

ANÁLISIS DE UN MARCO ESTRATÉGICO BASADO EN MODELOS DE REPRESENTACIÓN PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS CIVILES

ANALYSIS OF STRATEGIC FRAMEWORK BASED ON REPRESENTATION MODELS FOR THE MANAGEMENT OF CIVIL WORKS PROJECTS

Edgar Salvador Millán Torres¹

Álvaro Díaz Barón²

Juan Carlos Molina Duarte³

 <https://orcid.org/0000-0001-6046-1325>

 <https://orcid.org/0009-0009-3533-0134>

 <https://orcid.org/0000-0002-0299-8340>

Recibido: 25-02-2026

Aceptado: 07-04-2026

Resumen

Este estudio tiene como propósito proponer un marco estratégico basado en modelos de representación (análogos, simbólicos y físicos) para la gestión integral de proyectos de obras civiles, a partir del análisis de un caso aplicado en un desarrollo habitacional. La investigación se desarrolla desde un enfoque cuantitativo, apoyado en el análisis documental y como estrategia estudio de caso con la revisión sistemática de experiencias técnicas aplicadas a proyectos de construcción de viviendas. A partir de ejemplos, así como de análisis detallados, se examina la utilidad práctica de los modelos en las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, desde la concepción y planificación hasta la ejecución y el seguimiento. Los resultados permiten evidenciar que la incorporación de modelos (análogos, simbólicos y físicos) proporciona un marco sistemático para describir, comprender, explicar y anticipar el comportamiento de los proyectos, consolidándose como un componente estratégico para el desarrollo exitoso de las obras civiles.

Palabras Clave: planificación de proyectos; análisis de sistemas; eficiencia operativa; innovación en la construcción; estrategia; metodologías ágiles.

Abstract

The purpose of this study is to propose a strategic framework based on representation models (analogous, symbolic and physical) for the comprehensive management of civil works projects, based on the analysis of a case applied in a housing development. The research is developed from a quantitative approach, supported by documentary analysis and as a case study strategy with the systematic review of technical experiences applied to housing construction projects. Based on examples, as well as detailed analyses, the practical usefulness of models at different stages of the project life cycle is examined, from conception and planning to execution and monitoring. The results show that the incorporation of models (analogous, symbolic and physical) provides a systematic framework to describe, understand, explain and anticipate the behavior of projects, consolidating itself as a strategic component for the successful development of civil works.

Keywords: project planning; systems analysis; operational efficiency; innovation in construction; strategy; agile methodologies.

¹ Ingeniero de Sistemas. MSc. en Informática Gerencial. Doctorando en Estudios Sociales. Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Departamento de Computación y Sistemas. Venezuela. Esmt141@gmail.com

² Ingeniero Civil, Maestrante en Ingeniería Estructural. Universidad Santa María, Núcleo Oriente, Facultad de Ingeniería. Venezuela. Ing.diazbaron@gmail.com

³ Ingeniero Civil en Informática, con Máster en gerencia y doctorado en Ciencias de la Educación. Universidad Andrés Bello. Chile. jmolina500@gmail.com

Introducción

El mundo es una realidad intrínsecamente compleja y, sobre todo, incierta. En respuesta a estas circunstancias, el ser humano ha desarrollado herramientas destinadas a describir, comprender, explicar y prever los eventos, fenómenos o situaciones que acontecen en diversos ámbitos de la realidad. Según Carvajal (2002), desde una perspectiva epistemológica, los modelos pueden entenderse como representaciones o descripciones de la realidad (tales como hechos, situaciones, fenómenos, procesos, estructuras y sistemas) que se fundamentan en supuestos teóricos.

Los modelos constituyen una parte integral de la vida cotidiana, presentes en ejemplos tan comunes como retratos o globos terráqueos. Además, desempeñan un papel definitivo en ámbitos científicos y empresariales, como se evidencia en modelos que representan desde la estructura del átomo hasta ecuaciones matemáticas que describen leyes físicas o reacciones químicas. Organigramas y sistemas contables son ejemplos valiosos de modelos en la industria, al extraer la esencia de la realidad y facilitar su análisis mediante la visualización de sus interrelaciones.

En este sentido los "modelos" ofrecen una versión simplificada de la realidad, imitando los fenómenos del mundo real con el fin de comprender situaciones complejas y realizar predicciones. Su empleo, comúnmente denominado "modelación", emerge como una herramienta omnipresente en la investigación de sistemas de diversa naturaleza. En el contexto de las organizaciones, los modelos adquieren una relevancia particular al ofrecer una vía para comprender el funcionamiento de dichos sistemas. La utilización de modelos simplifica el análisis de sistemas, incluso en casos donde la complejidad y el tamaño de los conjuntos son significativos, lo que puede resultar en una gran cantidad de componentes e interacciones.

Es por ello que, la labor de modelación se concibe como una actividad técnica equiparable a cualquier otra disciplina, y su complejidad varía en función del problema específico que se aborde. La diversidad de sistemas y la amplia gama de problemas que pueden surgir contribuyen a la variedad de enfoques y metodologías empleadas en la creación y análisis de modelos.

En este contexto, es importante señalar la existencia de tres tipos fundamentales de modelos de presentación, los cuales se detallan a continuación:

Figura 1

Tipos de Modelos

| Tipos de Modelos | Características | Ejemplos |
|------------------|--|---|
| Modelos Físicos | Tangibles Comprensión: Fácil Duplicación y posibilidad de compartirlo difícil Modificación y manipulación difícil Alcance de utilización: mas baja | Modelo de una Casa Modelo de un Avioncillo |
| Modelo Análogo | Intangible Comprensión: mas difícil Duplicación y posibilidad de compartirlo mas fácil Modificación y manipulación mas fácil Alcance mas amplio | Mapas Gráficos de torta |
| Modelo Simbólico | Intangible Comprensión la más difícil Duplicación y posibilidad de compartirlo: las mas fáciles Modificación y manipulación: mas fácil Alcance de utilización mas amplio | Modelos algebraicos Modelos de hoja de calculo |

Fuente: Taha (1989)

En el ámbito de la construcción, si bien existe una amplia adopción de herramientas de modelación en distintas etapas del proyecto, estas suelen implementarse de manera fragmentada, respondiendo a necesidades específicas de diseño, planificación o ejecución, sin una articulación clara entre ellas. Esta situación genera brechas en la gestión del proyecto, tales como inconsistencias entre fases, dificultades en la toma de decisiones y una limitada capacidad para anticipar desviaciones en costos, tiempos y calidad.

A pesar del avance de tecnologías emergentes como BIM, LiDAR y herramientas de simulación, persiste una problemática central, la ausencia de un modelo integrador que permita comprender cómo los distintos tipos de modelos de representación (análogos, simbólicos y físicos) interactúan y contribuyen de manera conjunta a la gestión eficiente de proyectos de obras civiles. En consecuencia, la modelación continúa siendo utilizada más como un recurso operativo que como un eje estratégico dentro del proceso de gestión.

