



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS

**GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL ADECUADO USO Y
APLICACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PREFABRICADO EN
LÁMINAS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD
DE POPAYÁN.**

PRESENTADO POR:

Salomon Hurtatiz Pérez

Popayán-Cauca

2023



**GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL ADECUADO USO Y
APLICACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PREFABRICADO EN
LÁMINAS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD
DE POPAYÁN.**

**Trabajo de grado con modalidad de estudio de caso para optar por el título de
Arquitecto.**

PRESENTADO POR:

Salomon Hurtatiz Pérez

Director:

Arq. Juan Carlos Díaz Realpe

PhD Desarrollo Sostenible

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS
POPAYÁN-CAUCA**

2023



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN

Arquitectura

GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL ADECUADO USO Y APLICACIÓN DEL MÉTODO
CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PREFABRICADO EN LÁMINAS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **“GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL ADECUADO USO Y APLICACIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PREFABRICADO EN LÁMINAS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE POPAYÁN”**, presentado por el estudiante **SALOMON HURTATIZ PEREZ**: el día 18 de agosto de 2023, en modalidad de **ESTUDIO DE CASO**, ha sido aprobado al cumplir con los requisitos establecidos para optar al título de **ARQUITECTO**.

Director Trabajo de Grado
Arq. Mg. **JUAN CARLOS DIAZ REALPE**

Jurado Interno de Trabajo de Grado
Arq. Esp. **CARLOS ALBERTO ROJAS RESTREPO**

Jurado Interno de Trabajo de Grado
Arq. Mg. **JULIAN ALBERTO PAZ ALARCON**

TG-206-2023



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN

Arquitectura

**GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL ADECUADO USO Y APLICACIÓN DEL MÉTODO
CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PREFABRICADO EN LÁMINAS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.**

DEDICATORIA

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	6
1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema	10
3. Justificación	12
4. Objetivos	14
5.1. Objetivo general	
5.2. Objetivos específicos	
5. Estado del arte	16
5.1. Marco histórico	16
5.1.1. Antecedentes del Sistema Prefabricado	17
5.1.2. Desarrollo de casas prefabricadas en el siglo XX	18
5.1.3. Desarrollo de casas prefabricadas en el siglo XXI	19
5.1.4. Desarrollo de casas prefabricadas en Colombia	20
5.2. Marco teórico	21
5.2.1. Tipo de construcción	22
5.2.2. Elementos del sistema	22
5.2.3. Consideraciones arquitectónicas	22



5.2.4.	Características de los módulos	24
5.2.5.	Proceso constructivo	24
5.2.6.	Actividades de preparación	27
5.3.	Marco conceptual	28
5.3.1.	Actividades consecutivas	28
5.3.2.	Vocabulario	32
6.	Metodología	34
6.1.	Fuentes de información	34
6.2.	Etapas de investigación	35
7.	Desarrollo	38
7.1.	Capítulo I. Primer Objetivo	38
7.1.1.	Proceso constructivo Prefabricado	39
7.1.2.	Ventajas y Desventajas del Sistema Prefabricado	39
7.2.	Capítulo II. Segundo Objetivo	57
7.2.1.	Bitácoras	58
7.3.	Capítulo III. Tercer Objetivo	69
8.	Conclusiones	73
9.	Anexos	74
10.	Bibliografía	74

RESUMEN

El sistema de constructivo prefabricado se caracteriza como la fragmentación en piezas de toda una estructura, que son elaboradas en fábricas, transportadas y ensambladas en el lugar de ubicación de la obra para formar la edificación (Socarrás & Vidaud, 2017), así mismo se puede decir que este sistema es una técnica constructiva que se compone de elementos que son armados y ensamblados en serie, y que posteriormente se procede al montaje y armado de estos elementos en obra. A lo largo de los últimos años, cada vez más las personas tienen como opción construir una vivienda prefabricada, siendo la principal razón de este tipo de construcción el posible ahorro económico y la rapidez en su armado.

Para la constructora Modular de la ciudad de Popayán, ha sido un recorrido de alrededor de diez años en el cual el mejoramiento del proceso de construcción e implementación de la vivienda prefabricada ha tenido un desarrollo basado en los diferentes avances haciendo más eficiente la ejecución de sus proyectos.

Aproximadamente hace dos años la Constructora Modular presenta este tipo de inconvenientes al momento de la ejecución de dichos procesos, puesto que existe una gran demanda para la construcción de este tipo de viviendas, en efecto es necesario la contratación de personal, que generalmente no está capacitado para la ejecución de este sistema constructivo, y que actúan bajo los conocimientos adquiridos de manera personal.



En consecuencia, las malas prácticas dentro de estas etapas preliminares generan determinantes que interfieren en el correcto desarrollo de la ejecución, y se va en contra de las principales ventajas que caracterizan al sistema siendo la producción eficaz, reducción de tiempo de construcción, optimización de materia prima y mano de obra.



Palabras clave. Sistema Constructivo, ejecución, tiempo de construcción, mano de obra, vivienda prefabricada.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende abordar el proceso de construcción de viviendas prefabricadas en la ciudad de Popayán, conociendo el proceso evolutivo y crecimiento que ha tenido desde el campo de la construcción y preferencia de construcción de la población, hasta conocer las diversas ventajas y desventajas que este mismo posee.

El sistema constructivo prefabricado se caracteriza por la utilización del concreto como material predominante que se utiliza para el ensamble de la vivienda, siendo el concreto, y como estas laminas llegan a la obra para proceder a ajustar según el diseño arquitectónico y estructural que posea la vivienda. En los últimos años se ha observado el crecimiento de este tipo de construcción en la ciudad debido a su posible ahorro económico y la rapidez en su armado; para la constructora Modular de la ciudad de Popayán, ha sido un recorrido de alrededor de diez años en el cual el mejoramiento del proceso de construcción e implementación de la vivienda prefabricada ha tenido un desarrollo basado en los diferentes avances haciendo más eficiente la ejecución de sus proyectos.

Analizando en conjunto los requerimientos necesarios para la correcta ejecución y ensamble de este sistema, se puede observar un patrón de errores en la primera fase de actividad constructiva, siendo así la incorrecta ubicación de los puntos para anclajes en la losa de cimentación, también la incorrecta ubicación de las tuberías hidrosanitarias, lo que conlleva a que se presente un desfase en el planteamiento de los ejes, generando un desplazamiento de los elementos estructurales

denominados anclajes, que unifican y soportan los perfiles donde se anclan la plaqueta de concreto, en la mayoría de los casos; esto conlleva al aumento de costos por pérdida de material y aumento en precio de manutención de mano de obra en el tiempo que se lleve corregir estos problemas. Ese tipo de problema genera problemáticas en la obra civil como retraso en tiempo de ejecución y entrega y por ende pérdida de costos.

Con base en la problemática abordada, surge la necesidad de crear una herramienta que aborde en detalle el proceso constructivo de la vivienda, así mismo se genera la idea de crear una herramienta didáctica que explique el método de construcción prefabricado siendo solo dirigido a la población específica del gremio obrero, por lo que se plantea la creación de un Manual para la correcta ejecución de Viviendas Prefabricadas en láminas de concreto y así mejorar el conocimiento previo de este sistema para evitar la mala ejecución dentro de los detalles que componen el proceso, de este mismo modo poder crear un mecanismo de aprendizaje anterior a la ejecución de la obra como una herramienta de aprendizaje.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de constructivo prefabricado se caracteriza como la fragmentación en piezas de toda una estructura, que son elaboradas en fábricas, transportadas y ensambladas en el lugar de ubicación de la obra para formar la edificación (Socarrás & Vidaud, 2017), así mismo se puede decir que este sistema es una técnica constructiva que se compone de elementos que son armados y ensamblados en serie, y que posteriormente se procede al montaje y armado de estos elementos en obra. A lo largo de los últimos años, cada vez más las personas tienen como opción construir una vivienda prefabricada, siendo la principal razón de este tipo de construcción el posible ahorro económico y la rapidez en su armado. Para la constructora Modular de la ciudad de Popayán, ha sido un recorrido de alrededor de diez años en el cual el mejoramiento del proceso de construcción e implementación de la vivienda prefabricada ha tenido un desarrollo basado en los diferentes avances haciendo más eficiente la ejecución de sus proyectos.

El proceso constructivo prefabricado en láminas de concreto que implementa la Constructora Modular se divide en tres etapas generales las cuales son: cimentación, obra gris y acabados. Para propósitos del desarrollo de este proyecto se enfatizará en el proceso de ejecución total de la obra. Analizando en conjunto los requerimientos necesarios para la correcta ejecución y ensamble de este sistema, se puede observar un patrón de errores en la primera fase de actividad constructiva, siendo así la incorrecta ubicación de los puntos para anclajes en la losa de cimentación, también la incorrecta ubicación de las tuberías hidrosanitarias, lo que conlleva a que

se presente un desfase en el planteamiento de los ejes, generando un desplazamiento de los elementos estructurales denominados anclajes, que unifican y soportan los perfiles donde se anclan la plaqueta de concreto, en la mayoría de los casos; esto conlleva al aumento de costos por pérdida de material y aumento en precio de manutención de mano de obra en el tiempo que se lleve corregir estos problemas. Así mismo cuando no existe una correcta ejecución, se obtienen resultados que generan retrasos desfavorables para el sistema constructivo y su principal objetivo. Aproximadamente hace dos años la Constructora Modular presenta este tipo de inconvenientes al momento de la ejecución de dichos procesos, puesto que existe una gran demanda para la construcción de este tipo de viviendas, en efecto es necesario la contratación de personal, que generalmente no está capacitado para la ejecución de este sistema constructivo, y que actúan bajo los conocimientos adquiridos de manera personal.

En consecuencia, las malas prácticas dentro de estas etapas preliminares generan determinantes que interfieren en el correcto desarrollo de la ejecución, y se va en contra de las principales ventajas que caracterizan al sistema siendo la producción eficaz, reducción de tiempo de construcción, optimización de materia prima y mano de obra.

Con base en la problemática abordada, surge la necesidad de crear una herramienta que aborde en detalle el proceso constructivo de la vivienda, así mismo se genera la idea de crear una herramienta didáctica que explique el método de construcción prefabricado siendo solo dirigido a la población específica del gremio obrero, por lo que se plantea la creación de un Manual para la correcta ejecución de Viviendas Prefabricadas en láminas de concreto y así mejorar el conocimiento previo de este sistema para evitar la mala ejecución dentro de los detalles que componen el proceso, así también instruir e informar al personal de trabajo sobre los detalles que



componen la realización de estas construcciones logrando cumplir con los principales objetivos del proceso semi- industrializado.

3. JUSTIFICACIÓN

Alcalá Estrada (1982) dice “que el término prefabricación en el campo de la construcción significa fabricación antes de la puesta en obra, en su sentido más general, esta denominación se aplica a toda fabricación de elementos de construcción en taller”, En esta época contemporánea la construcción ha tenido muchos adelantos gracias a los nuevos sistemas constructivos entre los cuales destaca el sistema prefabricado en módulos de concreto confinado. El proceso constructivo que se implementa en los proyectos de la Constructora Modular, se divide en tres etapas: (cimentación - obra gris – acabados). Cada una de estas etapas proyecta la siguiente actividad constructiva, por lo cual es necesario una correcta y exacta ejecución de cada una de ellas, generando que el sistema constructivo tenga un proceso ágil y rápido dentro de la construcción. Teniendo en cuenta los principios de este sistema se deben seguir unos lineamientos para la correcta ejecución de las etapas y así poder evitar desperdicios y retrasos en el desarrollo de la misma.

De esta manera al desarrollar la ejecución de la obra es necesario determinar qué tipo de métodos se están implementando en ella; el primer proceso a tener en cuenta es analizar el tipo de personal con experiencia que está ejecutando la construcción, entre ellos también verificar los tiempos y lineamientos los cuales se han adquirido con base en errores y soluciones planteadas a lo largo de la trayectoria profesional. A través de este proceso se podrá proponer las herramientas



didácticas que guíen una ejecución favorable para la construcción y posterior desarrollo de la obra, para así obtener mejores resultados para la construcción.

