

MONOGRAFÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE CASAS PRE
FABRICADAS Y CONVENCIONALES DE UNO Y DOS PISOS EN COLOMBIA



Por:

SANTIAGO PÉREZ TOVAR



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2021

MONOGRAFÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE CASAS PRE
FABRICADAS Y CONVENCIONALES DE UNO Y DOS PISOS EN COLOMBIA



Por:

SANTIAGO PÉREZ TOVAR

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de
ingeniero civil

Aprobado por:

Ing. JUAN MANUEL SALGADO

Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2021

Autoridades académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN.

Decano Facultad de Ingeniería Civil

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	9
Abstract.....	10
1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema	12
3. Objetivos	14
3.1. Objetivo general.....	14
3.2. Objetivos específicos	14
4. Justificación	15
5. Metodología	17
6. Marco de referencia	19
6.1. Crecimiento en la construcción de la vivienda en Colombia.....	19
6.2. Incorporación de Sistemas de prefabricado en Colombia.....	21
6.3. ¿Por qué la mampostería confinada es el sistema constructivo más usado en Colombia?	23
7. Estado del arte.....	25
7.1. Antecedentes	25
7.2. Manuales y guías.....	26
7.3. Procesos Constructivos	27
8. Análisis de los Sistemas de Prefabricado más comunes en Colombia	29
8.1. Normatividad requerida	29
8.1.1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.....	29
Título a: requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	29
8.1.2. Normas Técnicas Colombiana – NTC: NTC-4024.....	29
8.2. Sistemas Prefabricados	30
8.2.1. Sistema constructivo Steel Framing	30
8.2.2. Sistema constructivo Durapanel.....	34
8.2.3. Sistema constructivo Fibrablock	38
8.2.4. Sistema prefabricado de módulos de placas en concreto.....	41
9. Sistema constructivo convencional o de mampostería confinada.....	46
9.1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.....	46

9.1.1. <i>Proceso Constructivo</i>	50
9.1.2. <i>Ventajas</i>	54
9.1.3. <i>Desventajas</i>	54
Resultados	55
Conclusiones	57
Referencias bibliográficas	58

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Fases de la metodología	18
Figura 2. Número de viviendas construidas en Colombia en las últimas tres décadas.....	20
Figura 3. Incorporación del sistema de prefabricado en el país.....	23
Figura 4. Mapa Geográfico de Colombia	24
Figura 5. <i>Sistema Steel Framing</i>	30
Figura 6 <i>Estructural Steel Frame</i>	31
Figura 7. Perfilería Steel Frame	32
Figura 8. <i>Armado de paneles</i>	32
Figura 9. Instalación placas OSB.....	33
Figura 10. Instalación barrera de agua y viento (Tytar).....	33
Figura 11 Sistema de protección exterior	33
Figura 12. Sistema constructivo Durapanel.....	35
Figura 13. <i>Composición panel Durapanel</i>	35
Figura 14. <i>Etapas de replanteo Durapanel</i>	35
Figura 15 Colocación de esperas Durapanel.....	36
Figura 16. Aplomado de muros y apuntalamiento Durapanel	36
Figura 17. Colocación mallas angulares y planas de refuerzo.....	37
Figura 18. Lanzado de mortero Durapanel	37
Figura 19. Afinado de los muros Durapanel.....	37
Figura 20 Panel de Fibrablock.....	39
Figura 21. <i>Ensamblado de muros</i>	40
Figura 22. Cubierta Fibrablock.....	40
Figura 23. <i>Casa con placas en concreto</i>	41
Figura 24. <i>Componentes de la estructura</i>	41
Figura 25. <i>Cimentación</i>	42
Figura 26. <i>Instalación estructura</i>	43
Figura 27. <i>Instalación de cubierta</i>	43
Figura 28. <i>Instalación cielo raso</i>	44
Figura 29. <i>Acabados paredes</i>	44
Figura 30. <i>Casa en mampostería confinada</i>	46

Figura 31. Localización y replanteo	50
Figura 32. Excavación cimentación.....	50
Figura 33. Formaleta y canasta	51
Figura 34 Fundición contrapiso	51
Figura 35. Levantamiento de muros	52
Figura 36. Fundición de columnas y vigas	52
Figura 37. Instalación de cubierta de cubierta.....	53

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Metodología	18
Tabla 2. Sistemas constructivos de prefabricado más comunes	27
Tabla 3. <i>Espesor mínimo de losas</i>	53
Tabla 4. <i>Pendiente de la cubierta</i>	54

Resumen

El presente documento tiene como objeto mostrar cuales son las principales características y diferencias de los procesos constructivos en Colombia de viviendas de uno y dos pisos de sistemas prefabricados de mayor comercialización, respecto al proceso constructivo en sistema tradicional de la tipología de vivienda convencional. Indicando si estos sistemas cumplen en términos generales con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR -10, y cuál de estos sistemas constructivos cumplen la normativa vigente teniendo en cuenta que gran parte del sector inmobiliario en estratificaciones medias y bajas recurren a la autoconstrucción.

Abstract

The purpose of this document is to show which are the main characteristics and differences of the construction processes in Colombia of one and two-story homes of prefabricated systems of greater commercialization, with respect to the construction process in a traditional system of the conventional housing typology. Indicating whether these systems comply in general terms with the Colombian Construction Regulations for Earthquake Resistant NSR -10, and which of these construction systems comply with current regulations, taking into account that a large part of the real estate sector in medium and low stratifications resort to self-construction.

1. Introducción

Actualmente en Colombia el mercado de las viviendas prefabricadas atraviesa por una importante tendencia de crecimiento, esto debido a la crisis económica y a las malas experiencias acumuladas por los clientes de obra convencional, acontecimientos que han hecho que el sector inmobiliario evolucione y se desarrolle desde otras perspectivas (Alvarez, 2016) provocando que las personas y las empresas de construcción incorporen nuevas tecnologías y sistemas constructivos al momento de construir edificaciones para vivienda y para otros tipos de sectores.

Hoy la oferta de mercado de construcción de viviendas brinda un amplio catálogo de sistemas constructivos sobre todo en sistemas de prefabricado, creando inquietudes sobre si estos cumplen con la normativa para construcción de vivienda del país, las cuales también vienen sujetas a la comparativa de los muchos procesos constructivos que existen, desde el prefabricado hasta el tipo de construcción tradicional, siendo esta última la que se emplea en mayor medida en Colombia de una manera empírica y artesanal por la población de estratos medio y bajo. (Serrano Pinzón, 2015)

Partiendo de esto, se realiza la investigación pertinente frente a los inicios de la construcción tradicional en Colombia, sus distintos sistemas, un análisis de aquellos que son implementados actualmente y cómo se llevan a cabo los mismos. Seguido a esto, se identifican los avances tecnológicos desarrollados para sistemas tradicionales y prefabricados; por último, se selecciona uno de los sistemas constructivos más completos y que tenga en cuenta la normativa colombiana existente para edificación de vivienda de uno y dos pisos .

2. Planteamiento del problema

Las construcciones de uno y dos pisos son las edificaciones más comunes en Colombia, (Fonseca Zaraza, 2016) Sin embargo, el déficit habitacional se ha propagado hasta la actualidad, generando una decadencia en la calidad de vida de las familias que residen en cada una de estas. La tipología identificada en Colombia, y en general en Latinoamérica, se caracteriza por suplir la necesidad de vivienda que, al no aplicarse los conocimientos o a falta de los mismos, se desarrolla con falta de criterio técnico que lleva a la mala calidad espacial y estructural, esto debido a la ausencia de recursos y financiación para poder contratar profesionales y generar asesoramiento en esos temas. (Prieto Osorio, 2004)

En la actualidad, la construcción que se desarrolla en Colombia para estructuras de uno y dos pisos es principalmente artesanal (Elorza Agudelo & Toro Gutiérrez, 2015). Donde los principales procesos ocurren en obra, sin un diseño metodológico o un manual que permita mejorar los procesos y los diferentes mecanismos de control para el desarrollo de este tipo de estructuras, lo cual genera no solo desperdicios de materiales, destinación de sitios inapropiados para la disposición de residuos y materiales en general, pérdidas de los mismos, limite en herramientas de construcción, disposición y utilización en la obra, adicional del recurso humano y maquinaria que no es empleada de la mejor manera.

Lo anterior, impide entregas en las obras en un tiempo determinado, adicional del riesgo que genera esta sin ningún tipo de garantía (Trujillo Castellanos & Ortiz Díaz, 2017), eso sumado a procesos inadecuados caracterizados por ausencia de calidad en materiales y limitación en servicios básicos.

Es claro, que en Colombia se cuenta con normas específicas para este tipo de construcciones, no obstante, algunas no cuentan con los requisitos mínimos dispuestos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, designado en el Título E, llegando en algunos casos a tener sobrecostos en las edificaciones e incluso colapsos de las mismas (Enciso Herrera & Falla González, 2018). Adicionalmente no son implementadas en su totalidad, un ejemplo muy claro son las empresas dedicadas a construir y comercializar “Casas prefabricadas”, estas aparentemente hacen parte de una solución para algunas personas. Si bien es cierto, cuentan con manuales y requerimientos mínimos en cuanto a la aplicación de procesos constructivos, queda sujeto a que se demuestre con evidencia experimental y de análisis que el sistema propuesto tiene una resistencia, capacidad de disipación de energía y capacidad de trabajo en el rango inelástico igual o mayor a las obtenidas con la estructura construida utilizando uno de los materiales prescritos por el Reglamento Colombiano de

Construcción Sismo Resistente (NSR-10) tal como lo afirma la Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica (2015).