En este contexto, surge la necesidad de repensar el papel de los modelos de representación desde una perspectiva sistémica, que permita no solo describir las fases del proyecto, sino también integrar sus dinámicas, relaciones y procesos de retroalimentación. A partir de esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo proponer un marco estratégico basado en la integración de modelos de representación para la gestión de proyectos de obras civiles, tomando como referencia el análisis de un caso aplicado en un desarrollo habitacional. De allí, se plantea un modelo como representación de estudio para la construcción de un desarrollo habitacional y urbanístico que,

incluye la edificación de 154 viviendas en Nazareno, Municipio San José de Guanipa, Estado Anzoátegui.

Método

Este análisis se organiza en tres etapas fundamentales, la concepción del proyecto, la planificación y la ejecución, entendidas como momentos interrelacionados dentro de un sistema complejo de toma de decisiones. Cada una de estas fases exige una aproximación específica y la utilización de distintos tipos de modelos análogos, simbólicos y físicos que permiten representar, comprender y optimizar los procesos propios de los proyectos de obras civiles. El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, tipo documental con un diseño analítico.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, tipo documental con un diseño analítico, pues el enfoque cuantitativo, busca explicar fenómenos a través de la medición y el análisis estadístico de variable, Sampieri, Collado y Lucio (2014) indican que el enfoque cuantitativo “se caracteriza por la utilización de técnicas estadísticas para la recolección y análisis de datos, enfocándose en la medición objetiva y la generalización de resultados”. Al aplicar este enfoque en una investigación documental, se puede sistematizar la información recopilada mediante técnicas cuantitativas, facilitando la identificación de tendencias, patrones y relaciones entre variables presentes en documentos, informes o bases de datos.

Así, la investigación documental es fundamental para recopilar, analizar y sintetizar información, Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación documental es apropiada para aquellos estudios en los que el investigador no realiza experimentación directa, existente sobre un tema específico, lo cual permite sustentar teóricamente el estudio y establecer un marco de referencia sólido.

Cuando se adopta un enfoque cuantitativo, la investigación documental facilita la obtención de datos numéricos, estadísticas y resultados medibles que contribuyen a la objetividad y precisión del análisis, mediante una estrategia de estudio de caso aplicada a un proyecto habitacional. A partir de estas fuentes, se identifican y clasifican los modelos de representación utilizados en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto: concepción, planificación y ejecución, lo que permite captar la complejidad del fenómeno estudiado y enriquecer la comprensión del rol estratégico de la modelación en la concepción, planificación y ejecución de proyectos, aportando insumos relevantes para su mejora, optimización y éxito operativo.

Análisis

Los resultados del presente estudio permiten evidenciar con claridad que la utilización de modelos de representación a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto es fundamental para su éxito y efectividad. Este enfoque resulta especialmente valioso cuando dichos modelos se estructuran adecuadamente en las tres fases correspondientes: concepción, planificación y ejecución. Cada una de estas fases no debe considerarse de manera aislada, sino como momentos interrelacionados e interdependientes que conforman un sistema complejo de gestión. La integración coherente de los modelos en estas etapas facilita una mejor comprensión del proyecto, mejora la toma de decisiones, optimiza la asignación de recursos, de igual manera permite anticipar posibles riesgos y obstáculos. En última instancia, este proceso contribuye a garantizar que los objetivos del proyecto se alcancen de manera eficiente y sostenible, promoviendo así un manejo integral y dinámico durante todo su desarrollo.

A partir de la revisión documental, se identifican y clasifican los modelos de representación en tres categorías principales: modelos análogos, modelos simbólicos y modelos físicos. Cada uno de estos modelos cumple una función específica en la comprensión, organización y control del proyecto, permitiendo reducir la complejidad inherente a los procesos constructivos, De igual forma facilita la toma de decisiones. En este sentido, los resultados describen la aplicación de estos modelos en el caso analizado, y también permiten establecer relaciones entre ellos, evidenciando su carácter complementario y su aporte estratégico en la gestión integral de proyectos de obras civiles. Esta aproximación constituye la base para la posterior formulación de un modelo estratégico que integra dichas herramientas de representación en un marco coherente y sistemático.

Primera Fase: Concepción del Proyecto

En la primera fase se concentra el proceso inicial de estructuración conceptual y técnica de la obra civil, donde se definen las bases que orientarán su desarrollo posterior. A partir del análisis del caso estudiado, se identifican diversos modelos de representación, principalmente de tipo análogo y simbólico, que permiten interpretar las condiciones del entorno, precisar los requerimientos del proyecto y establecer los lineamientos de diseño. Esta fase integra estudios preliminares, definiciones técnicas, representaciones gráficas que facilitan la comprensión del proyecto en su etapa inicial, constituyéndose en un componente fundamental para reducir la incertidumbre y garantizar la viabilidad de las decisiones posteriores dentro del ciclo de vida del proyecto.

1.- Identificación de las necesidades y Limitaciones

En este modelo, es importante realizar un estudio profundo de la situación actual y las necesidades presentes en la zona geográfica donde se llevará a cabo el proyecto. Este análisis, conocido como estudio del ambiente, constituye un paso fundamental para comprender el entorno en el que se desarrollará la iniciativa. Además, es de suma importancia cumplir con los lineamientos establecidos por el Departamento de Ingeniería Municipal de la respectiva alcaldía. Este departamento, encargado de definir el crecimiento poblacional y su control, proporciona los parámetros esenciales que representan las variables exógenas en este caso de estudio.

2.- Elaboración de Ingeniería Conceptual

En la fase de concepción del proyecto se identifican modelos análogos asociados a la ingeniería conceptual, tales como estudios de suelos, levantamientos topográficos y representaciones tridimensionales, los cuales permiten estructurar la visión inicial del proyecto. Estos estudios son fundamentales para respaldar la viabilidad de la construcción y proporcionar datos de suma importancia para el diseño del proyecto.

Además, durante esta etapa se desarrolla una visualización clara de los objetivos, teniendo en cuenta las restricciones y directrices establecidas por el departamento de ingeniería municipal. Se elaboran documentos detallados y se articula un concepto generador que sirve como punto de partida, ofreciendo un esbozo inicial de lo que se pretende lograr. En resumen, se crea un modelo análogo que representa la visión y los objetivos del proyecto en sus primeras etapas de desarrollo.

Figura 2

Modelo Análogo, Visualización Conjunto Residencial

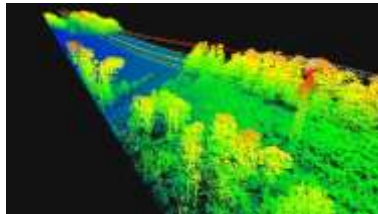


Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de las tendencias actuales el modelado a través de escaneo con sensores ha revolucionado la elaboración de proyectos. El uso de sensores LiDAR genera un mapa digital de puntos que permite realizar un levantamiento tridimensional con una altísima precisión, ideal para realizar levantamiento de terrenos, tramos viales, incluso de estructuras existentes en lugares de difícil acceso (como la parte inferior de algunos muelles, o parte interna de tanques con algún tipo de residuo tóxico). Esta representación digital permite crear un modelo análogo, preciso para iniciar el proyecto con una ingeniería conceptual más cercana a la básica. Esto le puede aportar al desarrollo de las viviendas mayor presión en el levantamiento con tecnologías emergentes (Ver Figura 3).