Teniendo en cuenta las características del sistema constructivo prefabricado y la oportunidad de desarrollar herramientas que aporten a la ejecución y desarrollo de los procesos para la Constructora Modular se puede implementar un modelo de ejecución para la fase inicial de la construcción, generando una herramienta didáctica detallada que exponga los parámetros indicados para el correcto proceso de cimentación y demás actividades comprendidas en las etapas, para así capacitar correctamente a el gremio de la construcción y favorecer la metodología de trabajo en la fabricación de viviendas.



4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Desarrollar una herramienta didáctica para el adecuado uso y aplicación del método constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto en la construcción de viviendas en la ciudad de Popayán.

4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto, sus principales ventajas, proceso evolutivo y mecanismo de aprendizaje actual del sistema.
- Identificar los procesos y procedimientos adecuados para la correcta y eficiente construcción de viviendas bajo el sistema constructivo prefabricado en láminas de concreto y recolectar datos cuantitativos a cerca de los mayores y menores problemas que se presentan en la construcción.
- Diseñar una herramienta que mejore los procesos del método constructivo de viviendas realizadas con el sistema prefabricado en lamias de concreto.

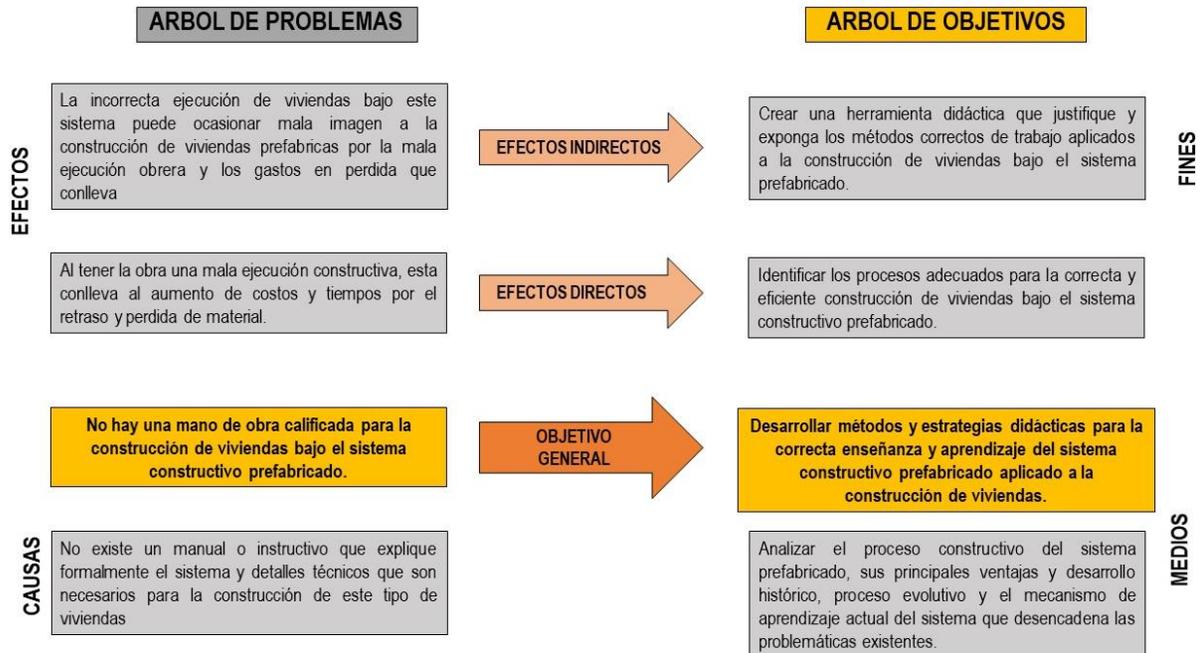


Imagen 1. Árbol de objetivos y problemas.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1.MARCO HISTÓRICO

5.1.1. Antecedentes sistema prefabricado.

Según la academia real española el concepto de prefabricado se refiere a (Real academia española) *construcción formada por partes previamente, para su montaje posterior-*, el (Diaz, 2003) método de la prefabricación se implementó antes del proceso de industrialización y a través del tiempo los sistemas prefabricados han estado en constante cambio para adaptarse a las necesidades de cada época. (Diaz,2003) *los primeros orígenes del concreto datan del año 7.000 a.c para la construcción de la antigua Babilonia, aunque otros historiadores se dirigen al norte de Chile en el año 3.000 a.c, donde se encontraron muestras de un concreto rudimentario. Pero lo que es indudable, es que el primer uso masivo del concreto se remonta a la época del Imperio Romano con numerosas obras que hoy siguen en pie.*

(Diaz,2003) El origen de la prefabricación entendida como la aplicación de procesos industriales a la construcción se puede encontrar a mediados del siglo XVIII, la revolución industrial y con la llegada de los nuevos materiales como el acero y el vidrio, tuvo un gran impacto en la arquitectura y por tanto en la prefabricación entendida como industrialización. En algunos casos el diseño arquitectónico produjo cambios fundamentales, dando lugar a nuevos estilos que se enmarcaron en el proceso industrial”. para esta época se implementó este sistema en los cimientos de la catedral de Salisbury y en la Torre de Londres, Inglaterra. Durante la época del



renacimiento el empleo de este material volvió a ser escaso y no se cobró gran importancia en él. Al llegar la época donde las civilizaciones precolombinas predominaban se volvió a implementar este material para la construcción de las grandes infraestructuras que necesitaban bases sólidas para su perdurabilidad.

(Dinamicasas,2022) El primer sistema cerrado de Grandes Paneles de hormigón prefabricado consistió en un molde en el cual se vaciaba el concreto sobre una malla de acero en el que los marcos se colocaban en el momento de la fundida, dicho sistema solucionaba las uniones con un sistema de cajas. El primer edificio fue construido en 1904, el cual originó mucha polémica, como consecuencia del espesor de los elementos, que se tuvieron que sobredimensionar y se perdió toda la esencia del sistema. Esto provocó que se dejara de lado el proceso por un tiempo.

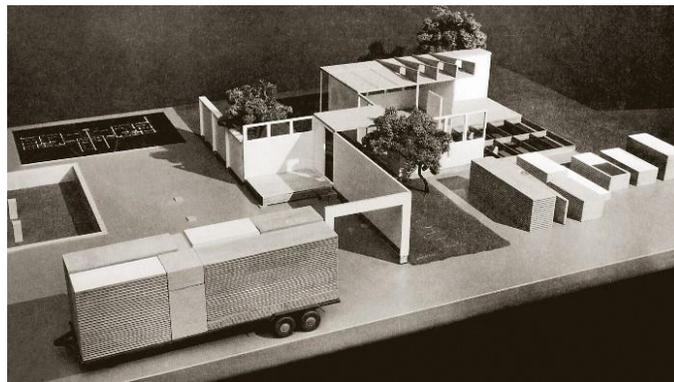
Los adelantos de la construcción continuaron en los años siguientes, inclusive en la Primera Guerra Mundial, sin embargo, fue la Segunda Guerra Mundial la que comprometió a los ingenieros a dar solución pronta al problema de vivienda en las ciudades destruidas. En el mundo existen patentados más de cien sistemas de industrialización en la construcción, unos quizá derivados de otros, de los cuales las empresas dedicadas a esta actividad en nuestro país han adoptado entre otros el sistema de Paneles Prefabricados, el sistema Outinord, el sistema Contech, y la Mampostería Reforzada y Estructural entre otros. Es así, como las empresas constructoras de casas prefabricadas con suficientes capacidades económicas buscan nuevas opciones que les permita producir a una velocidad superior y ofrecer menor precio.

5.1.1. Desarrollo de las casas prefabricadas en el siglo XX

A partir del siglo xx evoluciona el campo de la industria donde se dio lugar a nuevos avances en la construcción. (Gonzales,2021) El primero de ellos el desarrollo de “la producción en serie por Ford” lo que permitió el desarrollo de técnicas en serie aplicadas al diseño y la arquitectura, entre otras.

Tambien se encuentra la idea de “casas por correo” de Sears, que se basaba en la compra por catálogo de una casa con un estilo determinando y llegaba por tren con todo lo necesario para construirla. (Gonzales,2021) Este catálogo contaba hasta con 300 modelos de casas, y el tiempo de construcción estimado era de aproximadamente 90 días, esta construcción la podían realizar obreros del sitio. (Gonzales,2021) En el caso de Walter Gropius, fundador de la Bauhaus, este siempre indago en el proceso de construcción prefabricada, buscando ahorrar en costos y reducción de tiempos, combinando diferentes montajes para evitar perder la individualidad y dando opción de futuras ampliaciones a estas viviendas.

Imagen.



Fuente. Stiftung Bauhaus Dessau

Para la exposición de la vivienda Stuttgart en 1927, Gropius ideó dos tipos de viviendas prefabricadas conocidas como la número 16 y 17; (Gonzales,2021) en estas viviendas se utilizaron

materiales como el corcho y el acero y su tiempo de construcción se consiguió reducir a los 3 meses. Se buscaba dar una solución en economía para la adquisición de viviendas unifamiliares alemanas, ya que por aquella época no eran asequibles para la mayoría de la población. También otro de sus proyectos fue en colaboración con Adolf Meyer, consistía en la adecuación de un módulo básico de construcción mediante la adición de estas estructuras y respondiendo a las necesidades de sus habitantes.

5.1.2. Desarrollo de las casas prefabricadas en el siglo XXI

(Gonzales,2021) En el Desing Miami 2015, Zaha Hadid y Gluckman Tang realizaron dos pabellones de una sola estancia multifuncional; los arquitectos que se arriesgan a utilizar este sistema prefabricado huyen de la creación en serie, se busca la utilización de los materiales más próximos al lugar de construcción, experimentando con materiales y formas de producción que den respuesta a las necesidades de la sociedad actual, pudiéndose transportar cada una de las viviendas de un lugar a otro.

En Colombia la construcción prefabricada con el sistema de grandes paneles en concreto se ha desarrollado aisladamente a través del empeño de pocas empresas pioneras, las cuales han incorporado técnicas aprobadas mundialmente adaptándolas al ámbito de la construcción nacional y registrando los incipientes logros conseguidos hasta la actualidad.

5.1.3. Desarrollo de las casas prefabricadas en Colombia

(Innova, 2021) En Colombia en el año 1977, se hizo el lanzamiento que las viviendas prefabricadas podían ser producidas a bajo costo pudiendo el usuario acceder a créditos del Instituto de Crédito Territorial, el Fondo Nacional del Ahorro, las Cajas de Vivienda Militar y el Popular



del Banco Central, así como prestamos de importantes empresas oficiales y privadas. En las mesas de discusión de este evento, participaron SERVIVIENDA, COLCIENCIAS y la UNIVERSIDAD DE LA SABANA. También empiezan a surgir incentivos para estimular la construcción con sistemas prefabricados eliminando el impuesto a las ventas en productos como cemento, concreto, ladrillo y tejas de barro y asbesto-cemento.

Este tipo de estrategia apoyaron estas tendencias constructivas. Hacia los años 90 la construcción en Colombia estaba centrada en la cultura del ladrillo desconociendo alternativas de uso del prefabricado, por la creencia de baja durabilidad por su bajo costo, razón por la cual era noticia que en el colegio Salesiano León XIII de Bogotá se hubiese empleado por primera vez, el ladrillo hueco, el cemento armado y los prefabricados. La Fundación Servicio de Vivienda Popular (Servivienda) entrega un promedio de 16 casas por día, aproximadamente 4.000 unidades al año. En sus 21 años de funcionamiento ha construido más de 45.000 viviendas instaladas en 1.581.415 metros cuadrados (Innova,2021)

Desde Francia y Alemania traen a Colombia una Moldeadora Universal; el rendimiento de estas máquinas permitía realizar hasta 120 metros cuadrados de prefabricados de concreto en una hora, construir una superficie de 80 metros cuadrados en una jornada y levantar edificios de hasta 12 pisos en cuestión de semanas. La firma Roth Technik (alemana) a la vanguardia en aquel entonces, contaba con maquinaria para la prefabricación económica de elementos de concreto pretensado y armado para la construcción, permitiendo conexiones entre elementos de 1.20, 2.40 y 3.60 metros son módulos basados en el estándar internacional de 1.20 metros para placas huecas. Esto generó buena reputación en las técnicas de prefabricados para unidades multifamiliares. Para



ese entonces, Agregón S.A., ofreció la tecnología de construcción de viviendas prefabricadas mediante módulos que al ensamblarse posibilitaban una rápida construcción.