De acuerdo con lo anteriormente descrito y con la problemática de ausencia de construcciones que cumplen con requisitos mínimos para construcción de estructuras de uno y dos pisos en Colombia se propone la siguiente pregunta problema para el desarrollo de la monografía:

¿Qué tipo de alternativa de construcción para el desarrollo de estructuras para casas de uno o dos pisos en Colombia emplea una solución constructiva respetando el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) a partir del análisis comparativo entre el proceso constructivo de vivienda convencional y de prefabricado?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Realizar un análisis comparativo del proceso constructivo que tienen las casas de uno y dos pisos prefabricadas respecto a las convencionales en Colombia.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar los aspectos y las necesidades de los procesos constructivos para casas construidas de manera convencional ante casas prefabricadas.
- Definir las ventajas y desventajas de cada uno de los procesos constructivos, en función a la normativa vigente colombiana, tal como la NSR-10, ICONTEC, AIS y ACI.
- Identificar los avances tecnológicos en la construcción de casas tanto prefabricadas como las construidas con el sistema convencional.
- Elegir el tipo de proceso constructivo que permita la construcción de vivienda de uno y dos pisos, pero que, a su vez, cumpla con los requerimientos de normativa colombiana asignados a este.

4. Justificación

A medida del paso de los años, el sector de la construcción en el país ha venido creciendo significativamente (Invest in Bogotá, 2021), adoptando nuevos sistemas industrializados en el desarrollo de los proyectos.

Mediante el avance e innovación y la implementación de desarrollos tecnológicos, el sector de la construcción busca estar a la vanguardia, en un entorno cada vez más tecnificado y competitivo (Camacol Valle, 2019), y es por eso que la industria de los prefabricados ha alcanzado un importante protagonismo, siendo eficientes en tiempos, calidad y ahorros económicos que demanda el mercado. En Colombia este sistema se ha presentado como una solución modular y económica, que no solo es práctica, sino que también ofrece a su usuario la reducción de costo y tiempos, pero que, en temas de valor agregado, confort y calidad, falta mucho por explotar. (Martínez Masó, 2017)

Actualmente en Colombia según cifras del DANE en su último censo del 2018 existen 13.480.729 de viviendas construidas, y para ese mismo año se construyeron 4.561.478 de metros cuadrados en sistemas de prefabricado (Camacol Valle, 2019), convirtiéndose en el segundo sistema constructivo más utilizado en el país ocupando una participación del 30%.

Por lo anterior, podemos determinar que año tras año la demanda de vivienda ha venido aumentando, motivo por el cual las construcciones se van desarrollando con todas las normativas existentes que rigen la construcción en Colombia, desde la adquisición de licencias hasta la implementación de la NSR-10, aun cuando existan casos en que no se tome en cuenta. Según un estudio realizado por el Ministerio de vivienda en conjunto con el Instituto de Estudios Urbanos (IEU) de la Universidad Nacional en 2018, “se halló que más del 50% del crecimiento de las ciudades y municipios del país, fue de origen informal” (Vanguardia, 2020)

Es de conocimiento general que, en gran parte de las construcciones de uno y dos niveles en Colombia y sobre todo del sistema tradicional de mampostería de muros no estructurales, se da mal manejo del desarrollo de la técnica por el trabajo en autoconstrucción. Por ejemplo, en ciudades capitales como Cali encontramos que, “4 de cada 10 construcciones no cumplen con los términos de la licencia de construcción que les expiden las curadurías urbanas” (Diario El País, 2015). Otra característica que resalta, y que abarca la autoconstrucción, es la presencia de esta en sectores marginales de las ciudades, viviendas que so construidas mediante procesos de suministros, con técnicas muy rudimentarias y pasando por alto, en muchos casos, las normas urbanísticas y de propiedad del suelo. (Toledo Castellanos, 2017)

Se debe tener en cuenta que, algunos de los sistemas de prefabricado para construcción de viviendas no cuentan con procesos técnicos constructivos que cumplan cabalmente con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, y que además algunas de las empresas que los venden no son conscientes y en ocasiones omiten parte de este reglamento a la hora de construir u ofrecer este tipo de estructuras, pues así lo afirma el Ingeniero Olaya (2021).

Por lo anterior es importante el desarrollo de este tipo de documentos donde se busca realizar un análisis comparativo que evidencien los procesos constructivos que se llevan a cabo con cada una de estas estructuras, pero no solo, emitiendo conceptos básicos sino también más actualizados sobre el tema, desde un contexto técnico y normativo. Esto, con el fin de ampliar el conocimiento en las diferentes metodologías, de modo que la información esté compilada y sea un análisis más puntual y enfocado a brinda información clara y con especificaciones determinantes para su aplicación.

5. Metodología

La metodología implementada para la elaboración de este proyecto es la investigación documental, por lo cual se basará en la obtención, interpretación y análisis de datos provenientes de fuentes impresas u otro tipo de documentos. Estas fuentes pueden ser tales como libros, artículos, documentos de archivo, noticias, leyes y demás elementos que tengan una validez frente al tema de las construcciones convencionales con sistemas tradicionales en Colombia y cómo se trabaja actualmente con sistemas como el prefabricado.

Este proyecto se desarrollará a través de cuatro líneas, que brindarán la trazabilidad para la construcción de la investigación. Inicialmente, se hace una recopilación de datos y una base bibliográfica que permita identificar los procesos realizados en Colombia frente a la construcción de viviendas convencionales con sistemas tradicionales en contraste con las viviendas en sistema prefabricado de uno y dos pisos en el país; esto permitirá tener un panorama general de lo que se trabajará en el resto del documento. Seguido a esto, se reconoce, identifica y define las ventajas y desventajas de cada uno de estos procesos constructivos, permitiendo tener una caracterización de estas tipologías de construcción y, sobre todo, dar claridad de lo que se obtenga mediante la implementación de los mismos.

Finalmente, se estudia los avances tecnológicos que se han llevado a cabo en construcciones de tipo prefabricadas y de sistema tradicional en el país, al igual que aquella normativa que se solicita en los distintos niveles del territorio. Por último, elegir el tipo de proceso constructivo que permita la construcción de vivienda de uno y dos pisos, pero que, a su vez, cumpla con los requerimientos de normativa colombiana asignados a este.

En la Tabla 1. Metodología, se presenta un desglose del desarrollo de la investigación, a partir de un objetivo que tiene una actividad como fin, la cual se describe y da su paso a paso a seguir y por último se define el actor que realizara cada punto definido anteriormente.

Tabla 1. Metodología

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Objetivo específico 1	Organización y recopilación de conceptos, procesos y procedimientos	Se recolecta, caracteriza la información que se obtiene mediante fuentes secundarias con el objetivo de identificar los aspectos y las necesidades de los procesos constructivos para casas construidas de manera convencional ante casas prefabricadas.	Autor
Objetivo específico 2	Análisis Metodologías	Posterior a la recopilación y conceptualización, se continua con el análisis de las metodologías como lo es método tradicional y construcciones prefabricadas mediante la definición de ventajas y desventajas de cada uno de los procesos constructivos, en función a la normativa vigente.	Autor
Objetivo específico 3	Avances tecnológicos	Posterior a sintetizar las diferentes metodologías se identifican los avances tecnológicos en la construcción de casas tanto prefabricadas como las construidas con el sistema convencional	Autor
Objetivo específico 4	Elección de proceso constructivo	Elegir el tipo de proceso constructivo que convenga utilizar para la construcción de casas de uno y dos pisos, que atienda la problemática planteada.	Autor

Figura 1. Fases de la metodología

6. Marco de referencia

6.1. Crecimiento en la construcción de la vivienda en Colombia

Se habla de la vivienda digna como uno de los derechos fundamentales para el territorio colombiano, el cual debe brindar las condiciones necesarias y la promoción de planes para la financiación y ejecución de los mismos, para así darle calidad de vida a la población de este país, tal como lo indica el artículo 51, capítulo II del Título II de la Constitución Política de Colombia

En Colombia, el desarrollo de la vivienda ha sido uno de los puntos más importantes para el crecimiento de los pueblos y su conformación como ciudades, desde un naciente centro histórico, que constituye el corazón del lugar y que permite la ampliación hacia su territorio perimetral. Tal como lo nombra Alberto Saldarriaga (2019) la construcción de esta arquitectura se basaba en la manera de pensar, construir y habitar, teniendo en cuenta aquellas herencias culturales, que también abarcaban técnicas constructivas que se usaban para la edificación de las viviendas y que se pensaban al momento de organizar o distribuir los espacios. Estas, eran edificadas con guadua o madera rolliza, y recubiertas con barro y techadas en paja o palma.

En épocas de la colonia, la conformación de la vivienda se daba a partir de un patio central o lateral como sistema articulador de la misma, alrededor de la cual se distribuían los espacios y en las cuales surgieron técnicas constructivas, como lo fue la mampostería en adobe, ladrillo y piedra, además de estructuras en madera para las cubiertas en teja de barro.