Figura 3

Fotogrametría realizada con sensor LiDAR



Fuente: <https://www.pix4d.com/es/blog/lidar-fotogrametria/>

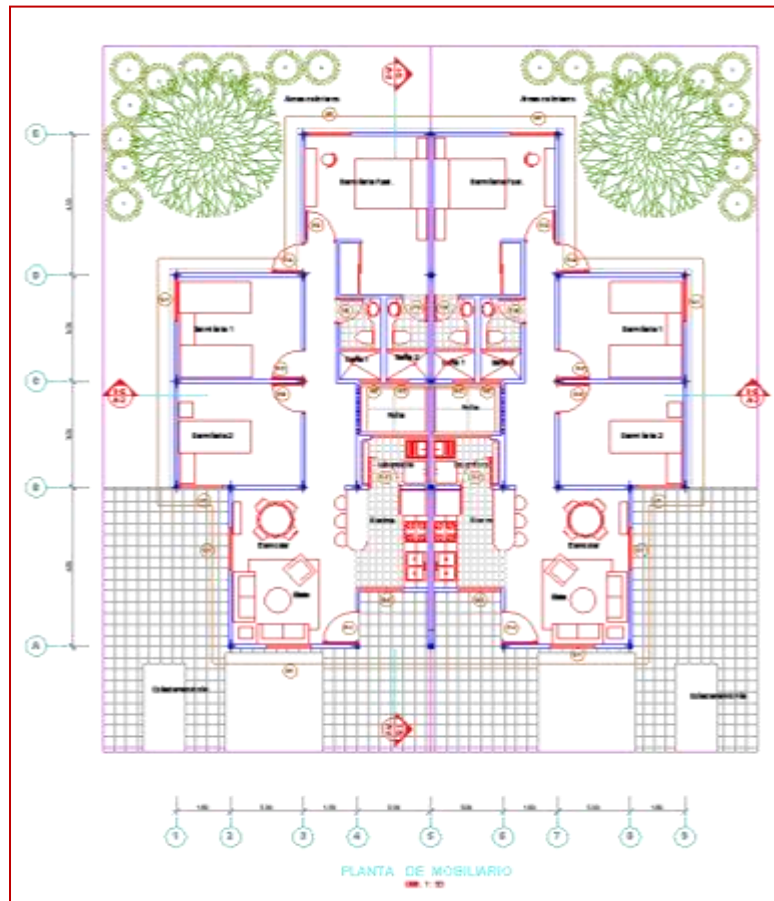
3.- Elaboración de la Ingeniería Básica

En esta etapa, se lleva a cabo una ampliación y profundización del análisis realizado en la fase de ingeniería conceptual previa. Como resultado de este proceso, se obtienen los datos fundamentales que servirán como entrada para el diseño en esta etapa. Aquí, se consolidarán de manera definitiva todos los requerimientos del usuario, las especificaciones básicas del proyecto y la evaluación económica correspondiente.

Una vez que todos los interesados hayan aprobado esta fase, se procederá a la elaboración de documentación técnica, como planos y modelos 3D, que constituyen un modelo análogo del proyecto, así como a la confección de los cómputos métricos.

Figura 4

Modelo Análogo, Plano



Fuente: Elaboración Propia.

Además, se realizará la elaboración del Factor de Costos Asociados al Salario, el Análisis de Precio Unitario, el Presupuesto y la Planificación Preliminar, lo que conforma un modelo simbólico del proyecto en su conjunto.

Figura 5

Modelo Simbólico, Análisis de Precios Unitario



Colegio de Ingenieros de Venezuela
Departamento de Análisis y Costos

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
EDICIÓN: MAYO 2008

DATOS DE LA PARTIDA:

| COVENIN | Unidad | Cantidad del Análisis | Rendimiento | Precio Unitario | F.C.A.S. | Cálculo por Rendimiento |
|---------------|-------------------|------------------------|-------------|-----------------|----------|-------------------------|
| C.108.202.402 | M ³ /M | 1,00 M ³ /M | 175,940 | Bs. 13,91 | 305,15% | |

Descripción de la Partida:
TRANSPORTE MONTAJE DE CAMIONES A DISTANCIAS MAYORES A 200m DE MATERIALES RELATIVO A MOVIMIENTO DE TIERRAS, A DISTANCIAS DE HASTA 1km. Y 2km MEDIDO POR SECCIONES EN SU DIRECCION ORIGINAL.

MATERIALES

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO (Bs.) | TOTAL (Bs.) |
|--------------------------------------|--------|-----------------------------|-------------|-------------|
| - ESTA PARTIDA NO TIENE MATERIALES - | | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| % Costo Directo | 0,00 | Total Materiales Bs: | | 0,00 |
| % Precio Unitario | 0,00 | Unitario de Materiales Bs: | | 0,00 |

EQUIPOS

| DESCRIPCION | CANTIDAD | CCP | COSTO (Bs.) | TOTAL (Bs.) |
|--|----------|--------------------------|-------------|-----------------|
| CAMION VOLVO FIAT M700 E31HT DE 15 MS (24.9 TON) | 1,00 | 0,00247 | 594.568,48 | 1.468,59 |
| % Costo Directo | 76,25 | Total Equipos Bs: | | 1.468,59 |
| % Precio Unitario | 90,17 | Unitario de Equipos Bs: | | 0,37 |

MANO DE OBRA

| DESCRIPCION | CANTIDAD | CCP | COSTO (Bs.) | TOTAL (Bs.) |
|---------------------------------|----------|---|-------------|---------------|
| AYUDANTE | 0,20 | | 44,29 | 8,86 |
| CHOFER DE CAMION MAS DE 15 TONS | 1,00 | | 51,63 | 51,63 |
| AYUDANTE DE OPERADORES | 1,00 | | 44,29 | 44,29 |
| % Costo Directo | 33,81 | Sub-Total Mano de Obra Bs: | | 104,78 |
| % Precio Unitario | 19,81 | Factor de Costos asociados al Salario (205,15%) Bs: | | 219,74 |
| | | Total Mano de Obra + Factor de Costos Bs: | | 424,52 |
| | | Bono Alimenticio (Bs. 16,50 x 2,20) Bs: | | 36,30 |
| | | Total Bono Alimenticio + Mano de Obra + Factor de Costos Bs: | | 460,82 |
| | | Unitario de Mano de Obra Bs: | | 2,63 |
| | | Costo directo por unidad Bs: | | 11,48 |
| | | Administración (15,00%) Bs: | | 1,85 |
| | | Sub-total Administración + Costo directo por unidad Bs: | | 12,65 |
| | | Utilidad (10,00%) Bs: | | 1,26 |
| | | Sub-total Utilidad + Administración + Costo directo por unidad Bs: | | 13,91 |
| | | Precio Unitario sin I.V.A. Bs: | | 13,91 |
| | | Impuesto al valor agregado (I.V.A.) (0,00%) Bs: | | 0,00 |
| | | PRECIO UNITARIO: Bs. 13,91 | | |

ENCA CONSTRUCTORA, C.A.
ENCA CONSTRUCTORA, C.A.