Los indicadores económicos del 2009 reportaron que las construcciones prefabricadas crecieron 167% en 5 años por la rapidez con que pueden ser edificadas (entre 60 y 70 por ciento más rápido, dependiendo de la complejidad de la construcción), la economía en los costos (alrededor de 20 por ciento menos que una casa tradicional) (Innova,2021), y también la versatilidad para el uso de éstas en regiones rurales. Se observa, además, la forma como los elementos prefabricados están siendo utilizados en todo tipo de estrato económico, es decir, ya no solamente para las viviendas de interés social.

5.2. MARCO TEÓRICO.

(Constructora Modular, 2021) El sistema constructivo en láminas de concreto se basa en la prefabricación de elementos de concretos livianos (1 ¼ pulgada de espesor), coordinados modularmente y de fácil manejo. La construcción de la estructura comprende el ensamble rápido de los módulos de concreto, dentro de perfiles de lámina galvanizada (calibre 22), conformado así los cerramientos y distribuciones de la vivienda. Sobre esta estructura vertical, se descarga la cubierta o la losa del segundo piso según sea el caso. Se debe incorporar en obra la cimentación, la cual puede ser una retícula de vigas de fundición, que también se puede construir con elementos prefabricados incluidos en el costo de la vivienda, o una losa vaciada sobre el terreno, dejando algunos elementos para facilitar las instalaciones complementarias. También es aplicable el sistema de terrazas ya existentes, donde generalmente se funde un sobre espesor de piso para colocar las tuberías de las instalaciones.



5.2.1. Tipo de construcción.

Este sistema prefabricado de láminas de concreto emplea una tecnología de construcción basada en la utilización de módulos prefabricados a escala industrial con equipos convencionales. Los módulos son fabricados con materiales de corriente utilización en diversos medios. Para la fabricación de los módulos se utiliza una formalería sencilla, laminas y ángulos. El equipo es corriente para la fabricación de concreto, mezcladora, boquilla carretilla, etc.-. Los elementos complementarios del sistema, pueden ser fabricados en diversos materiales y adquiridos con diferentes proveedores según especificaciones determinadas previamente.

5.2.2. Elementos del sistema.

Los módulos están compuestos por concreto macizo de 3.2 cm de espesor y 0.97*0.97 m, el concreto que se utiliza debe tener una resistencia mínima de 210kg/cm².

5.2.3. Consideraciones arquitectónicas.

La Universidad de los Andes(fecha), ha confirmado desde sus mismos laboratorios que las construcciones de este sistema prefabricado se comportan de manera eficiente ante un sismo. Algunos factores que influyen en las capacidades sismorresistentes de las viviendas son:

- El peso justo que tienen las viviendas son lo suficientemente pesadas para generar una fuerza de razonamiento considerable entre las plaquetas y estas al piso.
- Las paredes son más pesadas que la cubierta, garantizando que el centro de gravedad se encuentre bajo.



- Cada uno de los elementos son independientes de los otros, lo que genera que sean capaces de resistir las cargas del sismo a las cuales es sometido,
- La colocación de muros en dos sentidos, favorecen la estabilidad ya que estos trabajan complementariamente.

Según Constructora Modular (2021): “la condición arquitectónica va ligada a las necesidades del usuario, el sistema puede tener viviendas desde 36 metros en adelante y no tiene limitación alguna en espacio o diseño, también se puede tener soluciones de vivienda de dos pisos, para las cuales se utilizan unas placas prefabricadas, con refuerzo de malla electrosoldada, un recubrimiento y unos perfiles metálicos más largos. Las alturas de estas viviendas varían según el presupuesto que se tenga a la hora de adquirir una vivienda, esta puede variar desde 2.00 m en adelante. Todos los módulos, los componentes, puertas, ventanas, calados o espacios en general, son múltiplos de octavos de un modelo (1/8 de 0.97 cm que es la dimensión del módulo)”. Con este sistema constructivo también se pueden lograr acabados en pisos, paredes, techos y exteriores con aspectos que se encuentran considerados dentro del sistema como tal.

5.2.4. Características de los módulos

- Su producción puede ser en diferentes sitios a la planta piloto, accediendo así a lugares apartados, a su vez se disminuyen los costos de transporte y de daños por este mismo.
- Con la fabricación de zonas apartadas, se utilizan los insumos de la zona, así como la mano de obra de la zona, favoreciendo procesos de auto ayuda.



- La carga que trasmite al suelo es mínima, aproximadamente $1\text{kg}/\text{cm}^2$, lo que facilita que en viviendas de un solo piso y en zonas de riesgo sísmico bajo, no necesita elementos de anclaje.
- Con la ayuda de cerchas metálicas y plaquetas prefabricadas se puede construir viviendas de dos pisos.
- Debido al poco peso de cada uno de los módulos (70 kg aproximadamente). No se necesita maquinaria pesada para su manipulación.
- No se necesitan mezclas para unir los módulos, ellos trabajan por gravedad.

5.2.5. Proceso constructivo.

Hacen parte del proceso constructivo diversos componentes que ayudan en la construcción de la vivienda, como:

- **Mano de obra.** Según constructora Modular (2021) la mano de obra requerida no es muy numerosa ni especializada.

Por lo general las mismas personas que adquieren este tipo de proyectos, con la asesoría de un técnico puede construirla. Así mismo se pueden alcanzar rendimientos de por lo menos 42 m^2 /día por cuadrilla, la cual está conformada por un técnico por lo general dos ayudantes. Sin embargo, para la unificación de los módulos lo ideal es que se hagan cargo personas que ya tengan experiencia frente a la construcción en este sistema prefabricado de láminas de concreto.

- **Equipos y herramientas.** El peso liviano de los módulos evita la utilización de equipos costosos como grúas e implementos de izaje, ya que un módulo con dimensiones de

0.97 por 0.97 metros tiene un peso aproximado de 70 kg que puede ser cargado y manejado por dos personas.

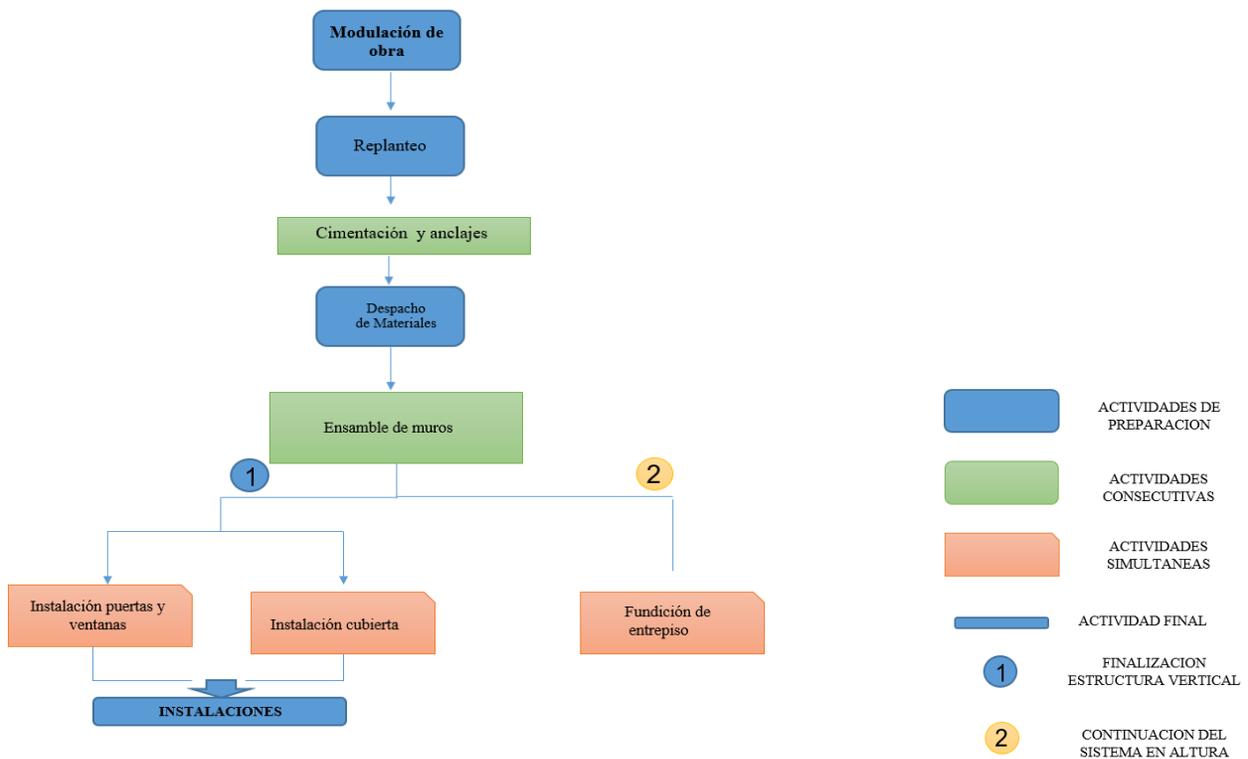
- **Producción de concreto.** Existe la posibilidad de tener plantas mudables, las cuales se instalarían en zonas de difícil acceso. En el caso de la planta que posee la constructora modular la cual es pionera en el sistema en la ciudad de Popayán, posee un sistema industrializado, con silos a granel, bandas transportadoras y una mezcladora de gran rendimiento. La realización de la mezcla se ejecuta por peso, lo que causa que el desperdicio del concreto sea mínimo, debido a que se plantea por día, según la cantidad de formaletería disponible y la cantidad exacta de producción. En general para la elaboración para los módulos en cualquier sitio es necesario:

- Mezcladora: se puede usar una mezcladora de saco y medio. Lo importante es garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- Vibrador: el cual, al ser usado expulsa gran parte del aire, mejorando su apariencia y su resistencia.
- Formaletería: formada principalmente por perfiles (ángulos) metálicos, los cuales son dispuestos sobre una superficie horizontal formada en cuadros de 0.97 *0.97 m, luego del primer vaciado se coloca una lámina sobre ángulos metálicos, y a su vez sobre lamina nuevamente otros ángulos, se repite este procedimiento, hasta que se agote los ángulos y las láminas.
- **Almacenamiento.** Los ángulos luego de dejarlos tres días en la formaleta, son desencofrados, y puestos en patios, en los cuales durante los días siguientes se realiza el

proceso de curado, en general quedan almacenados al aire libre. La facilidad del manejo que brindan los módulos y su bajo peso, permite su descarga de los camiones rápidamente sin necesidad de equipo especial, aunque se recomienda el uso de guantes para proteger las manos de los trabajadores del lugar.

- **Rendimiento.** Con el estudio permitido por la Constructora Modular se pudieron analizar 5 obras de las cuales se pudo obtener un estimado de un rendimiento de 42 m² por día con una cuadrilla conformada por un técnico y dos ayudantes, los cuales instalarán los cerramientos, divisores y cubierta de una vivienda de un solo piso. Este rendimiento no incluye los acabados ni las instalaciones eléctricas y sanitarias. En el siguiente mapa conceptual se explica el procedimiento y la descripción de los procesos.

- *Gráfico número 1 Proceso constructivo sistema prefabricado.*



Fuente Constructora Modular 2022

5.2.6. **Actividades de preparación.** Estas actividades están compuestas por.

- **Modulación de obra:** es el proceso, donde el arquitecto o proyectista empieza a armar el proyecto desde el punto del diseño, el arquitecto inicia con la proyección de la losa con las respectivas normas que rigen para su construcción, como lo son los anclajes, y proyecciones hidrosanitarias; continuando con el proceso se hace el planteamiento de la obra gris, la cual consiste en hacer un armado proyectual de los materiales, que están compuestos por plaquetas, perfilaría, cerchas y cubierta. (Fuente: Revisión en obra)
- **Replanteo:** Esta labor consiste en trasladar las medidas y otros elementos indicados en los planos arquitectónicos y estructurales al terreno donde se va a ejecutar la obra. Para realizarlo, se tiene en cuenta herramientas tales como estacas, tochos, simbra, clavos o camillas, y se debe usar como referencia las propias bases de ese terreno.
- **Preparación y despacho de kit:** este es un proceso muy importante para la elaboración de un proyecto prefabricado ya que los elementos deben estar completos y bien organizados a la hora del despacho para evitar retrasos y confusiones al momento de ensamblar los módulos.