Para el siguiente periodo, el republicano e inicios de la moderna, se mantuvieron esos mismos trazados, pero realizando cambios a los sistemas de construcción, entre los cuales destacaron las técnicas constructivas de acero, concreto y vidrio, que permitían mayor flexibilidad espacial y estructuras más grandes. (Saldarriaga Roa, 2017)

Para la actualidad, según un estudio realizado por Invest in Bogotá (2021) los materiales utilizados de construcción en Colombia se han duplicado generando una demanda anual de crecimiento. Para el año 2021, se ha generado una demanda de materiales de construcción de casi el 34.12 billones, los cuales fueron datos brindados por el DANE. Adicional a esto, los principales segmentos de materiales de construcción que generaron mayores ingresos fueron:

- Cemento y concreto
- Manufacturas de hierro y acero
- Pinturas y químicos para la construcción

- PVC y plásticos para la construcción
- Cerámicas
- Cables y conductores
- Vidrio

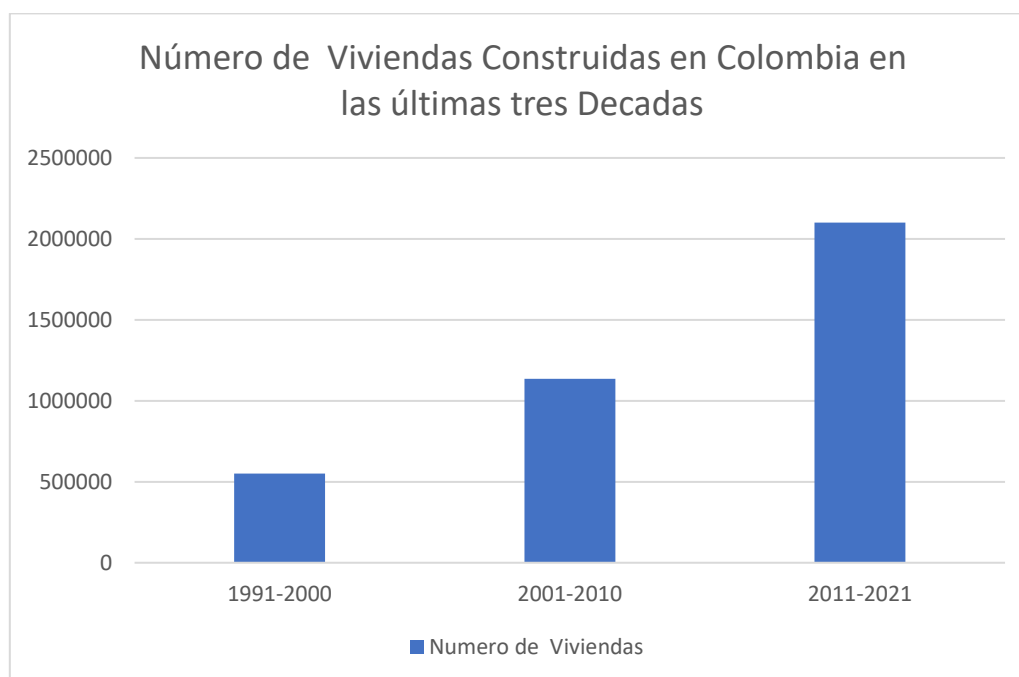
Es así, como también se conoce que el sector de la construcción con gran importancia es el residencial, el cual abarca un valor cercano a los 30.43 billones (48.1%).

Por otra parte, la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) en la conferencia realizada en el año 2019 se habló del crecimiento que ha tenido la construcción de la vivienda en Colombia, además de la demanda que se viene para la adquisición de este tipo de bien en el país.

Según los datos obtenidos del recuento expuesto por Camacol en las últimas tres décadas, el sector de vivienda ha crecido de la siguiente manera:

De los años 1991 a 2000, en Colombia se construyeron aproximadamente 550.000 viviendas, representando así un promedio de 55.562 de viviendas por año. Luego, de los años 2001 a 2010 se edificaron cerca 1.135.000 viviendas, con un promedio de 113.495 por año, ya aquí según estas cifras podemos notar un crecimiento significativo de la construcción de la vivienda en Colombia. Ya en los últimos diez años fueron se calculó que en el país se construyeron más de 2.100.000 viviendas, teniendo un promedio anual de 210.000 viviendas construidas (González Bell, 2019).

Figura 2. Número de viviendas construidas en Colombia en las últimas tres décadas.



De lo mencionado anteriormente podemos observar que década tras década las cifras de crecimiento de la construcción de la vivienda en Colombia ha duplicado la anterior, por consiguiente lo que nos espera para la próxima década según las proyecciones de (Camacol Valle, 2019) es que del 2020 al 2030 se deben construir alrededor de 3,2 millones de viviendas en el país, esto debiéndose a que la proyección de crecimiento poblacional será de más de 7,4 millones de personas y alrededor del 82% vivirán en zonas urbanas.

Por otro lado, se tiene conocimiento del alto déficit de vivienda y el aumento el sistema de autoconstrucción con sistemas no convencionales no avalados por la Norma Sismo Resistente NSR-10; esta población es la más afectada, ya que no cuentan con los ingresos necesarios para acceder a proyectos de VIP y VIS, por lo cual se estima que este déficit de vivienda es del 76%, razón por la cual se opta por la autoconstrucción.

Uno de los motivos por los que no se refiere a la autoconstrucción como una técnica óptima para el desarrollo de vivienda en uno y dos pisos, se basa en la ausencia de diseños sismo resistentes, el uso de materiales inapropiados o que no cumplan con las características requeridas o por el simple motivo de ausencia de conocimiento. (Perea Rentería, 2012)

6.2. Incorporación de Sistemas de prefabricado en Colombia

Se habla de los inicios del prefabricado en Colombia empezó en el año de 1992:

En la prensa de este año, se anunciaba que el entonces presidente Alberto Lleras Camargo hacía entrega de las primeras aulas escolares terminadas con los programas de la Alianza para el Progreso en donde una de las dos escuelas había sido construida por el método de prefabricados, por la firma Prefabricados Limitada. Como alternativa para proveer una unidad de vivienda a una persona de baja estatura, en 1967 se llevaron actividades para recaudar fondos que permitieran construir la casa que Madeflex donara a esta persona en Bogotá (Innovacasas, 2021).

A finales de 1995 y principios de 1996, se generó un interés inicial en aquellas directrices que se estaban implementando en Francia y Alemania, y posteriormente en Europa, que era la construcción a base de prefabricados en concreto. Estos prefabricados tenían como meta industrializar la construcción de un piso terminado, para luego ser transportados e instalados en el lugar. Claramente, este brinda una construcción mucho más continua, reduciendo costos, incluso ciertos imprevistos, ahorra tiempo y mano de obra. (Diario El Tiempo, 1996)

Para el año de 1997, se realiza el primer evento público donde se empieza a hablar de que las viviendas prefabricadas podían ser producidas a bajo costo permitiendo que las personas pudieran acceder a créditos con diferentes entidades del estado, asistiendo importantes actores en la participación de este evento como Servivienda, Colciencias y la Universidad de la Sabana (Innovacasas, 2021), surgiendo de este evento importantes estímulos para la construcción de sistemas de prefabricado, como lo fue la eliminación de impuestos a la venta de materiales como el concreto, cemento, ladrillo y tejas de barro y de asbesto.

Ya en 2003, específicamente en la ciudad de Cali, empresarios de la construcción participaron del primer congreso de prefabricados de concreto que se convocó por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

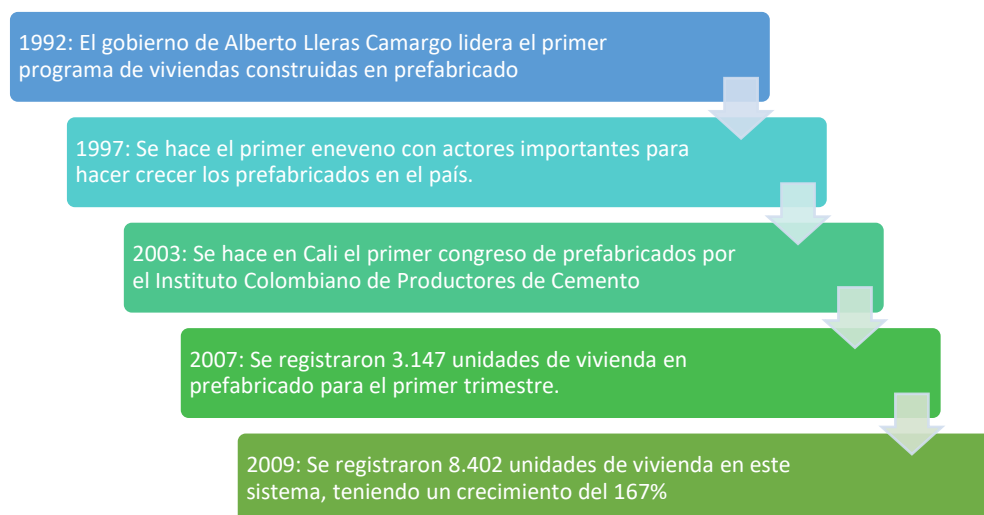
Durante el primer trimestre del año 2007 se reportó que el número de unidades iniciadas en este sistema fue de 3.147, y que respecto al mismo trimestre del 2009 hubo un crecimiento del 167 por ciento habiéndose construido según (Bustamante, 2009) alrededor de 8.402 unidades de vivienda en sistemas de prefabricado para este año, esto debido a algunas de sus ventajas las cuales se caracterizan que pueden ser construidos entre 60 y 70 por ciento más rápido en términos generales y según la complejidad de la edificación y el proyecto.

El sistema constructivo prefabricado consiste en armar y fundir en el tipo de concreto reforzado todas las partes estructurales de un edificio, de manera que se puedan trasladarlos a el lugar de instalación y montarlos. Estos, generalmente, son soldados entre sí a través de unos vínculos que se dejan en las esquinas, convirtiéndola de elementos separados a una estructura monolítica que respeta las condiciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Al usarse un concreto acelerado, permite que en menos de 24 horas se logre la resistencia esperada, permitiendo el avance de la obra de una manera más fluida y que se reduzcan los tiempos. Adicional a esto, su costo es mucho menor, destacándolo por ser un sistema mucho más limpia, pues reduce considerablemente su proceso constructivo. (IC Constructora, s.f.)