Fuente: Visor de Costos CIV (2008)

4.- Elaboración de la ingeniería de Detalle

La ingeniería de detalle representa una fase de muchas especificaciones en el proceso de desarrollo de proyectos, ya que toma los cimientos establecidos en la ingeniería básica y los enriquece con un nivel de detalle meticuloso. Esta etapa implica un minucioso análisis de cada componente del proyecto, desde su diseño hasta su implementación práctica en el terreno.

Al concluir esta fase, se obtiene un conjunto completo de documentos técnicos, incluyendo especificaciones detalladas y planos precisos, que servirán como guía para la adquisición de equipos y materiales, así como para la ejecución efectiva de las tareas de construcción y montaje. Además, la elaboración de especificaciones técnicas y funcionales, junto con los Planos de Detalle, proporciona una visión clara y completa del proyecto, también garantiza la coherencia y la calidad en todas las etapas subsiguientes del proceso de construcción. De esta manera, la ingeniería de

detalle se erige como un paso fundamental para llevar a cabo proyectos de manera eficiente, segura y exitosa.

Metodología BIM

En la actualidad la humanidad se encuentra en una revolución industrial, como afirma Millan E., Molina J.C y Estanga, M. (2022), “la revolución experimentada en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) durante los últimos años ha dejado una marcada impresión en la sociedad interactúa, aprende y se comunica en la era contemporánea”. En esa constante evolución, la industria de las construcciones civiles no ha sido la excepción. En todas las fases de los proyectos, la incorporación de modelos ha sido una constante ayuda para la planificación y ejecución de las obras civiles, sin embargo, la fase de ejecución de los proyectos siempre ha representado la etapa del proyecto en la que la inversión de esfuerzo y recursos ha sido mayor, y, en consecuencia, los errores o retrasos que se puedan cometer en esta etapa resultan en cuantiosas pérdidas económicas y de tiempo.

En vista de ello, se buscó la manera de incorporar metodologías ágiles al desarrollo e implementación de proyectos civiles, dando origen a la Metodología BIM (*Building Information Modeling*, por sus siglas en inglés), la cual se presenta como una filosofía de diseño colaborativa en la Fase 1 antes descrita (Ingeniería básica, conceptual, de detalle y planificación temporal y de los recursos) en la cual intervienen todos los involucrados en la fase de elaboración de proyecto, al mismo tiempo, quienes trabajan sobre un modelo digital cargada con toda la información suministrada por los proyectistas (véase Figura 6).

Figura 6

Ciclo de vida de una edificación bajo Metodología BIM



Fuente: BIM, metodología colaborativa para estudios de arquitectura. María García Seseña (2022)

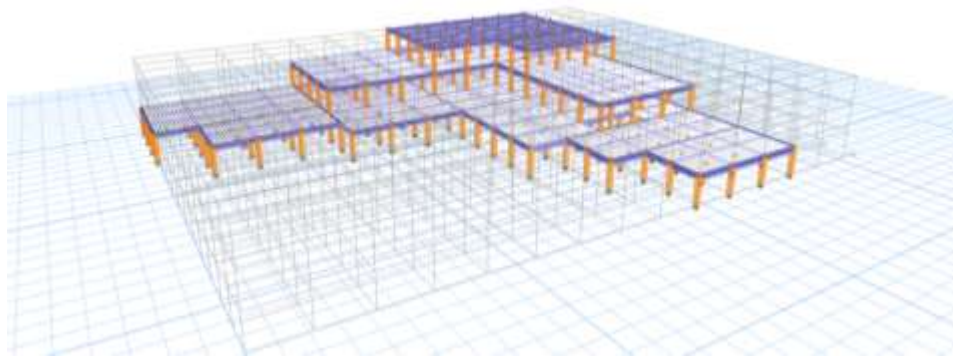
La implementación de esta metodología en el desarrollo del proyecto y ejecución de las viviendas permitiría integrar todo el sistema de gestión, como por ejemplo el diseño, planificación, ejecución y mantenimiento bajo un modelado de datos colaborativo, esto permitiría reducir las inconsistencias que pueden surgir desde las distintas disciplinas, errores de diseño, proporcionando una uniformidad en los entregables que facilitan la integración con los respectivos software de planificación y control

Softwares de análisis estructural

El análisis estructural, cada vez más detallado y con filosofías de diseño más adaptadas al desempeño integral de la edificación ante las solicitudes a las que está sometida, también se apoya en modelos que permitan estudiar con detalle el comportamiento de los elementos que conforman el sistema estructural. Estas herramientas, no necesariamente vinculadas al ecosistema BIM, confeccionan modelos simbólicos, y tienen consideraciones particulares para cada región del mundo en función a los materiales que se utilizan para la construcción y en las acciones que se incorporan a la estructura para su posterior estudio. Entre estos softwares existen dos grandes clasificaciones: los de análisis y diseño integral de las edificaciones, y los de análisis específico de ciertos elementos y su comportamiento interno. Los modelos de análisis y diseño integral, permiten analizar el comportamiento general de la estructura, las deformaciones que esta sufrirá y la especificación de los elementos que están sometidos a mayor o menor esfuerzo interno, a fin de optimizar sus dimensiones (véase Figura 7). Por su parte, los modelos creados para análisis específicos de ciertos componentes permiten analizar las zonas de mayor esfuerzo dentro de un mismo elemento a fin de determinar las consecuencias de alguna falla o colapso estructural, o para diseñar los elementos y conocer cuáles son los detalles de refuerzo constructivo que deben considerarse. Esto se utiliza para el diseño y análisis de losas y fundaciones, Conexiones entre elementos estructurales, esfuerzos propios en las vigas, columnas y tensores (ver Figura 6), entre otras aplicaciones.