5.3. MARCO CONCEPTUAL

5.3.1. **Actividades consecutivas.** Estas actividades estan compuestas por:

- **Cimentación y anclajes:** estas actividades son los procesos iniciales donde se ejecuta el primer paso de la edificación siendo la elaboración de la losa, la cual tiene unas medidas estándares de espesor de 10 cm y anclajes que se proponen según sea la dimensión del proyecto.

- **Ensamble de muros:** como paso inicial se debe hacer una previa revisión de perfiles ya que, aunque son relativamente rígidos, pueden haber perdido la alineación durante el transporte o descargue en el sitio. Si por alguna razón están desalineados, es importante situarlos en una posición correcta sin ejercer mucha presión al doblarlos; en caso de que el perfil presente algo daño grave no se recomienda soldarlo. Para facilitar el ensamble entre paneles se deberá comenzar con el montaje de una pared, en un vértice de la casa, la cual debe ser apuntalada en dos direcciones, seguidamente colocar los módulos verticales siguientes y sus respectivas divisiones, lo que actúa como contrafuertes para su autosostenimiento. A medida que se vayan instalando las piezas se instalan los marcos de puertas, y ventanas, posteriormente se colocan las soleras que son laminas en forma de (u) de igual dimensión que los módulos, las cuales amarran todos los módulos entre sí en su parte superior, esto realiza la misma función que una viga de amarre. Para terminar, se tensiona con zunchos y clavos; en la colocación de los módulos consta en parar dos perfiles y deslizar los módulos por los carriles que poseen los perfiles metálicos, para este ensamble no se requiere elementos adicionales como aditivos o mezclas.



Ensamble de muros

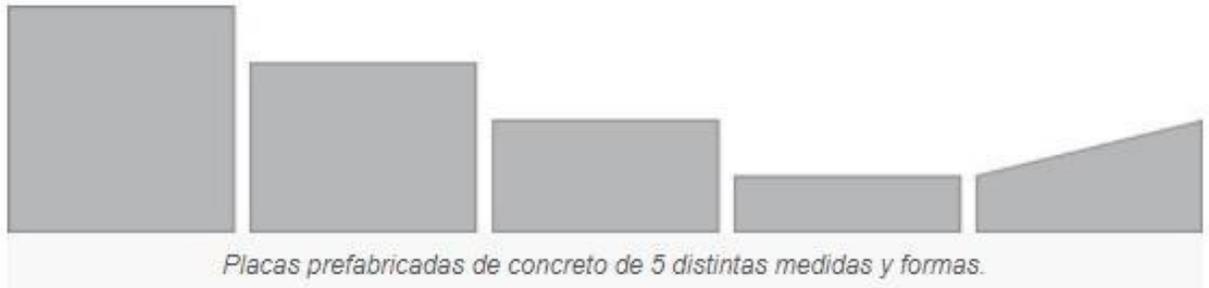


Fuente Constructora Modular.



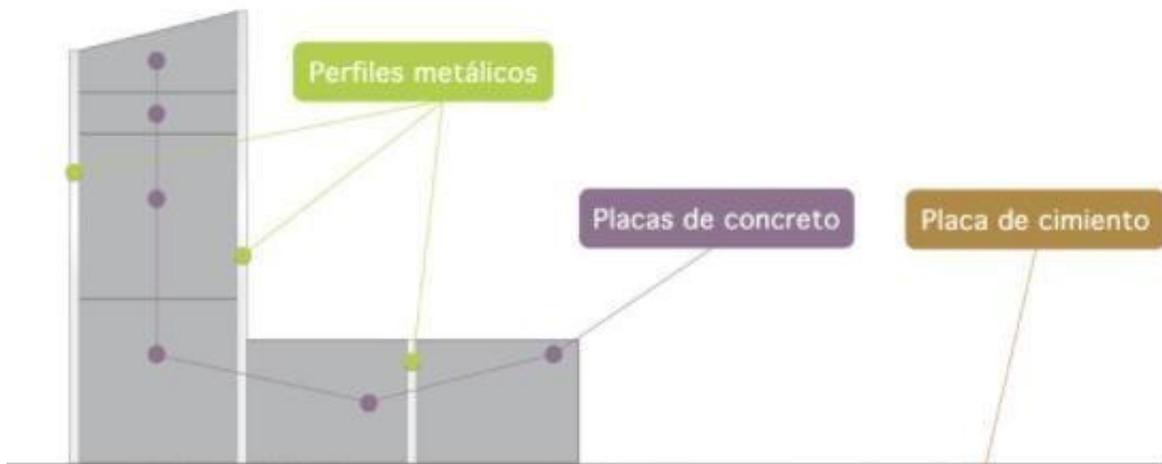
Placas de concreto en formas diferentes.

Placas de concreto



Fuente CADECOL.

Ensamble con perfiles metálicos.



Fuente CADECOL

Vigas de soporte a lo largo de la casa, puertas y ventanas.

Vigas a lo largo de la casa, puertas y ventanas



Fuente CADECOL.

Instalación de cielo raso, tela asfáltica, teja.

Techo, cielo raso, tela asfáltica



Fuente CADECOL.

5.3.2. Vocabulario.



1. **Replanteo.** (Compras,2020) es la ubicación de todos los puntos necesarios para materializar los elementos arquitectónicos indicados, tomando como base las indicaciones establecidas en los planos respectivos como paso previo a la construcción de la obra.
2. **Miras.** Recorte de madera para replanteo.
3. **Formaleta.** (Doblamos S.A,2022) Las formaletas o encofrados son elementos que funcionan como moldes, temporales o permanentes, en los que se vierte el concreto. Estas pueden estar fabricadas en diferentes materiales.
4. **Perfilación.** (Doblamos S.A,2022) Consiste en uniformizar los taludes que presentan irregularidades superficiales empleando equipo y herramientas manuales
5. **Apisonar.** (Doblamos S.A,2022) Apisonar consiste en aplastar o aplanar la tierra para un posterior uso.
6. **Compactación.** (Doblamos S.A,2022) La compactación del suelo es un proceso mediante el cual se consigue aglomerar con mayor insistencia las partículas que conforman la superficie, consiguiendo una reducción del vacío y, de esta forma, un terreno mucho más sólido y viable para el trabajo de obra que se vaya a desarrollar.
7. **Castillos.** (De acero,2022) Los castillos son refuerzos estructurales verticales que ayudan a transmitir las cargas generadas por los forjados a los cimientos, al tiempo que fortalecen la estructura de los muros. Dado que los muros forman parte de un sistema que los conecta con la mampostería, es necesario darles rigidez.
8. **Traslapo.** (Aleph,2021) Los traslapes o empalmes son las uniones entre barras de acero de refuerzo, este mecanismo de amarre permite que las barras se prolonguen.



9. Paños. Sección de una losa.

10. Nivelación. (Dimadro,2020) consiste en aplicar el nivel en cualquier elemento de la obra para comprobar si existe o falta la horizontalidad.

11. Trompo. (Dimadro,2020) Una mezcladora de cemento, también conocida como trompo o mezcladora de concreto, es una máquina utilizada para mezclar materiales de construcción, como cemento, arena, agua y grava, con el fin de obtener una mezcla homogénea de concreto.

6. METODOLOGIA

La metodología que se va aplicar al estudio es de carácter investigativo y descriptivo; realizando en primera instancia una búsqueda de elementos históricos, de información arquitectónica y estructural, y ejemplos construidos en la actualidad, para así poder dar una visión clara y objetiva de la utilización de este método al campo de la construcción; esto con el fin de obtener como resultado la aplicación de estos conceptos a la generación de una herramienta didáctica para la comprensión y aplicación de este método constructivo.



Así mismo es de gran importancia obtener datos cuantitativos que demuestren la tasa de crecimiento del método constructivo de la vivienda prefabricada en la ciudad de Popayán y por ende las problemáticas constructivas que puede llegar a poseer.

6.1 Fuentes de información.

Fuentes primarias. Para la obtención de resultados se realizan visitas de campo a las obras en tiempo real, para obtener información sobre el método constructivo que se aplica a la construcción de la vivienda, como lo son: materiales, herramientas, tiempos de construcción, conocimiento de ventajas y desventajas del mismo.

Fuentes secundarias. Se obtiene a partir de la recolección de información administrativa que posee la Constructora Modular sobre el método constructivo prefabricado, con base en la experiencia que la empresa posee por sus diversos proyectos en la ciudad de Popayán y zonas aledañas.

6.2 Etapas de la investigación.

El estudio se divide en tres etapas; la primera etapa consiste en la recolección de información sobre el método constructivo, las diversas problemáticas que puede llegar a poseer para así mismo analizar y dimensionar los alcances de la investigación presente. La segunda etapa consiste en la identificación de los procedimientos que este método utiliza en la construcción, obteniendo datos precisos de los parámetros que se rigen en una obra civil, todo esto con el fin de encontrar los lineamientos débiles que conllevan a que los procesos y métodos de construcción

presenten problemas de calidad y tiempos de entrega. Por último, la tercera etapa consiste en generar una herramienta didáctica que ejemplifique los métodos correctos que se deben de aplicar a este tipo de construcción prefabricada, para así mismo obtener posibles resultados favorables en las falencias que se presentan hoy en día.

ETAPA 1. Analizar el proceso constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto, sus principales ventajas, proceso evolutivo y mecanismo de aprendizaje actual del sistema.

El inicio de la investigación se remonta a la recolección de la información acerca del proceso que se maneja en la Constructora Modular y los mecanismos que se aplican a la construcción de una vivienda; desde el planteamiento arquitectónico y el componente estructural. Seguido se debe de realizar una investigación que a partir de fuentes bibliográficas sustenten la veracidad de estos componentes.

Actividades.

- Recolección de información por parte del investigador, procesos de diseño estructural y diseño arquitectónico: visitas a obras en ejecución, recolección y registro de bitácoras.
- Recaudar información a partir de fuentes bibliográficas sobre el proceso histórico, evolutivo del sistema constructivo prefabricado.
- Análisis de ventajas y desventajas del sistema constructivo prefabricado.

ETAPA 2. Identificar los procesos y procedimientos adecuados para la correcta y eficiente construcción de viviendas bajo el sistema constructivo prefabricado en láminas de concreto.

Esta etapa se realiza desde visitas de campo a las obras en curso, para analizar de primera mano el proceso constructivo y paso a paso que se realiza para la ejecución de las viviendas. De este mismo modo se obtiene un registro sobre cada uno de los materiales, formas, herramientas y métodos que se aplican desde la cuadrilla de trabajo, esto con el fin de obtener como resultado las fallas resultantes al momento de ejecutar un proyecto en rendimiento, y desperdicio de material.

Actividades.

- Visita a obras en ejecución
- Recolección y registro fotográfico y de actividades
- Obtención de datos que demuestren las fallas que se realizan durante la ejecución de este tipo de construcciones.

ETAPA 3. Diseñar una herramienta que mejore los procesos del método constructivo de viviendas realizadas con el sistema prefabricado en lamias de concreto.

Después de la obtención de la información conceptual, datos analíticos y registros que evidencien los tipos de problemáticas que surgen dentro los procesos de construcción de una vivienda bajo el sistema constructivo prefabricado, surge la necesidad y posible solución a este problema.

Actividades.

- Identificar el problema central y las diversas causantes
- Generar una herramienta didáctica de fácil entendimiento aplicado al campo de la construcción para el manejo de este sistema prefabricado; así mismo que esta sirva para el futuro aprendizaje y el buen uso de herramientas y métodos para un correcto plan de trabajo, y así obtener resultados favorables en la ejecución y rendimiento.

7. DESARROLLO



7.1 CAPITULO I

Estudio del proceso constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto, sus principales ventajas, proceso evolutivo y mecanismo de aprendizaje actual del sistema

7.1.1. Proceso constructivo prefabricado Constructora Modular

Para la constructora Modular de la ciudad de Popayán, ha sido un recorrido de alrededor de diez años en el cual el mejoramiento del proceso de construcción e implementación de la vivienda

prefabricada ha tenido un desarrollo basado en los diferentes avances haciendo más eficiente la ejecución de sus proyectos. A continuación, se describe en detalle los pasos para la ejecución de una vivienda prefabricada, esta información se obtuvo a partir de la elaboración de bitácoras que se realizaron en la ejecución de la obra, para registrar el proceso constructivo a detalle.