Por otro lado, en el Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería, la (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2001), presentó los grados de vulnerabilidad de las viviendas de uno y dos pisos construidas con placas prefabricados, especificando que si los mismos funcionaban de manera monolítica tendrían una vulnerabilidad baja al momento de un movimiento sísmico; de igual forma, que al unirse en un sistema prefabricado de manera completa disminuirá las posibles afectaciones durante un desastre de este tipo.

De esta manera, para el año 2018 según el (DANE, 2018) en Colombia se construyeron alrededor de 4.561.478 de metros cuadrados en viviendas, representado esta cifra en un 30 por ciento por sistemas constructivos de prefabricado para el desarrollo de viviendas en el país.

Figura 3. Incorporación del sistema de prefabricado en el país



6.3. ¿Por qué la mampostería confinada es el sistema constructivo más usado en Colombia?

Inicialmente, el sistema constructivo de mampostería confinada es la construcción de muros rodeados de concreto reforzado, enmarcados por vigas y columnas de amarre, según lo establecido por la Norma Sismo Resistente (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2010). Esta se subdivide en:

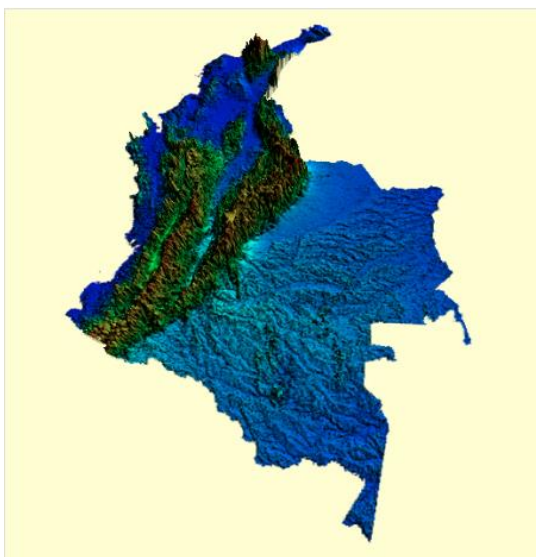
- Muros confinados estructurales: son aquellos que soportan las fuerzas horizontales que son causadas por algún fenómeno natural, ya sea un sismo o el viento. Adicional a esto, soporta las cargas verticales, muertas y vivas, en caso de que se cuente con un segundo nivel. Mantienen una continuidad desde la cimentación hasta el diafragma superior del nivel, sin aberturas.
- Muros no estructurales: que tienen como función la separación de espacios, pero que no recae en ellos la responsabilidad de asumir cargas adicionales a su propio peso. (Estrada Barrera & Lozano Escobar, 2020)

Es claro que los muros de mampostería son unos de los sistemas constructivos más usados para edificar en Colombia y sobre todo las casas de uno y dos pisos, esto no es solo por

su capacidad portante sino además por su versatilidad en función de divisiones de espacios o fachadas y como buenos elementos para uso arquitectónico (Argos, 2013)

La geografía de Colombia le ha permitido ser un país rico en recursos naturales rico en elementos de muchas materias primas utilizadas en el sistema constructivo de mampostería confinada como lo son las arcillas, que por ejemplo se usan para la elaboración del ladrillo o bloque cocido de arcilla en gran parte del país, sus montañas y canteras permiten obtener elementos como la arena de peña, que es usada en la elaboración de morteros o pañetes, la llamada arena de río y diferentes diámetro de gravas, que son usados en la elaboración de morteros y del concreto. Por todo esto a través de las décadas ha hecho que el uso de este sistema de mampostería confinada sea hasta hoy el más usado en la construcción sobre todo de viviendas en Colombia.

Figura 4. Mapa Geográfico de Colombia



Nota. Adaptado de (Open edition journal, 2020)

7. Estado del arte

7.1. Antecedentes

La construcción en Colombia a lo largo de su evolución se ha caracterizado por estar principalmente constituida por el ladrillo, como uno de los materiales más usado para todo tipo de obras (Diario El tiempo, 2003), dejando a un lado los prefabricados siendo una desventaja para el uso habitacional, más aún en clases populares.

Las casas prefabricadas tienen su inicio en 1908 por la empresa llamada “Sears Roebuck & Company” a través de un sistema de casas por paquetes, donde dichas casas tenían un propio sistema altamente complejo ya que se vendía todo por separado, a partir de piezas, las cuales podían alcanzar a ser más de 30.000 (Duarte, 2018) y con un manual de casi 70 hojas, a pesar del éxito que tuvieron este estilo de construcciones de 1 piso. Su éxito se basaba en el manejo de piezas precortadas que generó la reducción de casi el 40% en tiempo que generalmente se requería para construcción, ya fuera con ayuda de un carpintero o del propio usuario. (López de Ipiña González de Artaza, 2020) No obstante, en la segunda guerra mundial sus ventas bajas le dieron fin a dicho proyecto.

Tiempo después este tipo de construcciones tuvo un proceso similar (Duarte, 2018), donde la demanda de casas aumentó y se requería de un proceso más rápido y fácil, sin embargo, su logro no obtuvo mucho auge hacia la mitad del siglo pasado.

El objetivo de las casas movibles más allá de las casas rodantes que es su momento tuvieron un gran auge, sin embargo, puede considerarse como el primer método de prefabricación, hacia los años setenta, de nuevo retoman popularidad debido a sus costos inferiores respecto a las tradicionales. (Dinamicasa., 2020).

Para finales del siglo XX quedó obsoleta la tipología del sistema prefabricado cerrado en vivienda, pero, por otro lado, empezó a prosperar la prefabricación de edificios públicos, tales como escuelas, hospitales, oficinas y demás edificios industriales.

Para tiempos más recientes, se ha dado una apertura para los sistemas prefabricados en hormigón, optando por una producción seriada o de catálogo de componentes o partes de edificios, generando una mayor flexibilidad en el diseño que a su vez da respuesta a la demanda y calidad requerida por el sector. (Escrig Pérez, 2010)

7.2. Manuales y guías

Existen diferentes manuales que categorizan las estructuras prefabricadas y métodos tradicionales; dichos manuales se especializan en definir metodologías de aprendizaje para la aplicación de estructuras en algún tipo de material o método prefabricado como, por ejemplo, la madera, PVC, paneles de concreto, entre otros, de modo que con estos fuera posible la implementación y construcción para un determinado prototipo (Pinto Villabona, 2015). Los prefabricados representan una fase de diseño más simple, seguida la de fabricación y finalmente una de armado a modo de ensamblaje.

El fin principal de este tipo de estructuras es una estandarización en los procesos o productos de vivienda o edificios de modo que los costos de producción sean menores, la industrialización hace mecanizada los sistemas que se desarrollan en serie, lo que disminuye la necesidad de mano de obra (Pinto, 2015).

El caso de los juguetes LEGO es considerado como un manual de construcción prefabricada a través de la metodología “Model Maker” que era de libre acceso y apto para cualquier persona de acuerdo a su complejidad, así también, otro manual de construcción es la creada por la empresa IKEA, quien adoptó este sistema constructivo y metodologías que hoy en día se destacan a nivel mundial (IKEA,2015).

Por su parte, normativamente, en Colombia se cuenta con el documento oficial para construcciones de uno y dos pisos, este es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 creada por la ley 400 de 1997 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2010), donde se presentan los requisitos de construcción sismo resistente principalmente para mampostería y bahareque encementado, estableciendo las condiciones estructurales ante cargas laterales y verticales dependiendo de su amenaza sísmica.

De igual manera los manuales adicionales que complementan el desarrollo de este tipo de estructuras, hablando de vivienda de uno y dos pisos, como lo es la resolución 330 de 2017 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2017), donde se señalan los requisitos técnicos que deben cumplir las obras que utilicen empresas de servicio públicos del sector, la Norma Técnica Colombiana NTC, que es un organismo que crea las normas técnicas y la certificación de normas de calidad en Colombia (Pérez Rodríguez, 2011), un ejemplo es para usos exclusivos como la fontanería (NTC 1500) o el uso de madera, además de las principales metodologías empleadas por empresas nacionales en temas de casa prefabricadas.

7.3. Procesos Constructivos

El proceso general de las edificaciones prefabricadas es como su nombre indica, se realiza dentro de una fábrica y no en el lugar lo cual dentro de sus condiciones aumenta su calidad, control y disminuye su precio (Pinto,2015), esto directamente responde a reducir desperdicios, lo cual hace una metodología de construcción fuerte y económica.

En términos generales los procesos constructivos deben construirse de la siguiente manera de acuerdo a la asociación colombiana de ingeniería sísmica (AIS,2011):

- Preparación del terreno
- Cementación
- Estructura
- Instalación de redes
- Adicionales como Aislamiento, Sótanos, parqueaderos
- Acabados exteriores
- Detalles y acabados interiores
- Ajustes de elementos mecánicos
- Accesorios

Del mismo modo existen diferentes tipos de sistemas de construcción presentados en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Sistemas constructivos de prefabricado más comunes*

Sistema Constructivo	Descripción
Steel Frame	Proponen metodologías en estructuras de entre piso en acero, a partir de vigas flotantes, además de columnas con cubiertas antioxidantes, con la ventaja para su instalación de conexiones sanitarias y eléctricas con muros divisorios en drywall o superbord. (Eco-Modular, 2015)
Durapanel	Su método constructivo consiste en módulos de diferente sección donde a partir de vaciados de concreto se anclan y ensamblan de modo que sea posible ensamblarse en el suelo, y actuar como material compuesto. Está diseñada y conformada por una maya que le da resistencia y rigidez, esta es electro soldada y estos en un sistema de encofrado partiendo con el recubrimiento de los paneles, pisos y techo, se resana y dan acabados finales como cerámica o madera
Fibrablock	Su metodología se encarga principalmente en prefabricados de madera compuestos por líneas de producción de poco trabajo y otra de mayor calidad dedicados principalmente a baños y cocinas. (Seikisui Hoysing Company, 2010)
Prefabricado de placas de concreto	Son placas prefabricadas que se ensamblan mediante perfiles metálicos de alto calibre sobre la placa de cimiento previamente elaborada donde mediante la unión de varios módulos conforman los muros de la estructura, (Cadecol, 2021)

Otro punto importante a considerar es el tipo de sistema, teniendo en cuenta que los elementos que constituyen el sistema prefabricado tienen un grado según su función, tamaño, forma, grado de tipificación y método de ejecución dependiendo su aplicación. De esta forma se clasifican en:

- a. Según el grado de prefabricación
 - Total
 - Parcial
 - b. Según su función
 - Resistente
 - Cerramiento
 - Ornamental
 - c. Según su tamaño
 - Livianos
 - Pesados
 - d. Según la forma
 - Lineales
 - Bloques
 - e. Según el grado de tipificación
 - Superficiales
 - Normalizados (perfiles de acero)
 - Tipificados (viguetas pretensadas para entrepisos)
 - Individuales (vigas de puentes prefabricados)
 - f. Según el método de ejecución
 - Industria a gran escala
 - En taller
 - En obrador
- (Novas Cabrera, 2010) .