Figura 7

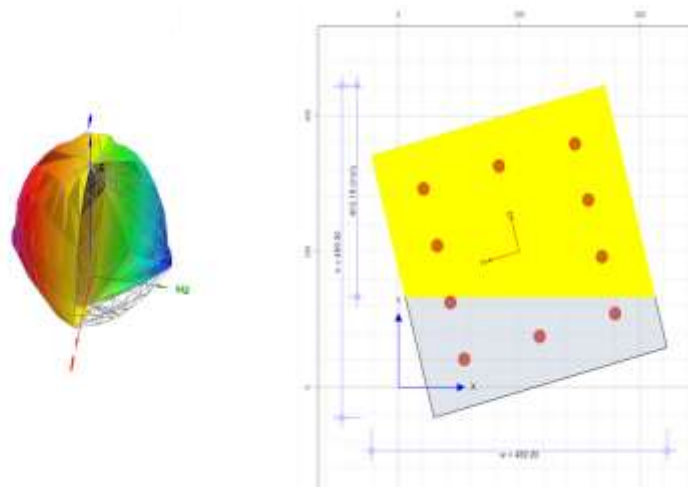
Diseño de edificio de oficinas en concreto armado en CSI ETABS



Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Análisis interno del comportamiento de vigas con propiedades dúctiles modificadas, en CSICol



Fuente: Elaboración propia

Esto permite en el desarrollo del proyecto de la construcción del urbanismo y las viviendas utilizar elementos de simulación como herramienta predictiva y de optimización, siendo capaz de diseñar entornos urbanos que pueden ser más seguros, eficientes y evidentemente mucho más sostenibles, ya que son capaces de anticipar el comportamiento del flujo vehicular y su impacto antes de llevar a cabo el proceso constructivo.

Segunda Fase: Planificación de Obras Civiles

Para la segunda fase del modelo estratégico, el proceso constructivo requiere una organización meticulosa para garantizar la eficiencia en la disposición de los recursos

fundamentales, incluyendo mano de obra, materiales, maquinaria y equipo. El éxito de un proyecto radica en la habilidad para coordinar estos recursos de manera efectiva.

La programación temporal de obras civiles desempeña un papel fundamental al permitir la implementación de modelos tanto análogos como simbólicos. Estos modelos son fundamentales para determinar la utilización óptima y económica de los recursos disponibles.

A continuación, se detallan estos modelos:

Estructura Desglosada del Trabajo

La Estructura desglosada del Trabajo es una técnica de planificación que facilita el modelado análogo del proyecto, permitiendo definir y cuantificar el trabajo a realizar en todas sus etapas. Este proceso de pensamiento tiene como objetivo organizar el proyecto de manera similar a un organigrama empresarial tradicional, donde se establecen roles jerárquicos como director, subdirectores, jefes de departamento y oficina, entre otros. Para elaborar la EDS/WBS, es necesario estructurar las ideas en torno a las actividades y objetivos del proyecto.

Este modelo análogo divide el proyecto global en elementos de trabajo que representan unidades de trabajo singulares, asignadas por la organización. El proceso se inicia subdividiendo el proyecto en tareas asignables y alcanzables por unidades orgánicas o individuos específicos. Estas tareas son luego ejecutadas por componentes funcionales especializados dentro de la organización. El mapa del proyecto muestra esta colección de unidades y proporciona una visión clara de los subsistemas y organismos que se unen para gestionar el proyecto de manera efectiva. A continuación, se presenta un fragmento de la EDS/WBS para la construcción de urbanismo y 154 viviendas en el desarrollo habitacional Nazareno.

Figura 9

Modelo Análogo, WBS

| URBANISMO | | |
|-----------------------------|---------------|--|
| MOVIMIENTO DE TIERRA | | |
| 01 | C-100.100.102 | REMOCIÓN ORDINARIA DE TIERRAS DESECHABLES EN LA BASE DE TERRAPLENES, CON EMPLEO DE MOTOTRAILLAS Y TRACTOR DE EMPUJE, CARGA, TRANSPORTE HASTA 200 mts. DE DISTANCIA Y DESCARGA. |
| 02 | C-100.200.102 | EXCAVACIÓN PARA BANQUEOS EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, CON EMPLEO DE MOTOTRILLA Y TRACTOR DE EMPUJE, CARGA, TRANSPORTE HASTA 200 mts. DE DISTANCIA Y DESCARGA. |
| 03 | C-100.400.101 | CONSTRUCCIÓN DE TERRAZAS CON MATERIAL DE PRESTAMO COMPACTADO MECANICAMENTE CON EQUIPO PESADO. NO INCLUYE SUMINISTRO NI TRANSPORTE DE MATERIAL. |
| 04 | C-106.200.401 | TRANSPORTE URBANO DE CAMIONES A DISTANCIAS MAYORES DE 200 mts. DE MATERIALES RELATIVOS A MOVIMIENTO DE TIERRA, MEDIDO POR SECCIONES A DISTANCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 1 A 2 KMS. |
| 05 | C-106.502 | TRANSPORTE EN CAMIONES PARA BOTE DE MATERIAL PROVENIENTE DE MATERIALES RELATIVOS A MOVIMIENTO DE TIERRA, A DISTANCIAS DES KMS. |
| RED DE GAS | | |
| 06 | U-241.000.000 | REPLANTEO AUXILIAR EN CLOACAS Y ACUEDUCTOS |
| 07 | U-211.100.200 | EXCAVACIÓN DE ZANJA EN TIERRA A MANO ENTRE 0,90 Y 1,50 METROS DE PROFUNDIDAD. |
| 08 | C-100.200.103 | EXCAVACIÓN EN PRESTAMO EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, CON EMPLEO DE MOTOTRILLA Y TRACTOR DE EMPUJE, CARGA, TRANSPORTE HASTA 200 mts. DE DISTANCIA Y DESCARGA. |
| 09 | U-371.000.000 | COMPACTACIÓN DE RELLENOS A MANO CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN. |
| 10 | U-372.000.000 | COMPACTACIÓN DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSIÓN, CORRESPONDIENTE A LAS FUNDACIONES Y ZANJAS. |
| 11 | 22-112000 | RELLENO COMPACTADO HIDRAULICAMENTE CON MATERIAL DE PRESTAMO, (ARENA), INCLUYE CORTE, CARGA Y TRANSPORTE. |
| 12 | 23-200000 | BOTE SIN ARREGLO ENTRE 0 Y 5 mts. INCLUYE CARGA DE MATERIAL. |
| 13 | U-413.053.004 | SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PEAD D=190mm (4") NORMAS (150 lbs./P.02) |
| 14 | U-413.157.002 | SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PEAD D=90mm (3") NORMAS (150 lbs./P.02) |
| 15 | U-413.157.001 | SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PEAD D=90mm (3") NORMAS (150 lbs./P.02) |

Fuente: Elaboración Propia

Programación del proyecto

La programación del proyecto constituye una etapa clave dentro de la fase de planificación, aquí se estructuran temporalmente las actividades necesarias para la ejecución de la obra civil, estableciendo sus interrelaciones, duraciones y secuencias lógicas. A partir del análisis del caso estudiado, se evidencia el uso de modelos de representación, principalmente análogos y simbólicos, que permiten organizar y visualizar el desarrollo del proyecto en el tiempo, optimizando la asignación de recursos y facilitando el control de las actividades. Herramientas como el diagrama de Gantt y los métodos PERT-CPM emergen como instrumentos fundamentales para la toma de decisiones, al proporcionar información sobre la ruta crítica, los tiempos de ejecución y las posibles restricciones operativas, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sistemática del proyecto.