Pre-requisitos para fundición de losa. Para el correcto desarrollo de la actividad es necesario cumplir con diversas tareas dentro del terreno de intervención, entre ellas se encuentra: Descapote, Nivelación, Compactación.

- 1. Preparación del personal.** En primera instancia es necesario el porte de la indumentaria adecuada y reglamentaria para la ejecución de las actividades en obra, se debe de utilizar: camisa manga larga, pantalón, botas, casco, guantes, gafas.



- 2. Orientación de la Vivienda.** Consiste en la ubicación de la vivienda de acuerdo con los criterios establecidos por el cliente y está a cargo de la supervisión del arquitecto para la guía y aprovechamiento de las visuales de la zona.

Orientación de la vivienda



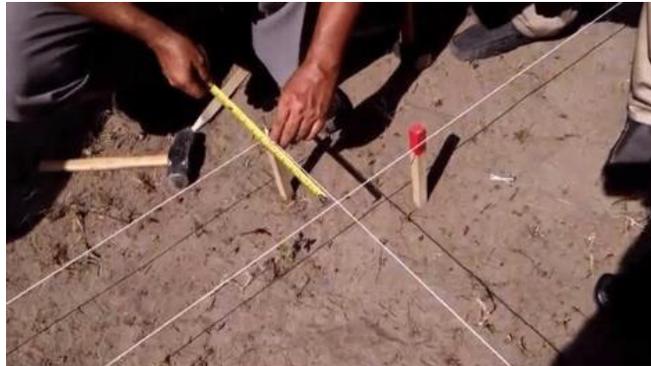
Fuente. Constructura modular.

- 3.** Como primer paso se debe de realizar la instalación de referencias, delimitando el área a trabajar con estacas de madera o guadua; seguido de esta actividad se realiza la toma de niveles de acuerdo a las referencias para así ajustar el terreno, ya sea relleno o excavación manual para emparejar y obtener un área a nivel; por último, se realiza la delimitación con nylon para delimitar el área de trabajo.

Nivelación



Fuente. Constructura modular.



Fuente. Constructura modular.



Fuente. Constructura modular.

- 1. Nivelación del terreno.** Después de tomados los niveles se procede a la perfilación del área donde se construirá la losa, ya sea retirando o rellinando; simultáneamente la tierra debe de ser apisonada para compactar el sitio de construcción.
- 2. Escuadrar.** Se alinea el área a trabajar de acuerdo a las medidas del plano arquitectónico, es necesario realizar cortes de madera de 12cm de alto por 3m de largo que bordeen el área del terreno apisonada.



Fuente. Constructura modular.

- 3. Instalación formaleta.** Se debe de realizar cortes de madera de 12cm de alto por 3m de largo con apoyos de madera vertical enterrados; estos se aseguran y se fijan al perímetro de la losa a fundir.



Fuente. Constructura modular

4. Instalación de tubería hidrosanitaria.

- **Abertura huecos.** Se debe de realizar una excavación de acuerdo al plano sanitario, para dejar bajo tierra la tubería correspondiente con un porcentaje de inclinación del 1.5% o superior.
- **Instalación puntos sanitarios.** La instalación de la tubería sanitaria debe corresponder al plano suministrado, asegurando las medidas con base a su perímetro.
- **Taponamientos de excavación.** Se procede a llenar nuevamente con tierra las áreas que se excavaron para la instalación.
- **Rectificación de medidas.** Por último, se rectifican las medidas con base al plano asegurando que correspondan y descartando con un tapón de prueba el ingreso de concreto o cualquier material que no corresponda a su uso.



Fuente. Constructura modular



5. Abertura de espacios para anclajes metálicos.



Fuente. Construcción modular

6. **Instalación del plástico.** Consiste en el recubrimiento de la superficie apisonada de plástico negro para el debido aislamiento de la humedad.

7. **Armado de castillos.** Se debe de doblar los flejes con las indicaciones correspondientes aclaradas en el diseño y detalles estructurales.

8. Instalación malla electrosoldada

- **Instalación castillos.** Se fijan los castillos sobre el área perimetral interna del área de la losa.
- **Desplegué de malla.** Se desenrolla la malla electrosoldada cubriendo la superficie de la losa.
- **Traslapo y amarrado castillo-malla.** La malla electrosoldada se debe unir mediante amarras en alambre al castillo perimetral.

- **Replanteo anclajes.** De acuerdo al plano estructural se deben definir los anclajes tomándose desde el borde interno de la formaleta hasta el centro del anclaje.
- **Instalación tubería PVC.** Según el plano hidráulico se proyecta la instalación de agua potable sobre la malla electrosoldada, siguiendo el plano suministrado.
- **Instalación miras.** Se subdivide la losa de 3 a 4 paños o secciones para una mejor nivelación y ejecución de la fundición.



Fuente. Constructura modular

9. Fundición losa.

- **Recolección de agua.** Se genera un suministro de agua permanente, ya sea en canecas o en tanque para la debida dosificación del concreto.
- **Traslado de cemento.** Se desplaza el cemento al sitio más cercano del trompo para un rápido alcance.

- **Llenado de baldes.** Previo al encendido de la maquinas se llenan los baldes ya sea con grava o arena.
- **Instalación PCV y anclajes.** Se fijan los tubos PVC de 6” empleados al centro del anclaje.
- **Recorte de malla.** Teniendo los anclajes ubicados se recorta la malla que se encuentra dentro del perímetro del tubo del anclaje.
- **Encendido mezcladora.** Se debe precalentar la mezcladora/trompo para su correcto funcionamiento, llenando el tanque de combustible y verificando el nivel de aceite.

10. Llenado de maquina mezcladora/Preparación mezcla.

- **Agregar agua.** De acuerdo a la dosificación establecida se adiciona el agua a la mezcladora.
- **Agregar grava.** De acuerdo a la dosificación establecida se adiciona la grava al trompo.
- **Agregar cemento.** De acuerdo a la dosificación se adiciona el cemento a la maquina mezcladora.
- **Agregar arena.** De acuerdo a la dosificación se adiciona arena a la maquina mezcladora.
- **Preparación buguis.** Esta herramienta debe estar cerca del trompo para el momento del vaciado.

- **Mezcla uniforme de concreto.** Se debe mezclar uniformemente entre 10 a 15 minutos el concreto, rotando el trompo de izquierda a derecha mientras este encendido.

11. Vaciado de máquina.

- **Llenado de buguis.** Al terminar el tiempo de la mezcla en el trompo se vacía en los buguis para llevarse y vaciarse en el primer paño.
- **Vaciado de concreto.** Es el primer concreto con el cual partirá el nivel que llevará la mezcla para el paño.
- **Relleno de vigas.** El primer vaciado se verterá sobre la viga perimetral del primer paño.
- **Nivel con codal.** Consiste en llevar a nivel la mezcla con las miras que separan los paños.



Fuente. Estructura modular



Fuente. Constructura modular

12. Replanteo del plano de la vivienda

- **Armado de vivienda.** se inicia armando de atrás hacia adelante, con un eje horizontal y se añade un eje vertical, para que una pared sostenga la otra.

13. Se procede a ubicar un panel de acero galvanizado calibre 22 que sostiene la plaqueta, se inserta en el anclaje y se llena de concreto; esto termite la transmisión de cargas. (se utilizan perfiles K, H, C, X, calibre 22).



Fuente. Constructura modular

14. Simultáneamente se ensamblen las placas, se instalan los marcos de puertas y ventanas.



15. Después de tener los paneles armados se inicia con la instalación de correas y posteriormente la teja de escogencia.



Fuente. Constructura modular

16. **Instalación eléctrica.** El cableado va dentro del perfil de acero, se utiliza perfiles K y X, que permiten cubrir la tubería en medio de ellos.
- Seguido se instalan los tomas e interruptores.

17. Se instala la carpintería (puertas y ventanas).

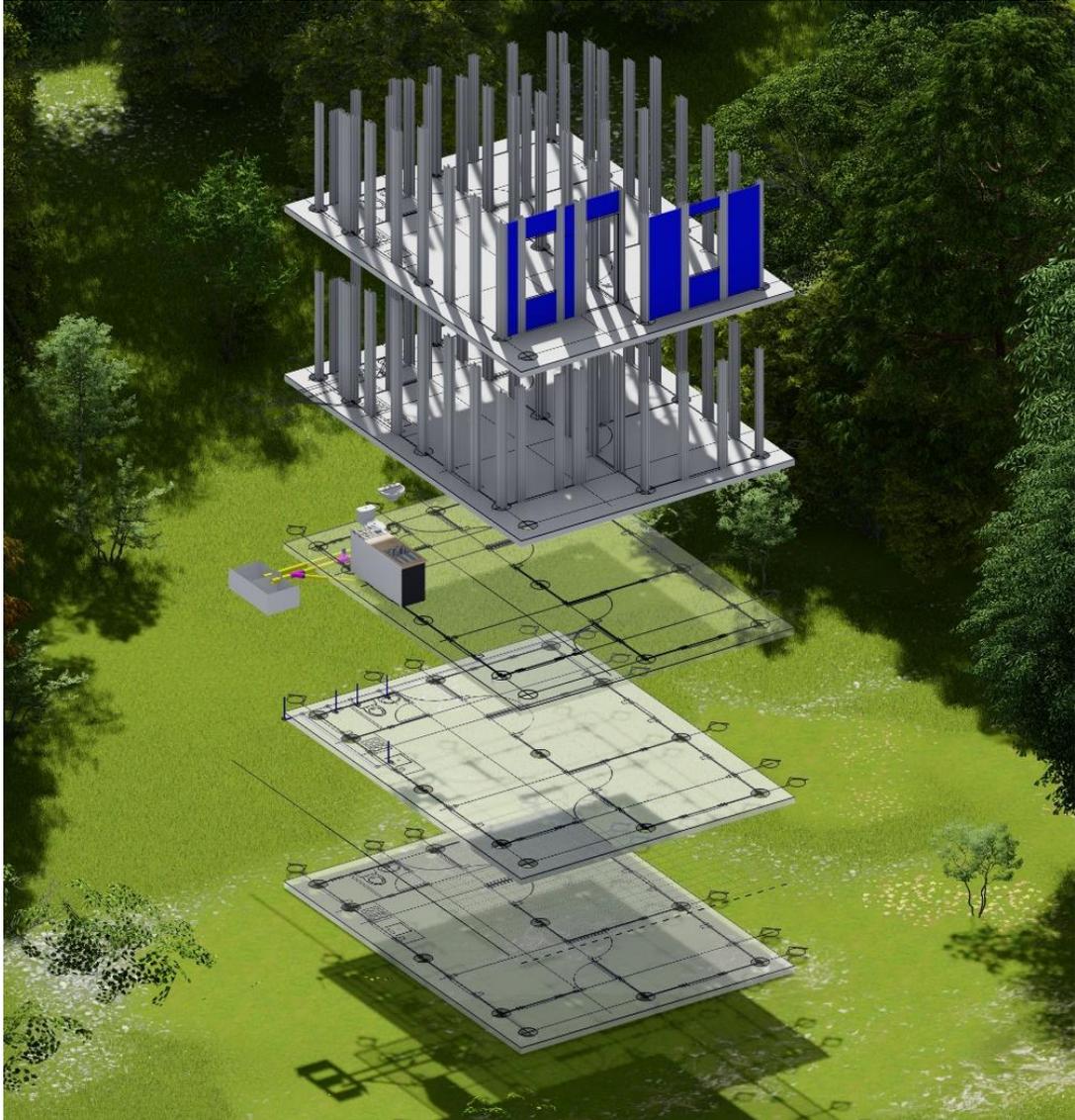


Fuente. Constructura modular



18. Se realiza un sellamiento de juntas con un biopolímero para crear una superficie uniforme y aplicar luego el repello.
19. Se procede a realizar la obra blanca (estuco y pintura)
20. Se realizan las conexiones e instalaciones hidrosanitarias
21. Se realizan las demas adecuaciones y actividades de obra blanca (si corresponde al diseño).
22. Finalización y entrega de obra.