De cualquier manera, estos sistemas constructivos necesitan de pocos trabajadores, ya que la mano de obra requerida para producir un módulo de construcción es cada vez menor y el nivel de especialización de obreros no tiene que ser especializada. Su uso principalmente se da en zonas residenciales con gran crecimiento, mientras que hay otros en los que se implementan esqueletos, específicamente en construcciones de mayor altura donde se requiere de flexibilidad (Novas Cabrera, 2010).

8. Análisis de los Sistemas de Prefabricado más comunes en Colombia

8.1. Normatividad requerida

8.1.1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Título a: requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

Dentro de las consideraciones especiales, puntualmente en la marcación A.1.4.2.- Sistemas prefabricados, se da la especificación de que en Colombia se permite el uso de sistemas compuestos, a totalidad o parcialmente, por elementos prefabricados desde que se cumpla con estos requerimientos:

- a. Referenciándonos al ítem A.3.1.7-Sistemas estructurales de resistencia sísmica prefabricados, los cuales deben ser diseñados para resistir las fuerzas sísmicas usando un coeficiente de capacidad de disipación de energía, igual a uno y medio ($R_0=1.5$). Posterior a la entrega de la propuesta del sistema prefabricado, se analiza su resistencia, capacidad de disipación y capacidad de trabajo en el rango inelástico. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2015)
- b. Por otro lado, la Ley 400 de 1997 por medio de la cual se crea la Comisión Asesora Permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes, que establece los requisitos para este tipo de construcciones y es quien da el aprobado definitivo para el desarrollo de la edificación con este tipo de sistema. (Congreso de la República de Colombia, 1997)

8.1.2. Normas Técnicas Colombiana – NTC: NTC-4024

A través de la cual se dan los procedimientos del muestreo y el ensayo de los sistemas prefabricados en concreto, de manera que se pueda evaluar la resistencia a la compresión, absorción, densidad, contenido de humedad y dimensiones en estos sistemas. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 1997)

8.2. Sistemas Prefabricados

Estos sistemas prefabricados tienen una variedad de componentes tanto de la estructura como de su mampostería en sí, que permiten que estos elementos se puedan planear, prefabricar y ensamblar en el lugar que se construiría. Al prefabricarse, se debe tener un conocimiento del terreno, sus propiedades, las dimensiones del lugar, su localización, pero a su vez, se debe tener en cuenta la fabricación y montaje del sistema para que no se generen sobrecostos o demoras por desconocimiento del mismo o mala disposición del mismo. (Sanabria Riaño, 2017) Es así como surgen los siguientes sistemas prefabricados implementados:

8.2.1. Sistema constructivo Steel Framing

Según la empresa Ecomodular podemos encontrar que es un sistema que se basa en la aplicación de perfiles de acero galvanizado, que se utilizan para la composición de paneles estructurales, cerchas, vigas, correas y otros componentes, para la creación de estructuras sólidas y robustas. (Ecomodular, 2021).

Este sistema es más efectivo respecto a un sistema tradicional, ya que se ha logrado con el mismo una reducción hasta del 30% en tiempo al momento de realizar la obra, incluyendo 8% en ahorro y 14% en costos indirectos, tales como desperdicios, seguros, impuestos y mantenimientos a futuro.

Adicional a esto, este ahorro de tiempo, costos, limpieza de la obra, resistencia a plagas e incluso resistencia a eventos sísmicos, el Steel Framing se proyecta como uno de los sistemas constructivos más importantes para el país, proyectándose un crecimiento del mismo hasta el 18% en América Latina y el Caribe. (Cardona, 2018)

Figura 5. Sistema Steel Framing



Nota: Adaptado de (Plaktec S.A., 2021)

Su principal característica es ser un sistema liviano, flexible ya abierto. Permite la adaptación y combinación con otros sistemas constructivos, debido a la precisión de cálculo de diseño y cantidad de componentes a utilizar. Permite un mejor control de calidad en su ejecución. Puede aportar soluciones para diferentes tipologías, diseños, acabados y prestaciones exigibles a cada proyecto según necesidades. (Ecomodular, 2021)

8.2.1.1. Proceso constructivo. Básicamente, el steel framing es un sistema de construcción que emplea perfiles de acero (steel frame en inglés) conformados en frío y galvanizados en vez de vigas de madera o aluminio como elementos estructurales (Plaktec S.A., 2021). Estos perfiles se unen entre sí para formar celdas generalmente rectangulares, sobre las cuales se colocan las distintas planchas que formarán las paredes, el piso o el techo. Se habla de distintos momentos para la realización del sistema:

La Estructura: “Se compone de un conjunto de perfiles de acero galvanizado de muy bajo espesor, separados entre sí generalmente cada 40 o 60 cm” (Plaktec S.A., 2021).

El Montaje: “Se realiza sobre fundaciones tradicionales, con la ventaja de que las cargas por peso propio introducidas por la construcción son mucho menores que el caso de sistemas constructivos pesados (hormigón, mampostería, etc.)” (Plaktec S.A., 2021).

Figura 6 Estructural Steel Frame



Nota. Adaptado de (Bilysys, 2020)

En obra:

1. Movimiento de suelos y realización de fundaciones

En este momento, se da excavación a los cimientos y fundiciones para las bases de la vivienda, con anterioridad se debió realizar el nivelado y compactado del terreno. Otro punto

importante que se debe tener en cuenta es el conocimiento de la ubicación de las instalaciones sanitarias e hidráulicas respectivo a la ubicación de la cimentación.

2. Sección de perfiles y paneles

Teniendo la perfilería, se cortan cada una a las piezas destinadas a la ubicación específica dependiendo de los detalles en plano o incluso se pueden solicitar cortadas al proveedor. Al tenerlas a la medida se da inicio al armado de los paneles y piezas específicas según el manual de instalación o el indicado de los planos. Esta tarea se puede realizar in situ o se puede realizar en un espacio aislado y trasladarlo hasta el lugar de instalación.

3. Montaje de estructura

Mediante la cual se realiza el montado de los paneles, según su localización, tipo, ubicación de anclajes, flejes y los detalles constructivos específicos.

Figura 7. *Perfilería Steel Frame*



Nota. Adaptado de (Steel Art, 2020)

Figura 8. *Armado de paneles*



Nota. Adaptado de (Belisario, 2019)

4. Rigidización y aislaciones

En este momento se rigidiza la estructura con las placas, esto depende de las especificaciones generadas por el ingeniero estructural y el detalle consecuente a este.

5. Instalación

Al tener como ventaja la practicidad, los paneles se colocan y reparan de una manera muy sencilla, ya sea por instalaciones hidráulica, de gas y demás. (Barbieri, 2019)

Figura 9. Instalación placas OSB

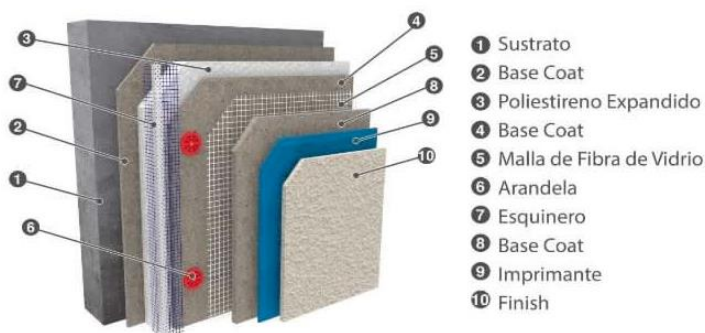
Nota. Adaptado de (Drywall, 2019)

Figura 10. Instalación barrera de agua y viento (Typar)

Nota. Adaptado de (Canalfront Builders, 2018)

6. Terminación de la obra

En esta etapa se procede con todas las terminaciones y detalles que caracterizan el proyecto, dando los acabados y terminaciones exteriores e interiores que se deseen usar. También se implementan las aislaciones térmicas dentro de los paneles, revestimientos y accesorios pertenecientes a cada área de la vivienda. (Canalfront Builders, 2018)

Figura 11 Sistema de protección exterior

Nota. Adaptado de (Proinsu, 2017)

8.2.1.2. Ventajas

- Su característica principal es la rapidez de montaje, la reducción en los costos, la buena calidad de aislamiento térmico y sobre todo la versatilidad que presenta (Ecomodular, 2021)
- Facilidad y practicidad con la que se colocan y reparan las instalaciones (cañerías de agua, electricidad, gas, multimedia, acondicionamiento térmico, etc.) (Barbieri, 2019).

