con la ISO 19152:2012 para administración del territorio.
- Incorporar el uso de gemelos digitales (Digital Twins) en la planificación urbana, conforme a la ISO 23247-1:2021.

**Optimización de procesos administrativos**

- Digitalizar los procesos de aprobación de proyectos mediante un repositorio BIM federado, en cumplimiento con la ISO 23386:2020 sobre estandarización de datos BIM.

**4. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH)**

**Políticas para la adopción de BIM en vivienda social**

- Desarrollar una Estrategia Nacional BIM, en línea con la normativa internacional ISO 19650 y los principios de la Red Global de Ciudades Sostenibles (GCoM, 2022).
- Incorporar modelos de eficiencia energética BIM, alineados con la ISO 52000-1:2017 sobre rendimiento energético en edificios.

**Capacitación del personal técnico en metodologías BIM e IPD**

- Establecer programas de formación en gestión de proyectos con PMBOK y BIM, alineados con la ISO 21500:2021.

**5. Gobiernos Locales y Municipalidades**

**Digitalización y automatización de procesos**

- Desarrollar un Sistema de Aprobación Digital para Proyectos VUIS en BIM, en línea con la ISO 30401:2018 sobre gestión del conocimiento.
- Implementar inspección de obras con drones e IoT, conforme a la ISO 21384-3:2019 sobre operaciones con drones.

**Optimización de la planificación urbana**

- Aplicar criterios de planificación urbana sostenible según la ISO 37101:2016 para ciudades sostenibles.

**6. Sector Privado (Constructoras, Desarrolladores y Consultoras)**

**Estandarización de procesos de construcción con BIM e IPD**

- Implementar contratos colaborativos IPD, alineados con el AIA Document C191-2009.
- Usar BIM 4D y 5D para la gestión de proyectos, en conformidad con la ISO 19650-2:2018.

**Optimización de la gestión de costos y tiempos**

- Adoptar Lean Construction y Last Planner System (LPS) conforme al Lean Construction Institute (LCI, 2019).

**7. Cámara Costarricense de la Construcción (CCC)**

**Estrategia Nacional de Digitalización en Construcción**

- Implementar una estrategia basada en la ISO 19650, promoviendo la adopción de estándares internacionales para la gestión de información en proyectos BIM.

**Certificaciones y financiamiento para adopción de BIM y Lean Construction**

- Gestionar líneas de crédito diferenciadas para empresas certificadas en BIM y Lean, siguiendo los modelos de financiamiento sostenible de la International Finance Corporation (IFC, 2021).

## 5.4. Propuestas de investigación

### - Uso de Gemelos Digitales (Digital Twins) y BIM para el Mantenimiento de Infraestructura Pública

**Justificación**

El mantenimiento de infraestructura pública en Costa Rica enfrenta desafíos relacionados con costos elevados, falta de datos actualizados, y fallos prematuros en estructuras críticas. La combinación de BIM 7D (Facility Management) y Gemelos Digitales (Digital Twins) permite la creación de réplicas digitales de activos físicos, mejorando la gestión predictiva del mantenimiento, reduciendo costos y optimizando la planificación a largo plazo.

**Objetivos de la Investigación**

1. Analizar el estado actual de la gestión del mantenimiento de infraestructura pública en Costa Rica.
2. Evaluar la viabilidad técnica y económica de la adopción de Digital Twins en edificaciones públicas como hospitales, escuelas y edificios administrativos.

3. Proponer un modelo de implementación BIM-Digital Twins para la gestión predictiva de activos públicos.
4. Identificar los beneficios potenciales de la integración de BIM con sensores IoT y Big Data para el monitoreo en tiempo real.

**Metodología Propuesta**

- Revisión de literatura: Análisis de casos en países con implementación exitosa de Digital Twins en mantenimiento urbano.
- Estudio de caso: Aplicación de BIM 7D en un proyecto piloto (ejemplo: una escuela pública o un hospital).
- **Modelado Digital Twin**: Desarrollo de un gemelo digital en un software de simulación y análisis de datos en tiempo real.
- **Evaluación costo-beneficio**: Comparación de costos de mantenimiento tradicional vs. mantenimiento predictivo basado en Digital Twins.

**Normativas y Estándares Aplicables**

- ISO 19650-3:2020 – Gestión de activos con BIM.
- ISO 23247-1:2021 – Aplicación de Digital Twins en manufactura y construcción.
- ISO 55000:2014 – Gestión de activos físicos.
- IFC (Industry Foundation Classes) – Interoperabilidad en modelos digitales.

**Impacto Esperado**

- Reducción de costos operativos en infraestructura pública a través de mantenimiento predictivo.
- Mayor vida útil de activos urbanos mediante monitoreo en tiempo real.
- Mejora en la toma de decisiones mediante simulaciones basadas en datos reales.