A continuación, se presenta un despiece en 3D donde se enseña el paso a paso de las actividades iniciales para la construcción de la vivienda modular. Este modelo se realizó con el fin de poder brindar una imagen en detalle del proceso que conlleva la ejecución de las actividades constructivas, de una manera didáctica y fácil de entender, tanto para el personal como los clientes que deseen conocer más a fondo los pasos del método constructivo.



Fuente. Elaboración propia.

7.1.2. Ventajas y Desventajas del Sistema Prefabricado

A continuación, se enuncian las ventajas y desventajas de este sistema de construcción desde un punto de vista general y se ahondara en las ventajas y desventajas propias de la Constructora Modular en la ejecución de la vivienda.

7.1.2.1. Ventajas.

- **Versatilidad.** La flexibilidad para moldear el concreto para incorporar los colores, la textura y el tamaño que desee es una parte clave de por qué es aplicable a tantas industrias y aplicaciones.
- **Calidad de los materiales.** (Construmatica,2021). El empleo de maquinarias de producción permite una buena calidad probada y constante de los materiales que son determinados, dosificados y controlados. Dichos procedimientos dan como resultados materiales de mayor resistencia ajustando los métodos constructivos. Las piezas prefabricadas poseen precisión geométrica garantizando el encaje con exactitud.
- **Reducción en los plazos de ejecución.** (Construmatica,2021). Esta tecnología permite disminuir los plazos de ejecución entre las distintas tareas de obra. Todos los trabajos responden a una metodología de trabajo elaborada en orden cronológico y agilización del ritmo de obra por la producción de elementos en serie.

- **Economía.** (Construmatica,2021). Estas construcciones permiten un ahorro en el impacto económico del proyecto, ya que se relaciona básicamente con el tiempo de ejecución, la eficiencia en la relación horas/hombre, rentas de equipos y reduce los gastos fijos.
- **Entorno controlable.** Los prefabricados de concreto se fabrican en un entorno completamente controlado, por lo que no hay forma de que factores externos como el clima afecten a la calidad o a la puntualidad de la producción. Lo que genera que los prefabricados de concreto se curen regularmente en condiciones perfectas.
- **Eficiencia.** Acelera todo el proceso de construcción el poder crear prefabricados de concreto durante todo el año en un entorno de fábrica, que puede hacer que los componentes prefabricados se fabriquen con antelación y se almacenen hasta que sea necesario colocarlos en la obra.
- **Eficiencia energética.** las casas prefabricadas consumen menos energía que las casas tradicionales debido a que cuentan con ciertos procedimientos que les permite generar calor por ellas mismas.

Para fabricar el concreto se utilizan agregados naturales como grava, arena, roca y agua, el agua utilizada en el proceso de fabricación del concreto se recicla. La masa térmica del



concreto prefabricado absorbe y libera el calor lentamente, lo que supone un ahorro de energía a largo plazo.

Cuando se trabaja el concreto in situ, se acumulan en el lugar los residuos del apuntalamiento y el encofrado, el exceso de concreto, el embalaje y la basura. Las condiciones de fábrica reducen drásticamente estos residuos. Las estructuras realizadas con concreto prefabricado utilizan menos material que las realizadas in situ. Se extrae menos materia prima del medio ambiente y se generan menos residuos al final de la vida útil del edificio. Dado que los peligros para la seguridad, el ruido y la calidad del aire pueden controlarse, los entornos de las fábricas son más saludables para los empleados que las obras de construcción. (Construmatica,2021)

7.1.2.2.Desventajas.

- **Fabricación.** Es necesario mantener un seguimiento de todo el proceso, como una estrategia para la coordinación de las instalaciones, con el fin de evitar errores que puedan llevar al retraso y perdidas.
- **Manipulación y transporte.** (Construmatica,2021). Los elementos prefabricados deben ser manipulados por personas capacitadas, ya que pueden sufrir daños físicos y estructurales durante su almacenamiento, manipulación o envío.
- **Aspecto estructural.** (Construmatica,2021). Inconvenientes que derivan de la escasa o nula rigidez frente a los esfuerzos horizontales (p. ej. presión del viento)

por los problemas en la resolución de las uniones, punto débil de estas estructuras.

- **No son flexibles.** (Construmatica,2021). Al ser estructuras sólidas y no moldeables son difíciles de adaptar y personalizar.
- **Personal no cualificado.** (Prilhofer)Se puede emplear personal no cualificado tanto en la producción en fábrica como para el montaje de los elementos prefabricados en la obra, ya que es suficiente con un adiestramiento sobre la marcha para el trabajador, ya que las tareas están claramente limitadas.

7.1.3 Ventajas y Desventajas sistema prefabricado Constructora Modular

Las ventajas de este sistema dentro de la Constructora se resumen en las ventajas ya resumidas anteriormente, ya que se trata del mismo sistema, este reúne las mismas características y elementos importantes que hacen destacar este sistema, como lo es la producción eficaz, reducción de tiempo de construcción, optimización de materia prima y mano de obra.

7.1.3.1. Desventajas sistema prefabricado Constructora Modular

Analizando el proceso de construcción que se ejerce en la constructora se destacan un patron de errores en la primera fase de actividad constructiva, como lo son:

- **Lectura incorrecta de planos estructurales.** La incorrecta ubicación de los puntos para anclajes en la losa de cimentación.
- **Lectura incorrecta de planos hidrosanitarios.** La incorrecta ubicación de las tuberías hidrosanitarias, lo que conlleva a que se presente un desfase en el planteamiento de los ejes, generando un desplazamiento de los elementos estructurales denominados anclajes, que unifican y soportan los perfiles donde se anclan la plaqueta de concreto. Esto conlleva al aumento de costos por pérdida de material y aumento en precio de manutención de mano de obra en el tiempo que se lleve corregir estos problemas, generando retrasos desfavorables para el sistema constructivo y su principal objetivo.
- **Contratación de personal no experimentado.** Contratación de personal que generalmente no está capacitado para la ejecución de este sistema constructivo, y que actúan bajo los conocimientos adquiridos de manera personal.

En consecuencia, las malas prácticas dentro de estas etapas preliminares generan determinantes que interfieren en el correcto desarrollo de la ejecución.



7.2 CAPITULO II

Procesos y procedimientos adecuados para la correcta y eficiente construcción de viviendas bajo el sistema constructivo prefabricado en láminas de concreto y recolección de datos cuantitativos a cerca de los mayores y menores problemas que se presentan en la construcción.

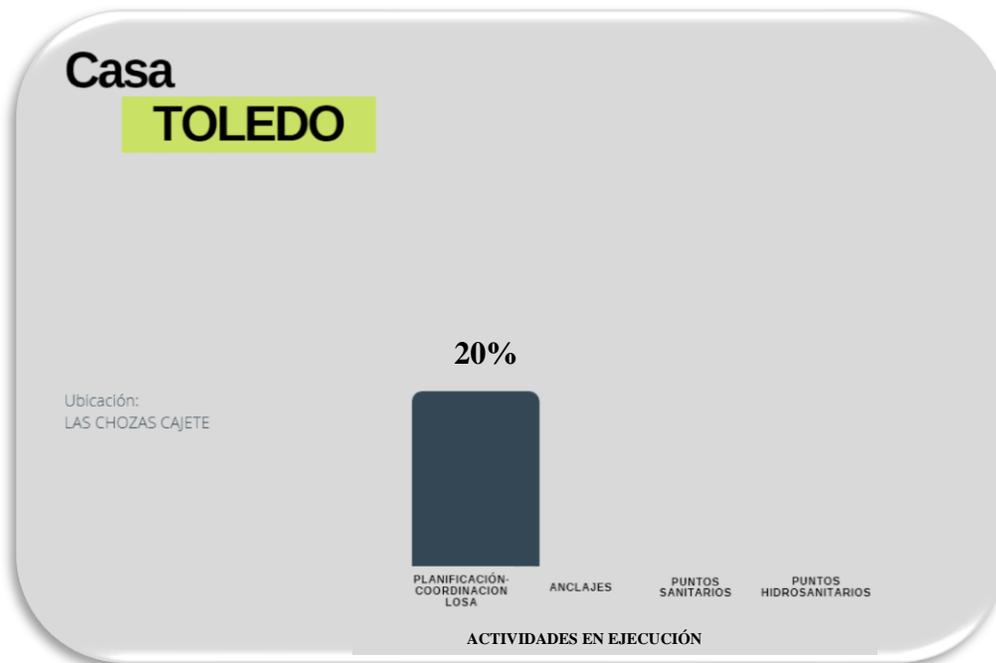


Durante las visitas de supervisión realizadas a las obras en construcción de ese momento, se realizaron bitácoras de campo, junto con recolección de registro fotográfico, que permite evidenciar los problemas que surgen en la construcción y los procesos que se les facilitan más.

7.2.1. Bitácoras (Ver Anexo.2)

Se realiza un análisis cuantitativo que arroje datos acerca de las **estadísticas de problemáticas durante la ejecución de las obras**, y así mismo obtener como resultado un balance general que apoye la línea de trabajo de esta investigación.

A. CASA TOLEDO (Ver Anexo.2)



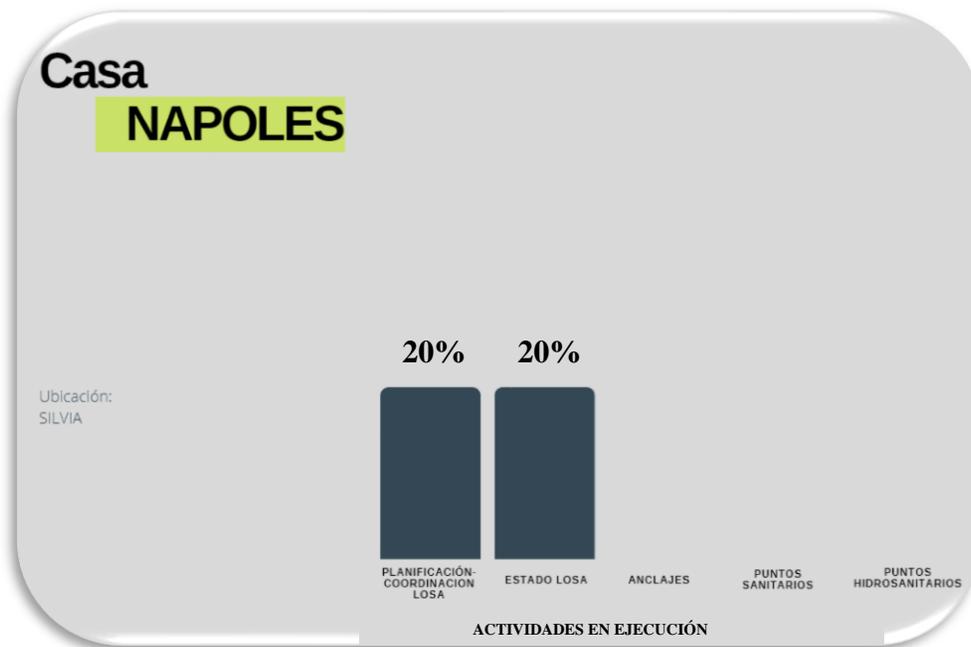
Fuente. Elaboración propia



Esta vivienda se encuentra ubicada en la vereda Cajete de la ciudad de Popayán, construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cuatro de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en ese momento. La primera actividad es la que mayor problemática obtiene, debido a que el acceso a la parcela se veía obstaculizado por el terreno propio del lugar, lo que conlleva a que el traslado de materiales y personal se dificultara. Seguida de esta actividad continua la instalación de anclajes y puntos hidrosanitarios-hidráulicos, esta no tuvo ningún inconveniente debido a un buen replanteo, lectura y guía de los planos propios de este tipo de vivienda.