- El sistema admite una gran diversidad de acabados exteriores, incluyendo placas de cemento, revoques elastoplásticos, entablonados e inclusive terminaciones tradicionales como ladrillo o piedra. (Plaktec S.A., 2021)
- En eficiencia energética, se consigue un muy elevado nivel de aislación térmica mediante el uso de materiales aislantes en la cavidad interior de los paneles resultantes, con el consiguiente ahorro de costos por consumo de energía para calefacción o refrigeración. (Plaktec S.A., 2021)
- En términos generales se proyectan viviendas más sustentables, con menor consumo energético, menor uso de combustibles fósiles y con uso de materiales reciclables. (Barbieri, 2018)

8.2.1.3. Desventajas

- Algunos diseños de edificaciones pueden no ser fáciles de construir para este sistema. “Al no usar columnas, es necesario la distribución pareja del peso, lo que reduce la flexibilidad a ciertos diseños” (Lesnik, 2021).
- Existe la dificultad de encontrar mano de obra calificada para llevar adelante estos proyectos.
- Su altura y peso es limitado, generalmente se recomienda la construcción hasta 5 pisos.
- Al no existir tanta oferta y demanda, algunos materiales que podrían utilizarse en los proyectos se ven limitados o encarecidos, ya que no es fácil encontrarlos y fabricarlos localmente. Esto puede generar costos extra y demoras por la importación (Lesnik, 2021).

8.2.2. Sistema constructivo Durapanel

El Durapanel se conoce como un sistema integrado, monolítico y de carácter homogéneo, que trabaja con paneles creados de poliestireno expandido con una estructura en su interior de acero galvanizado con ciertos conectores electrosoldados; estos permiten un aislamiento termo-acústico de gran calidad, además de los mejores beneficios en muros, fachadas, losas y escaleras. (Obra civil Colombia, 2021).

Figura 12. Sistema constructivo Durapanel

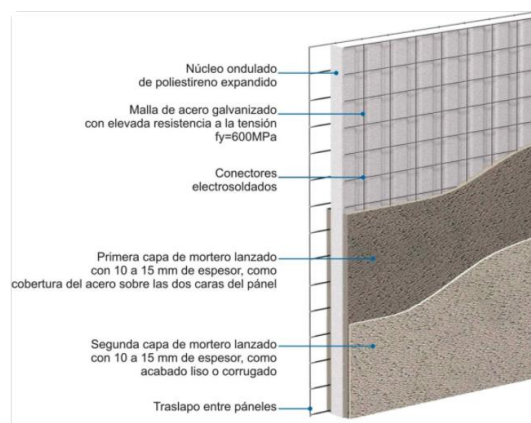
Nota. Adaptado de (Ostos, 2016)

La composición del panel de poliestireno expandido es de forma ondulada y tiene en ambas caras una malla de acero con conectores electrosoldados. Su interior en poliestireno varía dependiendo de las necesidades y diseño del proyecto. (Buitrago Torres, 2014).

8.2.2.1. Proceso constructivo

1. Replanteo y cimentación

En este punto se determina la ubicación de los ejes constructivos sobre los cuales se levantarán los muros, se realiza la cimentación del edificio la cual será de menor sección que las edificaciones tradicionales debido que es un sistema ligero, luego se marca e indica el espesor de cada muro sobre los que se trabajarán.

Figura 13. Composición panel Durapanel

Nota. Adaptado de (Obra civil Colombia, 2021)

Figura 14. Etapa de replanteo Durapanel

Nota. Adaptado de (Glosario Ilustrado de Arte Arquitectónico, 2020)

2. Colocación de esperas

Después de realizar el replanteo, se instalan las esperas, que son barras de acero ancladas a las placas, sobre las que se hace una guía de la colocación de muro, indicando el piso y el techo donde termina. Deben tener una resistencia del acero de $f_{vc} = 100\text{MPa}$. (Buitrago Torres, 2014).

Figura 15 Colocación de esperas Durapanel



Nota. Adaptado de (Emmedue, s.f.)

3. Aplomado de muros y apuntalamiento

Al momento de instalar los muros en DURAPANEL es necesario darle una correcta alineación longitudinal al muro, (Buitrago Torres, 2014), y apuntalar hasta un elemento rígido con tubos en acero y secciones en escuadra en donde antes de colocar los muros se verifica la correcta alineación de los mismos.

Figura 16. Aplomado de muros y apuntalamiento Durapanel

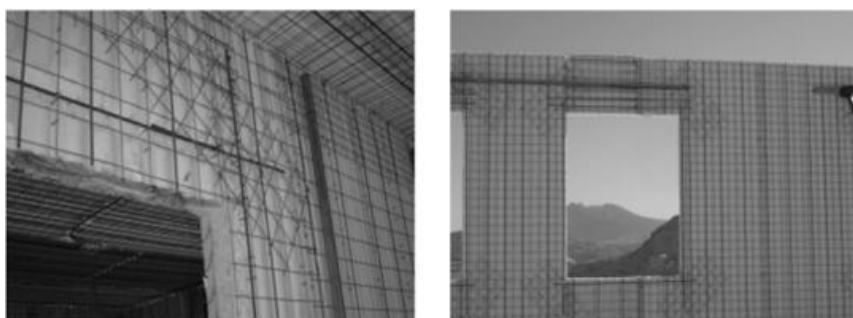


Nota. Adaptado de (Emmedue, s.f.)

4. Colocación de mallas angulares y planas de continuidad y refuerzo de montaje

Se realiza la instalación de las mallas alternas para la superficie construidas del mismo acero que las mallas de refuerzo para los paneles con un límite de fluencia $> 600\text{MPa}$ con las cuales se hacen los refuerzos en zonas en donde la estructura del panel requiere de mayor resistencia como lo son los vanos de las ventanas o puerteas (Buitrago Torres, 2014). Estos refuerzos quedan debidamente amarrados y conectados conjuntamente con el panel.

Figura 17. Colocación mallas angulares y planas de refuerzo



Nota. Adaptado de (Emmedue, s.f.)

5. Preparación del mortero industrial

6.

Después de la colocación e instalación del muro: Se hace la preparación del mortero con las especificaciones técnicas que este requiere. Esta generalmente se realiza con máquina, alistando el mortero y los paneles; este primero se lanza a los paneles, generando una dosificación justa para las fachadas. (Buitrago Torres, 2014)

Figura 18. Lanzado de mortero Durapanel



Nota. Adaptado de (Emmedue, s.f.)

Figura 19. Afinado de los muros Durapanel



Nota. Adaptado de (Emmedue, s.f.)

7. Alistado y afinado de muros

Una vez el mortero lanzado sea aplicado en los muros, se afina el acabado mediante un trabajo manual, de forma que quede lisa, sin imperfecciones y así quede preparado para cualquier acabado (Buitrago Torres, 2014).

8.2.2.2. Ventajas

- Su compuesto de Poliestireno expandido es un material sostenible e inerte que no genera sustancias tóxicas o nocivas, inhibe el crecimiento de microorganismos o moho y no sufre daños permanentes si se expone al vapor o a la humedad (Edificio Quimbaya, 2018).
- Sostenibilidad y Ahorro Energético
- Tiene características de aislamiento termo-acústico que ofrecen un espacio hasta un 40% más fresco y silencioso (Edificio Quimbaya, 2018).
- Es más ligero, un panel pesa 3.5 kg/m³ lo cual facilita su manipulación durante la construcción.
- Es sismo resistente, está diseñado bajo la norma NSR-10 y está comprobado que es apto para aceleraciones sísmicas de gran intensidad (Edificio Quimbaya, 2018).
- Reduce el desperdicio de materiales en obra y los pocos desperdicios se pueden reciclar.
- El requerimiento de su estructura de cimentación es menor que los sistemas tradicionales, generando un ahorro significativo.

8.2.2.3. Desventajas

- No permite ampliaciones con facilidad
- Se necesita equipo especializado
- No se recomiendan construcciones superiores a 4 pisos

8.2.3. Sistema constructivo Fibrablock

Este sistema constructivo está compuesto por paneles compuestos por fibras de madera y cemento, con una estructura de columnas y vigas de concreto armado (González & Song, 2014), aunque también se usa en estructuras de madera y de acero. Este sistema está patentado en Perú Bajo la marca FIBRACRETO O FIBRABOCK.

Figura 20 Panel de Fibrablock



Nota. Adaptado de (Angel, s.f.)

También podemos encontrar que este sistema constructivo, reduce un 25% más de costos que la albañilería confinada, 50% más rápido en su construcción y puede pesar hasta un tercio del equivalente en concreto. Es también conocida su gran capacidad de absorción acústica, mitigando hasta el 24% de la acústica de un ambiente. Día a día se sigue usando en ampliaciones de vivienda, viviendas de playa y campo, naves industriales. Su conformación mixta en base a fibra de madera y cemento permite un mayor aislamiento térmico comparativamente al concreto y el ladrillo de arcilla (Perea Rentería, 2012)..

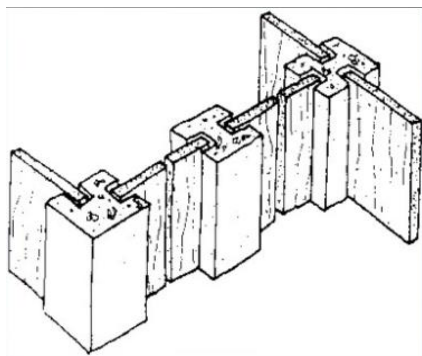
8.2.3.1. Proceso constructivo

1. Replanteo y cimentación

A través del cual, se van construyendo los cimientos y las fundiciones como estructura y base de la vivienda. Antes de proceder a encofrar y verter el hormigón armado, es necesario que el lote se haya nivelado y compactado.