Diagrama de Gantt

Una vez establecida la Estructura Desglosada del Trabajo, se procede a detallar los requisitos de recursos y las interrelaciones para cada tarea o actividad. En nuestro caso de estudio, al programar la construcción de una vivienda en el proyecto Nazareno, se especifica la duración

estimada y la secuencia de actividades para crear un Diagrama de Gantt, que es un modelo análogo. Este diagrama permite visualizar la ejecución de las actividades en paralelo o en serie durante un período determinado (consultar Figura 10).

En el Diagrama de Gantt, las actividades representadas por barras que se superponen pueden llevarse a cabo simultáneamente, al menos en la parte donde se superponen. Por otro lado, las actividades representadas por barras en secuencia, donde una actividad comienza después de que otra ha finalizado, generalmente deben realizarse en el orden indicado.

Figura 10

Modelo Análogo, Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración Propia

PERT-CPM

El método PERT-CPM ha sido diseñado para ofrecer una variedad de información valiosa a los administradores de proyectos. En primer lugar, identifica la "ruta crítica" del proyecto, que comprende las actividades que determinan la duración total del proyecto. En otras palabras, para acelerar el proyecto, es esencial completar las actividades de la ruta crítica en el menor tiempo posible. Además, cualquier retraso en una actividad de la ruta crítica resultará en un retraso equivalente en la finalización del proyecto en su totalidad. Por el contrario, las actividades que no pertenecen a la ruta crítica tienen cierta holgura, lo que significa que pueden comenzar más tarde sin afectar el cronograma general del proyecto. El método PERT-CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para posibles retrasos.

Además, el PERT-CPM también considera los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto. En muchos casos, las limitaciones de mano de obra y equipos pueden dificultar la programación efectiva del proyecto. Por tanto, el método PERT-CPM ayuda a identificar los puntos críticos del proyecto donde estas limitaciones podrían causar problemas. Aprovechando la flexibilidad proporcionada por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permite a los gerentes manipular ciertas actividades para mitigar estos problemas.

Por último, el método PERT-CPM ofrece una herramienta para controlar y monitorear el progreso del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel, y su contribución a la finalización del proyecto se hace evidente de inmediato para el director del proyecto.

Es importante destacar que las actividades de la ruta crítica requieren una atención especial, ya que la finalización del proyecto depende en gran medida de ellas. En contraste, las actividades no críticas pueden ser gestionadas y reemplazadas según la disponibilidad de recursos. Como señala Edelstein (1972), mientras que en el CPM los tiempos de actividad son deterministas, en el PERT los tiempos de actividad son probabilísticos o estocásticos.

Planificación de los recursos

Además, es fundamental realizar una planificación detallada de los recursos financieros, basándose en el presupuesto elaborado durante la fase de ingeniería de detalle. Para esto, se elabora un cronograma de inversión (consultar Figura 11), que representa un modelo de la distribución de los fondos necesarios para llevar a cabo la ejecución del proyecto.

Figura 11
Plan de Inversión

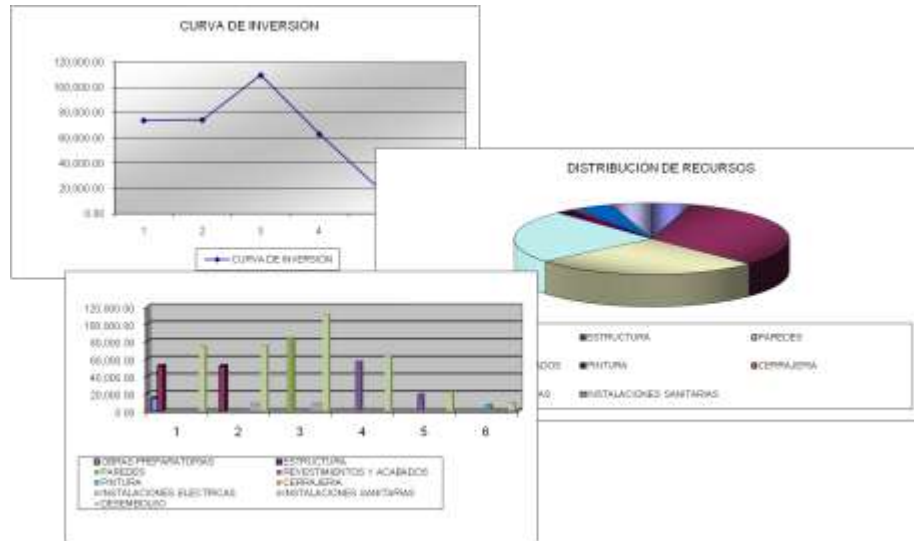
| PLANE DE INVERSIÓN | | | | | | | Dic-09 |
|----------------------------------|---|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| PLAZO DE EJECUCIÓN (QUINCENAS) | OBRA | | | | | | TOTALES |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| | CONSTRUCCIÓN DE URBANISMO Y 164 VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN EL DESARROLLO HABITACIONAL NAZARENO, MUNICIPIO SAN JOSE DE GUAMPA, ESTADO ANZOATEGUI | | | | | | |
| | EN MIL | | | | | | |
| OBRAS PREPARATORIAS | 14,549.92 | | | | | | 14,549.92 |
| ESTRUCTURA | 51,428.82 | 51,428.82 | | | | | 102,857.64 |
| PAREDES | | | 83,067.36 | | | | 83,067.36 |
| REVESTIMIENTOS Y ACABADOS | | | | 56,241.40 | 18,747.13 | | 74,988.53 |
| PINTURA | | | | | | 6,439.54 | 6,439.54 |
| CERRAJERIA | | | | | | 1,349.25 | 1,349.25 |
| INSTALACIONES ELECTRICAS | | 7,381.42 | 7,381.42 | | | | 14,762.83 |
| INSTALACIONES SANITARIAS | | 7,527.78 | 7,527.78 | | | | 15,055.56 |
| SUBTOTAL | 65,978.74 | 66,338.00 | 97,976.54 | 56,241.40 | 18,747.13 | 7,788.79 | 313,070.58 |
| IMPUESTO (12%) | 7,917.45 | 7,960.56 | 11,757.18 | 6,748.97 | 2,249.66 | 934.65 | 37,568.47 |
| TOTAL | 73,896.19 | 74,298.56 | 109,733.72 | 62,990.37 | 20,996.79 | 8,723.44 | 350,639.06 |

Fuente: Elaboración Propia

Además, se tiene la capacidad de convertir este modelo simbólico en modelos análogos mediante el uso de gráficos:

Figura 12

Modelo Análogo, Gráficos Financieros



Fuente: Elaboración Propia

Tercera Fase: Ejecución del Proyecto.

Esta etapa implica la transformación de los modelos análogos y simbólicos en un modelo físico tangible, que pueda ser experimentado en el mundo real. Durante esta fase, se pueden presentar diversos escenarios y una variedad de modelos para dirigir y controlar la construcción civil. Además, se pueden desarrollar modelos de inventario y realizar comparaciones entre lo planificado y lo realizado para garantizar la eficacia y la precisión del proyecto.