B. CASA NAPOLES (Ver Anexo.2)



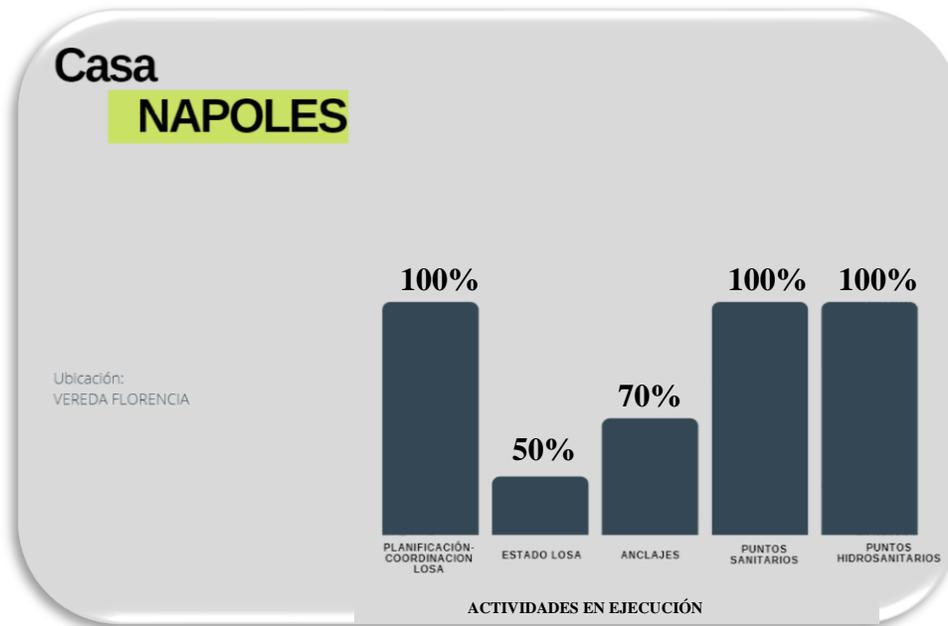
Fuente. Elaboración propia



Esta vivienda se encuentra ubicada en el municipio de Silvia, Cauca, construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cinco de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en el momento. La primera actividad de coordinación para replanteo de losa, presento problemática debido al difícil acceso al terreno, lo que dificultaba el traslado de materiales y personal, seguido de esta actividad se continua con la supervisión del estado de la losa; esta actividad fue la que mayor problemática presento debido al erróneo replanteo que se obtuvo, debido a esto la losa presenta un desajuste de medidas hacia el lateral izquierdo. Sin embargo, no se presentaron problemas durante la instalación de los anclajes y posterior estructura; solo afecto la medida de los corredores según el diseño establecido.

C. CASA NAPOLES PERSONALIZADA (Ver Anexo.2)



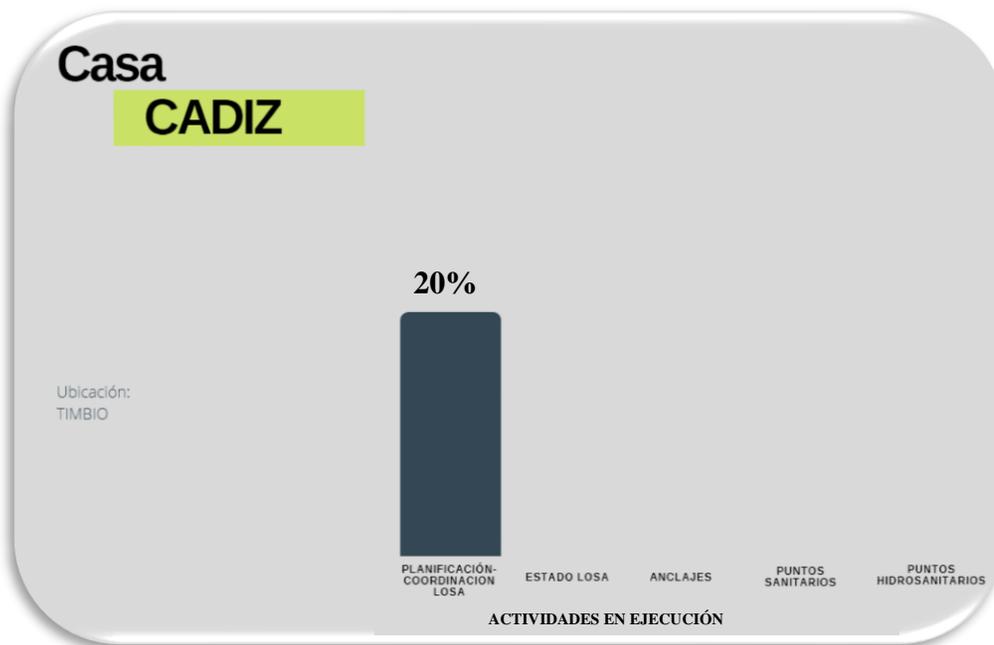
Fuente. Elaboración propia



Esta vivienda se encuentra ubicada en la vereda Florencia, de la ciudad de Popayán, construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cinco de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en el momento. Todas las actividades presentaron problemas al ser ejecutadas, la primera de ellas desencadenó de las siguientes también presentarían problemáticas. En primer inicio se entregaron planos ajenos al tipo de vivienda que iba a ser construida, lo que conlleva a realizar un replanteo absoluto de: losa de cimentación, puntos de anclajes, instalaciones hidrosanitarias; provocando retraso en la entrega y control de tiempos, también un desperdicio de materiales y costos para la constructora.

D. CASA CADIZ (Ver Anexo.2)



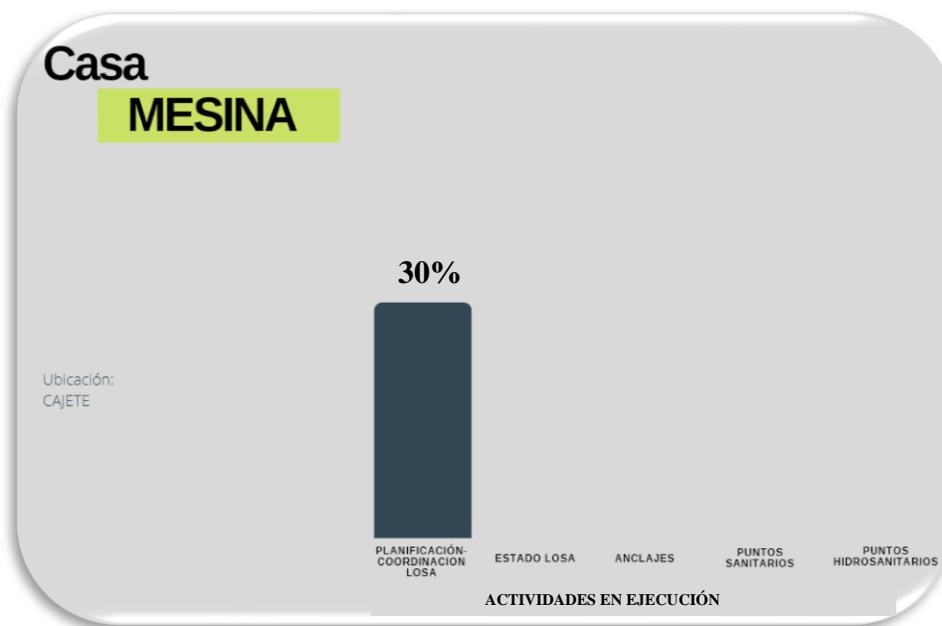
Fuente. Elaboración propia



Esta vivienda se encuentra ubicada en el municipio de Timbío, Cauca; construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cinco de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en el momento. Sin embargo, solo la actividad inicial fue la que mayor problema presento, debido al difícil acceso al lote; tambien se le añade el estado del clima que perjudico los tiempos y traslados de materiales y ejecución de actividades posteriores.

E. CASA MESINA (Ver Anexo.2)

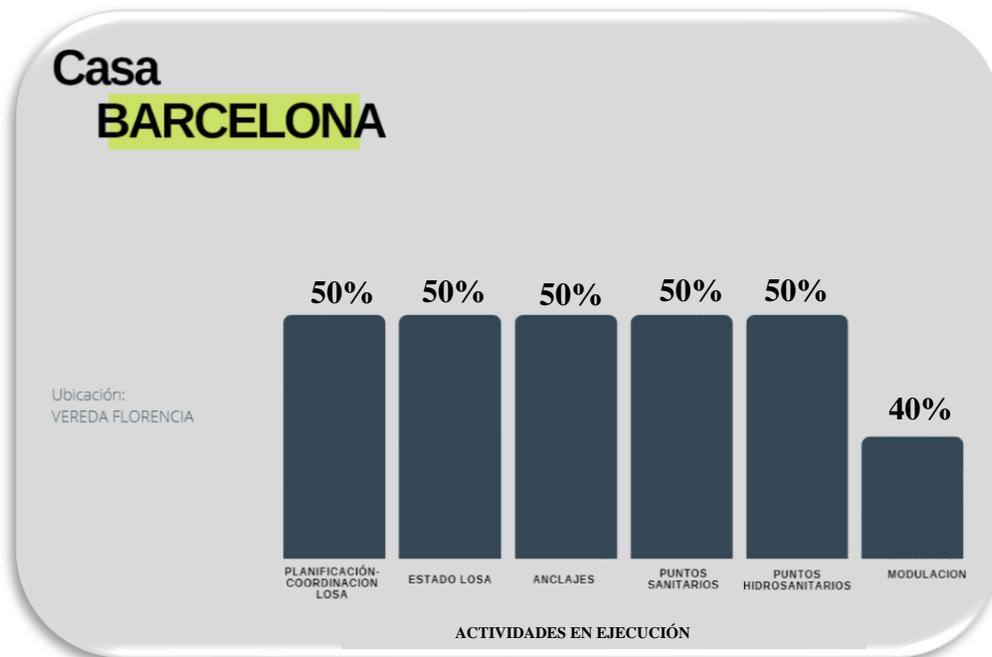


Fuente. Elaboración propia

Esta vivienda se encuentra ubicada en la vereda Cajete, de la ciudad de Popayán, construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cinco de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en el momento. Sin embargo, solo la actividad inicial fue la que mayor problemática presento, debido al acceso al lote ya que requería realizar un desplazamiento adicional hasta el lugar de la implantación. También se añade la condición del clima, ya que obstaculizaba la ejecución de las actividades y traslado de materiales.

F. CASA BARCELONA (Ver Anexo.2)



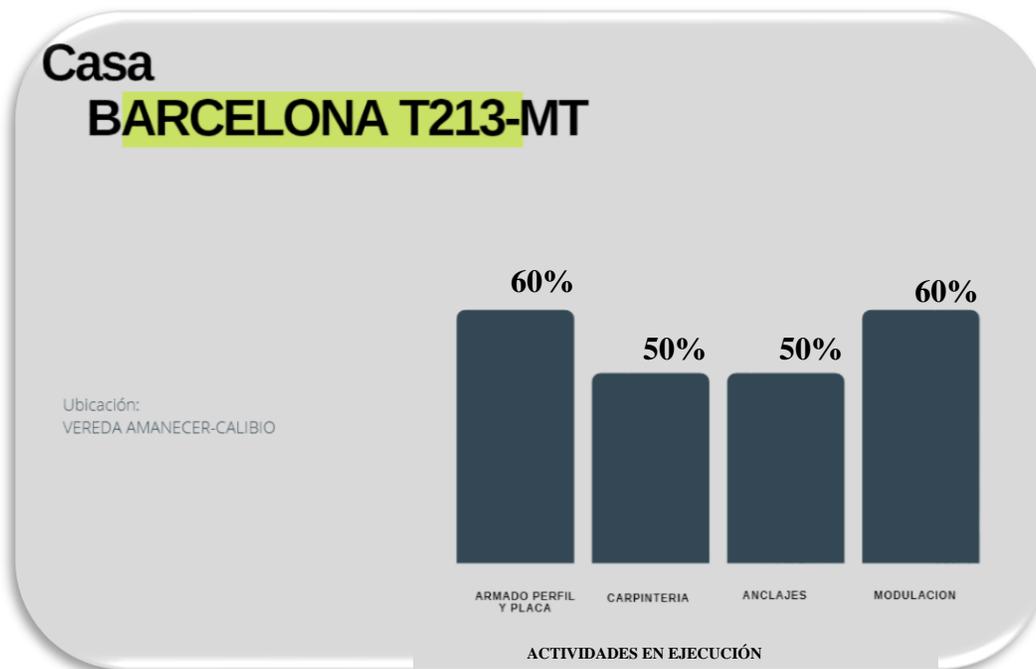
Fuente. Elaboración propia

Esta vivienda se encuentra ubicada en la vereda Florencia de la ciudad de Popayán, construida en el año 2021. Dentro de las actividades ejecutadas se destacan seis de ellas, ya que eran las de mayor supervisión en el momento. Desde la actividad inicial se presentaron

problemáticas, entre ellas la mala nivelación y proporción de la losa, ya que no correspondía al diseño establecido; la falla en esta actividad genero la errónea ubicación de los puntos de anclajes para instalación de paneles, ya que no coincidían con el replanteo establecido. Por lo tanto, se modificaron alrededor del 80% de los puntos de anclajes ubicados en la losa de cimentación, retrasando el tiempo de entrega de la construcción, ya que el replanteo y perforación de cada uno de los anclajes toma aproximadamente 45 minutos, sumado a esta problemática se generan desperdicios y aumento de perdida de material y costos.