2. Ensamblado de paneles para muros

Se procede a ensamblar los paneles cuyo espesor es de 7.5 cm con 50 cm de ancho y 200 cm de alto (o como lo sugiera el diseño arquitectónico), con juntas de mortero horizontales y sujetos por encofrados de madera, luego se procede al vaciado del concreto formando fuertes columnas, que se repiten cada 2 metros (González & Song, 2014).

Figura 21. Ensamblado de muros

Nota. Adaptado de (González & Song, 2014)

Figura 22. Cubierta Fibrablock

Nota. Adaptado de (Sistema New Panel, 2010)

3. Colocación de cubierta

Posteriormente, el techo se arma con los mismos paneles de madera y cemento, los cuales son soportados por una viga aérea en concreto armado in-situ. (González & Song, 2014).

Su acabado es un pañete de 3cm de espesor de preferencia impermeabilizado, la mezcla es de 1:2:2 en base a cemento, arena fina y arena gruesa, siendo también posible asentar pastelero o teja de arcillar. En el caso de los entrepisos se recomienda reforzar al contrapiso con una malla de fierro de 1/4" de 0.25m x 0.25m (Perea Rentería, 2012).

8.2.3.2. Ventajas

- Aislamiento contra transmisión de calor
- Aislamiento contra transmisión de frío
- Aislamiento contra transmisión de ruido
- Protección contra incendios
- Barrera contra condensaciones
- Ligereza (Reducción de riesgos en sismos)
- Rapidez de obra
- Obra seca

8.2.3.3. Desventajas

- Sus componentes no son tan fáciles de conseguir
- La mano de obra calificada es escasa

8.2.4. Sistema prefabricado de módulos de placas en concreto

Este tipo de sistema de prefabricado para vivienda de uno y dos pisos sin duda es de los más usados en Colombia y del cual obtenemos mayor oferta. Encontramos que las paredes o muros de la casa se construyen mediante placas de concreto que ya vienen prefabricadas en distintas medidas y formas, adicionalmente, si se necesita una forma especial, se hace cortando una placa en la forma que lo requiera el diseño (Cadecol, 2021).

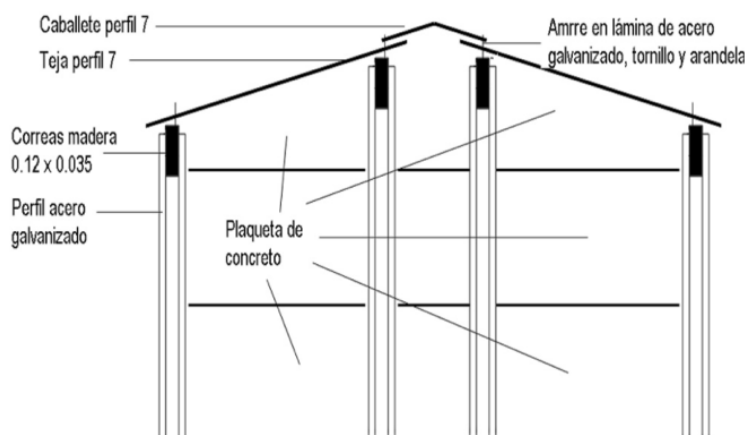
Figura 23. Casa con placas en concreto



Nota. Adaptado de (Imagui, 2021)

Los componentes que se usan para la construcción de este sistema son muy pocos y de fácil armado. Sus componentes principales son las plaquetas de concreto, los perfiles de acero galvanizado también llamados omegas de acero y la perfilaría de soporte o amarre para la cubierta que podría ser en madera, acero o según el diseño que se busque.

Figura 24. Componentes de la estructura



Nota. Adaptado de (Su casa - Construcciones prefabricadas, 2018)

8.2.4.1. Proceso constructivo

1. Cimentación

Esta se compone usualmente por una base de rajón de piedra y recebo afirmada o según lo requiera el diseño de cimentación, sobre la que se funde una placa flotante de concreto armado con un espesor de 8 a 10 cm de espesor, que incluye las instalación hidráulicas y sanitarias .

2. Estructura

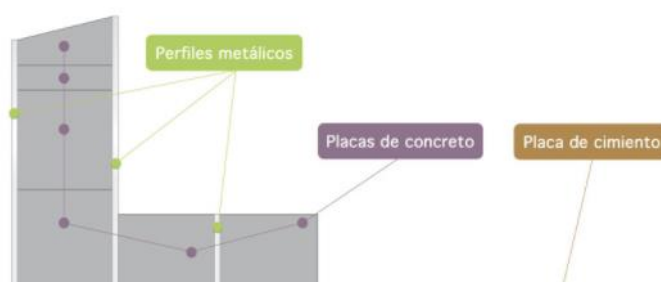
Como se mencionó anteriormente se compone básicamente de dos elementos principales, que son los módulos de placas de concreto y los perfiles de acero galvanizado “Elementos que al ser instalados conjuntamente conforman una Estructura de tipo Auto-Portante, que soporta su propio peso, y el peso de otros elementos como la Cubierta y Cielo raso, Accesorios y Acabados” (Su casa - Construcciones prefabricadas, 2018).

Figura 25. Cimentación



Nota. Adaptado de (Cadecol, 2021)

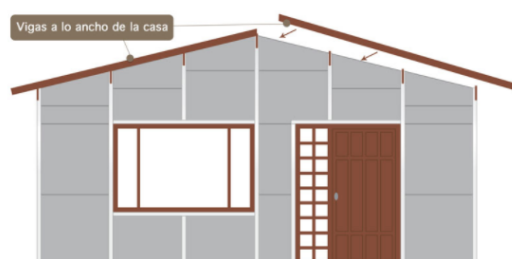
Se procede al ensamble de los muros estructurales e internos en módulos de concreto de 3,5 cm. de espesor con una resistencia de 2500 a 3000 P.S.I, mediante la perfilería Compuesta de lámina de acero galvanizado cuya función es conectar y confinar los módulos de concreto, puertas y ventanas entre sí y fijar toda la estructura a la placa de concreto del suelo (Cadecol, 2021).

Figura 26. Instalación estructura

Nota. Adaptado de (Cadecol, 2021).

1. Instalación de cubierta

Una vez puestas las vigas principales, se instalan los perfiles de manera o del material de diseño determinado perpendicular a las vigas a lo ancho de la casa para ir armando toda la estructura del techo.

Figura 27. Instalación de cubierta

Nota. Adaptado de (Cadecol, 2021).

2. Instalación de cielo raso

Ya armada toda la estructura de vigas, se procede a instalar el cielo raso, que puede ser con diversos materiales como madera, drywall, etc., sobre este se instala una tela asfáltica para impermeabilizar el techo y protegerlo del agua (Cadecol, 2021).

Una vez instalado el cielo raso y la tela asfáltica, se procede a instalar las tejas de barro.

Figura 28. Instalación cielo raso



Nota. Adaptado de (Cadecol, 2021).

3. Acabado de paredes

Una vez ensamblada la casa se pueden comenzar a hacer los acabados en paredes e instalación de vidrios en todas las ventanas. La casa se puede llevar hasta el nivel de acabados que usted desee (Cadecol, 2021).

Figura 29. Acabados paredes



Nota. Adaptado de (Cadecol, 2021).

8.2.4.2. Ventajas

- Permite una gran variedad de acabados.
- Menor tiempo de construcción.
- No requiere de mano de obra especializada.
- Un 20% más económicas respecto a la convencional.
- Menor mano de obra requerida
- Reducción de desperdicios

8.2.4.3.Desventajas

- La principal desventaja son los inconvenientes que derivan de la escasa o nula rigidez frente a los esfuerzos horizontales por los problemas en la resolución de las uniones, punto débil de estas estructuras (Mabasa, 2016).
- No permite ampliaciones con facilidad.

9. Sistema constructivo convencional o de mampostería confinada

La mampostería confinada es la técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda. En este tipo de construcciones se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas, etc. (Pamela, 2015).

Figura 30. Casa en mampostería confinada



Nota. Adaptado de (Ecosur, s.f.)

9.1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Título e: Casas de uno y dos pisos

E.1.3 — Criterios básicos de planeamiento estructural

El buen comportamiento sísmico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural se sigan algunos criterios generales apropiados, entre los cuales los más relevantes se indican a continuación:

E.1.3.1 — Sistema de resistencia sísmica: El sistema de resistencia sísmica para las casas contempladas en este capítulo, debe garantizar un comportamiento adecuado, tanto individual como de conjunto, ante cargas verticales y horizontales. Esto se logra por medio de los siguientes mecanismos:

(a) Un conjunto de muros estructurales dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta, teniendo en cuenta sólo la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros estructurales sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entrepisos si los hay y su propio peso. Los muros estructurales deben

diseñarse siguiendo las especificaciones dadas en el capítulo E.3 para muros de mampostería confinada, y en el capítulo E.7 para muros de bahareque encementado.

(b) Un sistema de diafragmas que obligue al trabajo conjunto de los muros estructurales, mediante amarres que transmitan a cada muro la fuerza lateral que deba resistir. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y los entrepisos y diseñarse de acuerdo con las especificaciones dadas en el capítulo E.5. (c) Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada muro. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales inconvenientes. El conjunto de cimientos debe constituir un diafragma y diseñarse de acuerdo con el capítulo E.2.

E.2 Cimentaciones

E.2.1 Generalidades

E.2.1.1 Investigación mínima

En todos los casos se deben cumplir los siguientes requisitos mínimos, los cuales deberán quedar consignados en un Memorial de Responsabilidad suscrito por el profesional responsable de la licencia de construcción:

(a) Verificar el comportamiento de casas similares en las zonas aledañas constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, colapso, etc., que permita concluir que el comportamiento de las casas similares ha sido el adecuado.