Figura 13

Modelo Físico, Vivienda



Fuente: Elaboración Propia

Propuesta

A partir de todo lo anterior, es posible desarrollar un marco estratégico para la construcción de obras civiles mediante la conformación de un conjunto de modelos interrelacionados, los cuales se irán adaptando y transformando para representar una abstracción simplificada de la realidad. Cada uno de estos modelos desempeñará un papel específico dentro del marco general, facilitando así el desarrollo completo del proyecto desde su inicio hasta su finalización.

Este proceso de construcción del marco estratégico se origina a partir de la concepción de un proyecto, el cual abarca la identificación de variables y las etapas de ingeniería conceptual, básica y de detalle. A medida que este proyecto evoluciona, se generan diversos modelos, como análisis de precios unitarios, planos y maquetas o gemelos digitales, que servirán como insumos para la próxima fase de planificación. Estos modelos permiten reducir la incertidumbre inicial y estructurar la toma de decisiones en condiciones de alta complejidad.

Para la fase de planificación del proyecto abarca la estructura desglosada del trabajo, la programación del proyecto (utilizando herramientas como el diagrama de Gantt, PERT-CPM y la planificación financiera), y da lugar a la creación de diferentes tipos de modelos, como gráficos de torta y planificaciones temporales del proyecto. Estos modelos, a su vez, servirán como insumos fundamentales para la ejecución del proyecto. En esta etapa, los modelos adquieren un carácter predictivo y de control, facilitando la anticipación de restricciones y la gestión eficiente del proyecto.

Asimismo, en esta etapa se desarrollan modelos adicionales, como modelos de inventario, modelos logísticos, modelos comparativos y modelos de gestión, los cuales están dirigidos específicamente hacia la dirección y el control de proyectos. Estos modelos proporcionan herramientas valiosas para monitorear y gestionar eficazmente el progreso del proyecto a lo largo de su ejecución. Esta fase evidencia la transformación de representaciones abstractas en resultados tangibles, consolidando el vínculo entre modelación y acción.

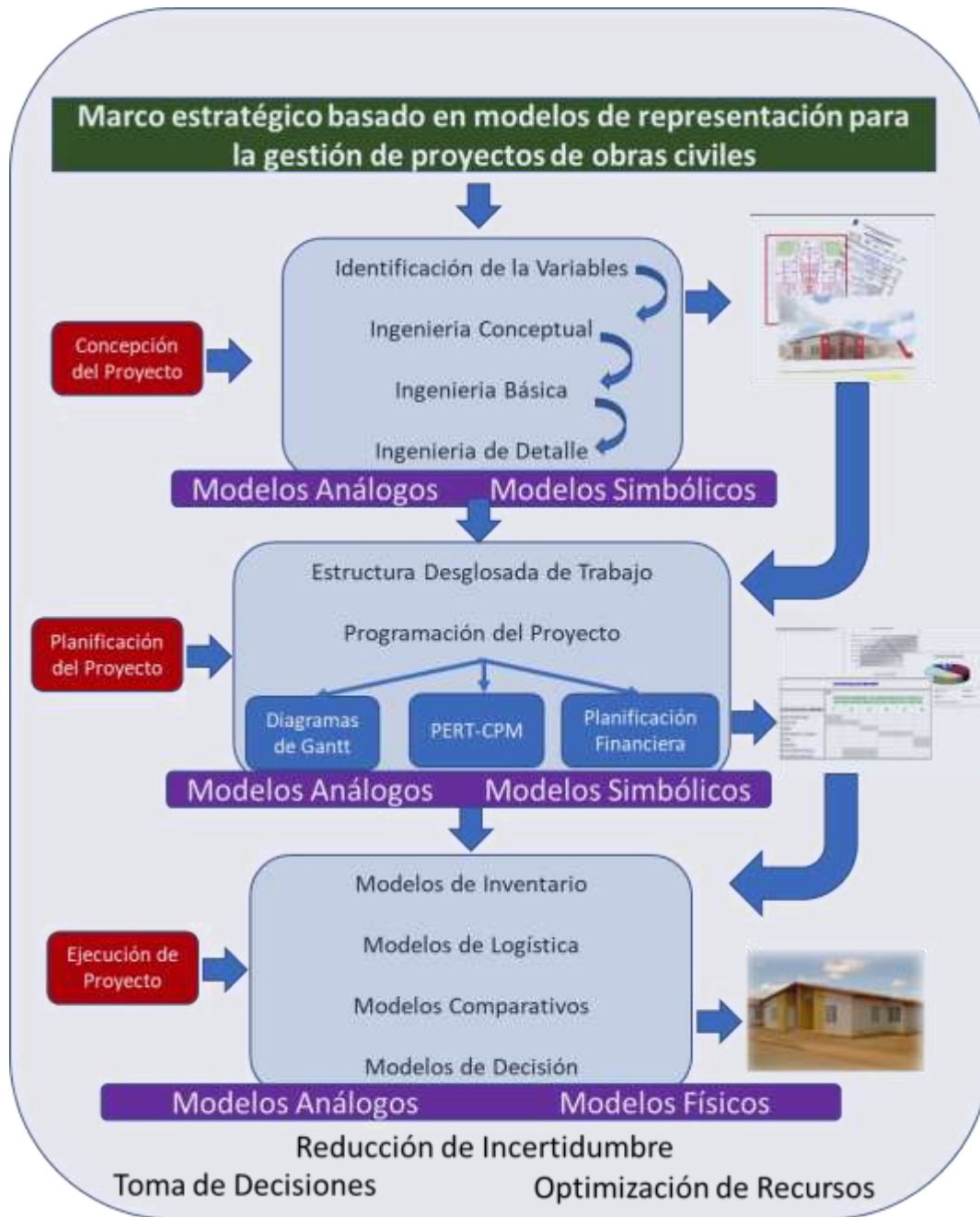
A diferencia de enfoques tradicionales, este marco no concibe las fases como etapas aisladas, sino como un sistema dinámico e interrelacionado donde los modelos análogos, simbólicos y físicos evolucionan y se retroalimentan continuamente.

Además, la incorporación de nuevas tecnologías hace que desde el proceso de concepción del proyecto sea mucho más preciso, elaborando modelos que permitan predecir los retrasos posibles, sus causas, y así poder optimizar la fase de ejecución de este. En este contexto, la

adaptación de metodologías ágiles, como la filosofía BIM, han sido de gran ayuda para la gestión de proyectos, mediante la creación de modelos en cada una de las disciplinas involucradas en la obra civil, incluida la administración de esta.

Figura 14

Marco Estratégico para la Construcción de Obras Civiles



Fuente: Elaboración Propia

Discusión

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el uso de modelos de representación en proyectos de obras civiles trasciende su función tradicional como herramientas descriptivas, consolidándose como un componente estratégico en la gestión integral del proyecto. En este sentido, los hallazgos coinciden con lo planteado por Carvajal (2002) y Taha (1989), quienes destacan que los modelos no solo representan la realidad, sino que permiten comprenderla, explicarla y anticipar su comportamiento bajo condiciones de incertidumbre.