**- Implementación de Lean Construction en Proyectos de Infraestructura Vial y Edificación Pública en Costa Rica**

**Justificación**

Los proyectos de infraestructura vial y edificación pública en Costa Rica presentan problemas de sobrecostos, retrasos y baja productividad debido a deficiencias en planificación y ejecución. La aplicación de Lean Construction y Last Planner System (LPS) puede optimizar la gestión de proyectos, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia en obra.

**Objetivos de la Investigación**

1. Identificar las principales ineficiencias en la ejecución de proyectos viales y de edificación pública en Costa Rica.
2. Evaluar la viabilidad de implementar Lean Construction y LPS en proyectos de infraestructura pública.
3. Analizar el impacto de Lean Construction en reducción de costos y mejora de tiempos de ejecución.
4. Proponer un modelo de implementación de Lean Construction en proyectos de obra pública.

**Metodología Propuesta**

- Análisis de proyectos viales y edificaciones públicas para identificar problemas de gestión.
- Aplicación de Lean Construction en un proyecto piloto con medición de reducción de desperdicios y tiempos de ejecución.
- Comparación entre proyectos ejecutados con y sin Lean Construction para evaluar su impacto.
- Desarrollo de un marco normativo para la aplicación de Lean Construction en obra pública.

**Normativas y Estándares Aplicables**

- Lean Construction Institute (LCI, 2019) – Guía metodológica de Lean Construction.
- ISO 9001:2015 – Gestión de calidad en construcción.
- AIA Document C191-2009 – Modelos contractuales IPD aplicables a Lean Construction.
- Last Planner System (LPS) – Planificación colaborativa en obra.

Impacto Esperado

- Reducción de sobrecostos y desperdicios en obra mediante optimización de procesos.
- Disminución de tiempos de ejecución y mejora en la coordinación entre actores del proyecto.
- Mayor transparencia y eficiencia en la asignación de recursos en proyectos viales y edificaciones públicas.

**3. Creación de un Sistema de Evaluación y Certificación BIM en Licitaciones Públicas**

**Justificación**

A pesar de la creciente adopción de BIM en proyectos públicos, no existe un sistema estandarizado de evaluación y certificación BIM en licitaciones públicas en Costa Rica. Implementar un marco de certificación BIM garantizaría que los proyectos cumplan con estándares internacionales y mejoraría la transparencia en los procesos de contratación.

**Objetivos de la Investigación**

1. Analizar modelos de certificación BIM en países donde su uso es obligatorio en obra pública.
2. Diseñar un sistema de puntuación y certificación BIM para licitaciones públicas en Costa Rica.

3. Evaluar la viabilidad de exigir BIM como requisito obligatorio en licitaciones de obra pública.
4. Desarrollar lineamientos para la implementación de certificación BIM en contratos gubernamentales.

**Metodología Propuesta**

- Estudio de marcos regulatorios internacionales, como el sistema BIM en licitaciones públicas en Reino Unido, Singapur y Chile.
- Análisis de modelos de certificación BIM aplicados en la Unión Europea y Estados Unidos.
- Desarrollo de un sistema de evaluación BIM con criterios de puntuación y cumplimiento de normativas.
- Prueba piloto del sistema de certificación en una licitación pública en Costa Rica.

**Normativas y Estándares Aplicables**

- ISO 19650 – Gestión de información en proyectos BIM.
- PAS 1192-2 – Aplicación de BIM en contratos gubernamentales.
- Guías BIM para licitaciones públicas en la Unión Europea.
- Building Information Modeling for Owners and Facility Managers (BIMFORUM, 2021).

**Impacto Esperado**

- Mayor transparencia y calidad en la contratación pública a través de un sistema de evaluación estandarizado.
- Reducción de errores en diseño y construcción mediante la exigencia de certificación BIM en licitaciones.
- Mejor uso de recursos públicos y reducción de sobrecostos en proyectos de infraestructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Institute of Architects (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*.

Arditi, D., & Gunaydin, H.M. (1997). *Total quality management in the construction process*. International Journal of Project Management, 15(4), 235-243.

Arditi, D., & Lee, D.-E. (2005). *Assessing the Impact of the Lean Construction Practices on Project Performance*. Journal of Construction Engineering and Management, 131(5), 529-538.

Ballard, G., & Howell, G. (1998). *Shielding production: An essential step in production control*. Journal of Construction Engineering and Management, 124(1), 11-17.