Por último, dentro de la actividad de modulación se presentaron problemáticas al instalar paneles incorrectos en las zonas del baño, lo que conlleva a desinstalaran perfiles, paneles y carpintería, debido a la mala interpretación de planimetría.

G. CASA BARCELONA-T213-MT (Ver Anexo.2)



Fuente. Elaboración propia



Esta vivienda se encuentra ubicada en la vereda amanecer del municipio de Calibío, construida en el año 2021.

Dentro de las actividades ejecutadas se destacan cuatro de ellas, debido a que eran las de mayor supervisión en el momento. El primer problema que se presentó se evidencio en la actividad de armado de estructura metálica (perfiles) y las placas de concreto, ya que estas no se encontraban alineadas y dificulto el acoplamiento con el marco de la puerta ventana; tambien se presentan problemas en la instalación y funcionamiento de puertas y ventanas. Seguido de esta actividad se presenta una nueva problemática; siendo la instalación errónea de algunos perfiles y placas, teniendo que hacer un cambio en ellos, y generando adicionales no previstos en la construcción de la vivienda; debido a la incorrecta interpretación de planos estructurales.



Fuente. Elaboración propia

7.2.2. Resultado análisis fallas constructivas

Este estudio de recolección de porcentaje de fallas constructivas en la construcción de viviendas bajo el sistema constructivo modular se apoyó con base en los datos arrojados de siete viviendas que fueron objeto de supervisión y análisis: Casa Toledo, Casa Napoles, Casa Napoles personalizada, Casa Cádiz, Casa Mesina, Casa Barcelona, Casa Barcelona T213-MT.

Cada una de estas viviendas arrojó diferentes problemáticas, abarcando desde actividades menores hasta actividades fundamentales para la correcta ejecución, entre ellas la actividad que más se destaca por presentar fallas en cada uno de los estudios personalizados es la Planificación de losa con un 100%, ya que en cada una de las viviendas se presentó un acceso difícil para el



acarreo de material y hasta del mismo personal; seguido de esto también comparte el incorrecto replanteo de la vivienda, que da paso a la segunda problemática: Fundición de Losa con un 50%, según el estudio realizado la mitad de objetos de prueba presentaron problemáticas en esta actividad, debido al mal replanteo de los ejes para la fundición de losa, tomas de nivel incorrectos y una mala interpretación de planos de cimentación que conlleva a realizar estas fallas. Al fallar en esta actividad inicial tiene como consecuencia la pérdida de material, retraso en tiempo de entrega y aumento de costos; ya que la deficiencia en esta actividad desencadena problemáticas en las siguientes actividades.

En consecuencia de estas malas prácticas existe un mayor indicio de errores en las actividades de replanteo de tuberías hidrosanitarias y anclajes, ya que al no tener la losa en óptimas condiciones, desencadena que no se pueden tomar niveles correctamente o en casos extremos que no corresponda al diseño planteado inicialmente, y conlleve a realizar un replanteo absoluto de esta actividad, obligando a realizar la fundición de losa nuevamente, para así poder obtener en un segundo intento la correcta posición de los puntos hidrosanitarios y los anclajes. Según el estudio analizado este tipo de problemáticas suceden en un 50% de las viviendas ejecutadas.

Por consiguiente, las fallas en esta etapa repercuten las siguientes actividades por realizar, obteniendo un 40% de errores en: armado de placa y perfil, modulación y carpintería; ya que estas tres actividades se complementan, debido a que es necesario la correcta instalación de cada una de ellas, para que la siguiente no tenga problemas en su ejecución. Según el estudio que se realizó, se evidencia la incorrecta lectura de planos estructurales donde se indica los tipos de perfiles y placas que se deben posicionar en los lugares exactos que indica el tipo de diseño de vivienda. Si se obtiene una incorrecta instalación de perfiles y placas, esto trae como consecuencia que la instalación de

la carpintería tenga dificultades; ya que no se van a poder calzar a una medida precisa estos objetos en los paneles y perfiles. Trayendo como consecuencia el retraso en tiempos de entrega de la obra y posibles gastos adicionales en caso de que en el intercambio de placas y perfiles estos resulten deteriorados.

Como resultado de este análisis se obtiene que las dos principales causas de retraso en tiempos de entrega, desperdicio de material y aumento de costos en las actividades son: el replanteo y fundición de losa, perjudicando a las actividades de fijación de tuberías hidrosanitarias y anclajes; y la instalación de perfiles y placas, dejando como consecuencia errores en la modulación e instalación de carpintería. Con base en estos resultados se obtienen los principales lineamientos para el desarrollo de la generación de una herramienta didáctica para el uso y aplicación del método constructivo prefabricado.



7.3 CAPITULO III

Diseño de una herramienta que mejore los procesos del método constructivo de viviendas realizadas con el sistema prefabricado en lamias de concreto

La creación de herramientas didácticas no solo están consideradas para aplicarlas al campo estudiantil, es necesario poder comprender que la enseñanza se transmite en cualquier campo de estudio. Con base en este presente estudio, el innovar y generar una herramienta didáctica para el correcto uso y aplicación de un sistema constructivo genera un alto nivel de entendimiento y compromiso con el deber de la transmisión de la enseñanza a una población específica que no está capacitada en su totalidad en estos métodos constructivos. Así mismo se brinda la oportunidad de capacitar a un personal nuevo, ajeno a este conocimiento y a la vez permite reforzar los lineamientos de personas que ya conocen este tipo de construcción.

El enunciado anterior demuestra la importancia que tiene la creación y utilización de nuevas pedagogías de enseñanza, con el propósito de que el aprendiz se relacione con estos métodos de aprendizaje y sienta apropiación por el tema, incluyendo desde el ámbito laboral y profesional que lo rodea. La propuesta de investigación se configura desde un enfoque multidimensional, como resultado del reconocimiento de los diferentes grupos de actores implicados en los procesos laborales de la Constructora Modular, teniendo en cuenta que el aprendizaje es un proceso de conocimiento de la realidad objetiva, que transcurre simultáneamente con un autoconocimiento de las capacidades y limitaciones personales. (Salazar, 2018, p. 27).

La idea de este proyecto surge de la necesidad y propósito de poder generar y fomentar una nueva estrategia de enseñanza pedagógica que esté ligada con las técnicas de aprendizaje para así crear lazos entre este método de enseñanza y las estrategias innovadoras que permitan a los aprendices y personal de obra sentirse apropiados ante esta herramienta. Los procesos de innovación son capaces de originar nuevos conocimientos dentro del saber didáctico profesional y están mediados por procesos de sistematización (investigación de, para y en la acción) que



representan en gran medida la condición que conforman los procesos formativos dentro de las empresas o constructoras.

El proceso de enseñanza aprendizaje no es un proceso estático ni definido. Es un proceso continuo de construcción que se forma a partir de la apropiación que profesores y estudiantes hacen en torno a su quehacer-. Lo dicho hasta aquí enmarca el marco teórico donde se desarrolla la idea principal del proyecto, trayendo consigo propuestas para el diseño de estrategias y métodos pedagógicos para reforzar el entendimiento, sin olvidar que las partes del desarrollo del aprendizaje abarcan aspectos sociales e individuales que el estudiante posee y que se deben tomar en cuenta para la creación y complementación de métodos de enseñanza que se adapten a las situaciones y dinámicas socio-espaciales que sucedan alrededor.

Por otro lado, la investigación cuantitativa se basa en "estudios de caso, experiencias personales, introspección, historias de vida, entrevistas, artefactos y textos y producciones culturales, junto con textos observacionales, históricos, interactivos y visuales". La investigación cuantitativa no insiste en la representativa muestra de sus resultados. Adquiere validez externa a través de diversas estrategias, entre ellas el trabajo de campo, la triangulación de resultados. El estudio responde a un método descriptivo, ya que aporta una interpretación de la realidad de un fenómeno específico. Se configura como un modelo de investigación aplicada o investigación basada en el diseño (IBD), la cual se define como "Una metodología sistemática pero flexible dirigida a mejorar las prácticas de enseñanza a través del análisis interactivo, el diseño, el desarrollo y la implementación basados en la colaboración entre investigadores y profesionales en entornos del mundo real y laboral.



El enfoque de la generación de una herramienta didáctica para la aplicación del método constructivo del sistema prefabricado está dirigida a los métodos y estrategias pedagógicas partiendo desde las herramientas a implementar para cumplir el objetivo de mejorar el rendimiento en los resultados de la construcción de viviendas prefabricadas y seguir obteniendo un beneficio a futuro dentro de la calidad de mano de obra y rendimiento que se brinda en la Constructora Modular.

(VER ANEXO 2)



8. CONCLUSIONES

-Esta investigación permitió conocer en detalle el proceso constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto que se emplea en la CONSTRUCTORA MODULAR de ciudad de Popayán, así mismo realizando un análisis de las principales ventajas y desventajas que este sistema posee; a la vez conocer en detalle las características principales que ofrece este tipo de construcción desde el proceso que se maneja en la Constructora Modular, estudiando las problemáticas que se presentan en la ejecución de los diferentes tipos de vivienda, de esta manera se logra un aprendizaje del proceso constructivo.

-Con la ayuda de recolección de información en bitácoras de obra donde se anexaba en detalle los objetivos cumplidos, faltantes, fallas en actividades y registro fotográfico, se logró obtener resultados de falencias presentadas en la ejecución de las obras construidas; así mismo se obtuvo datos cuantitativos que demuestran los principales errores cometidos y la razón de ellos, para así identificar los procesos y procedimientos correctos como también errores cometidos, lo que permitió poder idear una estrategia didáctica que coadyube a mitigar obras equivocadas ejecutadas, que trae consigo consecuencias a nivel constructivo y de gastos empresariales.

-La creación de una herramienta didáctica para la explicación del proceso constructivo del sistema prefabricado en láminas de concreto se realizó con base en los datos anteriormente ya mencionados y recolectados; esto se hizo con el fin de actuar ante la problemática latente en la ejecución constructiva de las viviendas, entendiendo las capacidades que posee cada una de las personas responsables de estas actividades en la construcción, así mismo se genera una herramienta



didáctica con el fin de realizar una ayuda en el proceso del conocimiento y entendimiento de dichos procesos constructivos, para así lograr la mitigación y control de daños en la ejecución de este tipo de viviendas, y una mejora continua en el control de calidad.



9. ANEXOS

- **Anexo 1. (capítulo II)**
- **Anexo 2. (capítulo III)**

10. BIBLIOGRAFIA

-Collao Henríquez, d. a. (2019). estudio de prefactibilidad técnica económica para crear una empresa constructora de vivienda prefabricada.

-Fernández-Ordóñez, D., & Gómez, J. F. (2009). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. Informes de la Construcción, 61(514), 71-79.

-Gisbert, S. J. S., Blat, I. P., & Gregorio, P. P. (2019). Marcel Breuer: un diseñador global. Experiencias en el ámbito de la vivienda prefabricada. Laocoonte. Revista de Estética y Teoría de las Artes, (6), 216-230.

- López, F. J. (2018). Reseñas. Construcción Modular-Viviendas Prefabricadas. Temas de Arquitectura, 8(1), 79-80.

- Muñoz Núñez, P. (2017). La vivienda prefabricada en procesos de alojamiento de transición para un desplazamiento sin precedentes. BAC Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea, 7(1), 115-134.



-Terrados Cepeda, F. J., Baco Castro, M. L., & Moreno-Rangel, D. (2015). Patio 2.12: Vivienda prefabricada, sostenible, autosuficiente y energéticamente eficiente. Participación en la competición Solar Decathlon Europa 2012. *Informes de la Construcción*, 67 (538), 1-11.