Desde esta perspectiva, el análisis del caso estudiado demuestra que los modelos análogos, simbólicos y físicos conforman un sistema articulado que evoluciona a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta interrelación evidencia que la modelación es un proceso continuo que acompaña la toma de decisiones en cada fase, desde la concepción hasta la ejecución. Este hallazgo amplía la visión tradicional de la gestión de proyectos, donde las herramientas suelen aplicarse de forma fragmentada, sin considerar su integración sistémica.

Asimismo, se observa que, en la fase de elaboración del proyecto, los modelos análogos cumplen un rol fundamental en la reducción de la incertidumbre inicial, permitiendo visualizar escenarios y evaluar alternativas antes de comprometer recursos. Por su parte, en la fase de planificación, los modelos simbólicos adquieren mayor relevancia al facilitar la estructuración lógica y temporal del proyecto, optimizando la asignación de recursos y permitiendo identificar restricciones críticas. En la fase de ejecución, los modelos físicos materializan las representaciones previas, pero continúan apoyándose en modelos de control y seguimiento que garantizan la coherencia entre lo planificado y lo ejecutado.

En este contexto, el marco estratégico propuesto constituye un aporte relevante al campo de la gestión de proyectos de obras civiles, al integrar los distintos tipos de modelos en un marco coherente que permite abordar la complejidad del proceso constructivo desde una perspectiva sistémica. A diferencia de enfoques tradicionales, este modelo incorpora mecanismos de retroalimentación entre fases, lo que permite ajustar decisiones en función de la información generada durante la ejecución, favoreciendo una gestión adaptativa y dinámica.

Por otra parte, la incorporación de tecnologías emergentes como BIM, LiDAR y herramientas de simulación refuerza el carácter predictivo de los modelos, ampliando sus capacidades para anticipar escenarios, detectar inconsistencias y mejorar la eficiencia operativa. Este aspecto se alinea con tendencias actuales en la industria de la construcción, donde la

digitalización y la integración de datos se posicionan como factores clave para la innovación y la sostenibilidad de los proyectos.

Ahora bien, es importante señalar que el estudio presenta limitaciones asociadas a su carácter cualitativo y al análisis de un caso específico, lo que puede restringir la generalización de los resultados. En este sentido, futuras investigaciones podrían incorporar enfoques cuantitativos o mixtos que permitan validar el modelo propuesto en diferentes contextos y tipos de proyectos, así como medir su impacto en indicadores de desempeño como costos, tiempos y calidad.

La investigación permite afirmar que la modelación, entendida como un proceso sistémico de representaciones, constituye un eje estratégico para la gestión de proyectos de obras civiles, al facilitar la toma de decisiones, reducir la incertidumbre y optimizar el uso de los recursos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Conclusión

La presente investigación permitió analizar el rol de los modelos de representación en la gestión y ejecución de proyectos de obras civiles, evidenciando que su uso trasciende la función descriptiva para convertirse en un componente estratégico en la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En este sentido, se demuestra que la modelación constituye una herramienta para abordar la complejidad inherente a los procesos constructivos, facilitando la comprensión, estructuración y control de las distintas fases del proyecto.

Uno de los principales hallazgos del estudio radica en la identificación del carácter interrelacionado, sinérgico y evolutivo de los modelos análogos, simbólicos y físicos, los cuales no operan de manera aislada, sino que se integran en un sistema dinámico que acompaña la gestión del proyecto desde su concepción hasta su materialización. Esta articulación permite reducir la incertidumbre, optimizar la asignación de recursos y mejorar la coherencia entre lo planificado y lo ejecutado.

A partir de estos resultados, se propone un marco estratégico basado en la integración de modelos de representación, el cual constituye el principal aporte de la investigación.

Este marco permite estructurar la gestión de proyectos de obras civiles desde una perspectiva sistémica, incorporando mecanismos de retroalimentación entre fases que favorecen una gestión adaptativa, flexible, ágil y orientada a resultados. En este sentido, la modelación se posiciona como un eje articulador entre la planificación y la ejecución, superando enfoques tradicionales fragmentados.

Asimismo, la incorporación de tecnologías emergentes como BIM, LiDAR y herramientas de simulación fortalece las capacidades predictivas de los modelos, ampliando su alcance hacia la anticipación de escenarios, la detección de inconsistencias y la mejora de la eficiencia operativa. Este aspecto refuerza la relevancia del marco propuesto en el contexto actual de transformación digital de la industria de la construcción.

Sin embargo, se reconoce que el estudio presenta limitaciones asociadas a su enfoque cualitativo y al análisis de un caso específico, lo cual abre la posibilidad de futuras investigaciones orientadas a validar el modelo en distintos contextos y mediante enfoques cuantitativos o mixtos. En particular, se sugiere evaluar el impacto del modelo en indicadores clave de desempeño, tales como costos, tiempos y calidad en proyectos de obras civiles.

La investigación permite afirmar que la modelación, entendida como un proceso integrador de representaciones, constituye un elemento fundamental para la gestión eficiente, adaptativa y estratégica de proyectos de obras civiles, aportando un marco conceptual y aplicado que contribuye al fortalecimiento de las prácticas de planificación, ejecución y control en el sector construcción.

Referencias

- Bierman, H., Bonini, C., & Asuman, C. (2000). *Análisis cuantitativo para los negocios*. (9a ed.). Irwin. Mac. Graw Hill.
- Carvajal, A. (2002). Teorías y Modelos: Formas de la Representación de la Realidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. *Revista Comunicación*, 12(001), 1-14. <https://www.redalyc.org/pdf/166/16612103.pdf>
- Edelstein, I. (1972). *Programación de obras: técnicas Gantt, CPM, PERT aplicada a la construcción*. Editorial Mitre.
- Eppen, G., Gould, F., & Schmith. (2003). *Investigación de Operaciones en la Cs. Administrativa*. PHH.
- Forsberg, K. (2000). *Visualizing Project Management*. John Wiley&Sons.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Aprendizaje. (2004). *Notas de curso: Administración de obras civiles*. Ing. Cristina Vargas Castillo. Departamento Técnico Industrial Docente. Sección construcción civil y maderas. San José.

- Ivancevich, J., Lorenzi, P., Skinner, S., & Crosby. (1997). *Gestión: Calidad y competitividad*. Mac Graw hill.
- Millán, E., Molina, J.C. y Estanga, M. (2022). Modelo estratégico ágil para proyectos de diseño tecnopedagógicos: una mirada holista del proceso construcción de un ambiente virtual de aprendizaje. *Revista Arjé*, 6(31), 578 – 596.
- Ribera, J. L. (2000). *Project Management. MBA Course*. IESE, Universidad de Navarra.
- Taha, H. A. (1989). *Investigación de Operaciones*. Ediciones Alfaomega, S.A.
- García, M (2022). *BIM, metodología colaborativa para estudios de arquitectura*. Trabajo Final de Grado. Universidad Politécnica de Madrid.