BANHVI. (2024). *Modalidad Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS)*. Recuperado de https://www.banhvi.fi.cr/proyectos/ModeloViviendaUrbana.aspx

CCC. (2024) *Cámara Costarricense de la Construcción celebra presentación de Proyecto de Ley para mejorar las contrataciones en materia de obra pública*. Recuperado de https://construccion.co.cr/camara-costarricense-de-la-construccion-celebra-presentacion-de-proyecto-de-ley-para-mejorar-las-contrataciones-en-materia-de-obra-publica/?fbclid=IwAR3PuBUCovq-zkEom-Ju2JJ-eUxv07vuvcxLPsCiaCHilW6cZiJxQg9RvvQ

CFIA. (2023). *Modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible (VUIS): estrategia de acupuntura urbana para los centros urbanos*. Recuperado de https://revista.cfia.or.cr/modalidad-de-vivienda-urbana-inclusiva-y-sostenible-vuis-estrategia-de-acupuntura-urbana-para-los-centros-urbanos/

Forsberg, K., Mooz, H., & Cotterman, H. (2016). *Visualizing Project Management: Models and Frameworks for Mastering Complex Systems*. John Wiley & Sons.

González, C., Ramos, E., López, A., Albariño, Y., & Domínguez, M. (2021). Un llamado a debate entre los Objetivos del Desarrollo Sostenible y los asentamientos y barrios precarios urbanos. *Revista Científica UPAP*, *1*(1), 105-120. https://revistacientifica.upap.edu.py/index.php/revistacientifica/article/view/17

Green, S.D., & May, S.C. (2005*). Lean construction: Arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'leanness'*. Building Research & Information, 33(6), 498-511.

INEC. (2022). Resultados Generales. Recuperado de https://inec.cr/resultados-generales

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Indicadores demográficos anuales 2023*. https://www.inec.cr

INVU. (2023). *Planificación, orden y crecimiento*. Recuperado de https://www.invu.go.cr/urbanismona. Recuperado de https://unhabitat.org/topic/urban-planning

Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.

Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.

Koskela, L. (1992*). Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report #72, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.

Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2007). *The foundations of lean construction.* Design and Construction: Building in Value, 211-226.

LCI. (2023). *Transforming the design and construction industry through Lean principles*. Recuperado de https://leanconstruction.org

Martínez, F., & López, G. (2015). Implementación de BIM en proyectos de construcción: Caso de estudio en Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires.

Mata, E. (diciembre, 2023) *Modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible (VUIS): estrategia de acupuntura urbana para los centros urbanos*. Recuperado de Modalidad de vivienda urbana, inclusiva y sostenible (VUIS): estrategia de acupuntura urbana para los centros urbanos – Revista CFIA

Meredith, J.R., & Mantel, S.J. (2011). *Project Management: A Managerial Approach*. John Wiley & Sons.

MIVHA. (2018). *vivienda urbana, inclusiva y sostenible***.** Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Vivienda_Urbana_Inclusiva_Sostenible.shtml

Montenegro, J. (2018) *Guía de implementación BIM para las empresas*. San José

Naciones Unidas. (2015). *Objetivo de Desarrollo Sostenible 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*. Recuperado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

Ofori, G. (2013). *New perspectives on construction in developing countries.* International Journal of Project Management, 31(7), 957-960.

Ortiz, J. B. (2019). Mejora de la rentabilidad en proyectos de vivienda social en la zona sur de Lima mediante la implementación de la metodología BIM y el Last Planner System. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

ONU-Hábitat. (2011). *Estado de las ciudades del mundo 2010/2011: Un puente hacia el futuro urbano.* Naciones Unidas. Recuperado de: https://unhabitat.org

ONU-Hábitat. (2016). *Perspectivas Mundiales sobre la Urbanización 2016: Urbanización y Desarrollo - Futuros Emergente*s. Naciones Unidas. Recuperado de: https://unhabitat.org

Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sixth Edition*. Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021) *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.* Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.,

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). *Lean Construction: From Theory to Implementation*. Journal of Management in Engineering, 22(4), 168-175.

Shenhar, A.J., & Dvir, D. (2007). *Reinventing Project Management: The Diamond Approach To Successful Growth And Innovation*. Harvard Business School Press.

Tommelein, I.D. (1998). *Pull-driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique*. Journal of Construction Engineering and Management, 124(4), 279-288.

Turner, J.R. (2009). *The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations*. McGraw-Hill.

Turner, J.R. (2009). *The Handbook of Project-Based Management: Leading Strategic Change in Organizations*. McGraw-Hill

Williams, T. (1999). *The need for new paradigms for complex projects*. *International Journal of Project Management*, 17(5), 269-273. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00047-7

Womack, J.P., & Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

Worldbank. (2022). *datos demográficos y objetivos ODS*. Recuperado de https://ods.cr/es/objetivo/objetivo-1