(b) Verificar en inmediaciones del sector a intervenir la ausencia de procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

(c) Se debe realizar mínimo un apique por cada tres unidades construidas o por cada 300 m² de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0 m, en el que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación.

(d) En los apiques indicados en (c) deberán quedar determinados los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación, como son: descapote, escombros, materia orgánica, etc., los cuales deberán ser retirados durante la construcción. En caso de que los resultados de la investigación mínima

indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en el numeral E.2.1.2.

E.2.1.4 Sistema de cimentación: La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta, como se ilustra en la figura E.2.1-1, y que aseguren la transmisión de las cargas de la superestructura al suelo en forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo.

E.3 Mampostería confinada

E.3.1 Generalidades

E.3.1.1 SEGÚN SU FUNCIÓN: Los muros de las casas de uno y dos pisos, en mampostería confinada, contempladas dentro del alcance del presente Título del Reglamento, se clasifican en dos grandes grupos:

- E.3.1.1.1 Muros confinados estructurales: Se consideran muros estructurales aquellos que resisten las fuerzas horizontales causadas por el sismo, o el viento, además de soportar las cargas verticales, muertas y vivas, en el caso de que constituyan soporte del entrepiso y/o cubierta
- E.3.1.1.2 Muros no estructurales: Son aquellos muros que cumplen la función de separar espacios dentro de la casa y que no soportan ninguna carga adicional a su peso propio.

Capítulo E.4 Elementos de Confinamiento en Mampostería Confinada

E.4.1 — Generalidades

E.4.1.1 — En las edificaciones de uno y dos pisos que se construyan siguiendo los requisitos del presente Título del Reglamento, los muros estructurales son muros de mampostería confinada. Deben seguirse las disposiciones establecidas en este capítulo para los elementos de confinamiento (columnas, vigas y cintas), las cuales corresponden a un procedimiento de diseño empírico. En caso de que se deseen realizar variaciones con respecto a lo requerido aquí, la totalidad del diseño debe realizarse de acuerdo con el Título D del Reglamento.

E.4.2 — Materiales

E.4.2.1 — Especificaciones Mínimas — Las siguientes son las especificaciones mínimas establecidas para los materiales utilizables en la construcción de los elementos de confinamiento:

(a) Concreto: El concreto debe tener una resistencia a la compresión a los 28 días, f_c' , igual o superior a 17.5 MPa.

(b) Acero de refuerzo: El acero de refuerzo longitudinal puede ser liso o corrugado. En ningún caso, el acero de refuerzo puede tener un límite de fluencia, f_y inferior a 240 MPa.

E.4.3 — Columnas de Confinamiento

E.4.3.1 — General En general, las columnas de confinamiento se construyen en concreto reforzado. Las columnas de confinamiento deben anclarse a la cimentación, pudiendo utilizarse empalmes por traslapo en la base de la columna, y deben rematarse anclando el refuerzo en la viga de amarre superior. Cuando una columna tenga dos niveles, se puede realizar un empalme por traslapo en cada nivel. Las columnas de confinamiento se deben vaciar con posterioridad al alzado de los muros estructurales y directamente contra ellos.

E.4.3.2 — Dimensiones La sección transversal de las columnas de amarre debe tener un área no inferior a 20 000 mm² (200 cm²), con espesor igual al del muro que confina.

E.4.3.3 — Ubicación Deben colocarse columnas de amarre en los extremos de los muros estructurales seleccionados, en las intersecciones con otros muros estructurales y en lugares intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro, 1.5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento ó 4 m.

E.4.3.4 - Refuerzo Mínimo - El refuerzo mínimo de la columna de confinamiento debe ser el siguiente:

(a) Refuerzo longitudinal — No debe ser menor de 4 barras N° 3 (3/8”) o 10M (10 mm) ó 3 barras N(4 (1/2”) ó 12M (12 mm).

(b) Refuerzo transversal — Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en estribos cerrados mínimo de diámetro N(2 (1/4”) ó 6M (6 mm), espaciados a 200 mm. Los primeros seis estribos se deben espaciar a 100 mm en las zonas adyacentes a los elementos horizontales de amarre.

E.4.4 — Vigas de Confinamiento

E.4.4.1 En general, las vigas de confinamiento se construyen en concreto reforzado. El refuerzo de las vigas de confinamiento debe anclarse en los extremos terminales con ganchos de 90°. Las vigas de amarre se vacían directamente sobre los muros estructurales que confinan.

E.4.4.2 — Dimensiones: El ancho mínimo de las vigas de amarre debe ser igual al espesor del muro, con un área transversal mínima de 20 000 mm² (200 cm²). En vigas que requieran enchaparse, el ancho especificado puede reducirse hasta en 75 mm, siempre y cuando se incremente su altura, de tal manera que el área transversal no sea inferior a 20 000 mm² (200 cm²).

9.1.1. Proceso Constructivo

1. Adecuación del terreno

Se debe iniciar con la adecuación del terreno, limpiando toda los escombros y basuras, se debe descapotar toda la capa vegetal como maleza, raíces, arboles hasta encontrar el suelo firme.

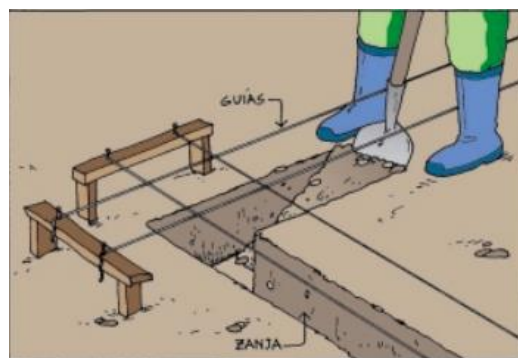
Se necesita nivelar el terreno haciendo cortes o rellenos hasta que la superficie del terreno quede a nivel.

Figura 31. Localización y replanteo



Nota. Adaptado de (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2021)

Figura 32. Excavación cimentación



Nota. Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021)

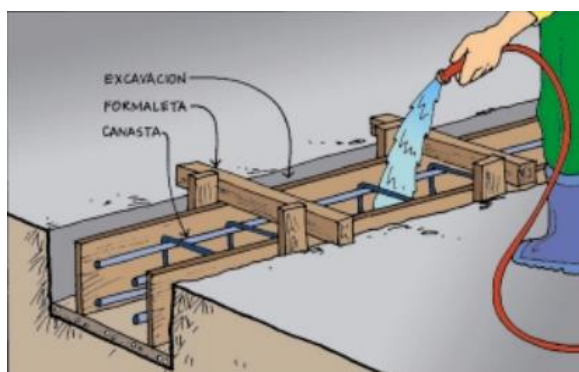
2. Excavaciones y cimentación

La excavación se realiza cavando de acuerdo a lo que se indique en los planos y según el replanteo en donde se van a levantar los muros, en este punto se debe evitar el encharcamiento de las excavaciones donde se construirán la cimentación.

Una vez se realice la excavación para la cimentación, se debe procurar utilizar formaletas de madera y luego humedecer sus caras laterales y el fondo de la misma para garantizar el buen terminado y la calidad del concreto.

Se coloca la canasta y se procede al vaciado del concreto y este debe compactarse y vibrarse mediante el uso de una varilla, golpeteo a la formaleta o preferiblemente con un vibrador eléctrico.

Figura 33. Formaleta y canasta



Nota. Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021)

3. Instalación de redes y fundición de losa y contrapiso

Una vez hechas las vigas de amarre se funde la losa, se procede a colocar las tuberías de las redes hidrosanitarias y eléctricas, luego se procede al vaciado del contrapiso.

Figura 34 Fundición contrapiso



Nota. Adaptado de (StudioPremium, 2021)

4. Armado del refuerzo de columnas y levantamiento de muros

En este punto es importante tener en cuenta que una de las características de este sistema constructivo es que primero se deben levantar los muros y posteriormente proceder a la fundición de las columnas de confinamiento como lo muestra la siguiente ilustración:

Figura 35. Levantamiento de muros

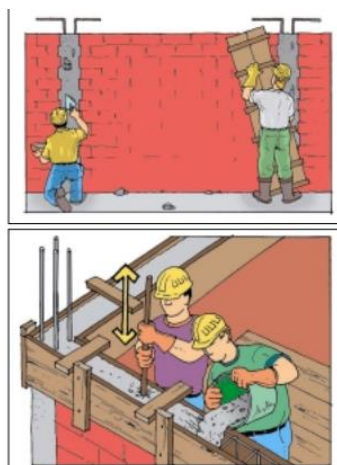


Nota. Adaptado de (Noticias MC, 2018)

5. Fundición de columnas y vigas de confinamiento

Una vez levantados los muros, se procede a la fundición de las columnas de confinamiento, luego se pone sobre muro la canastilla de las vigas de confinamiento y se procede a fundirse igualmente.

Figura 36. Fundición de columnas y vigas



Nota. Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021)

6. Losa de entre piso

Posteriormente se procede a la fundición de la losa de entrepiso donde el espesor de esta depende del tipo de apoyo o elementos de soporte de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3. Espesor mínimo de losas

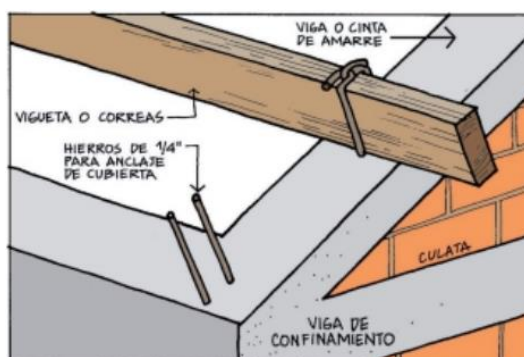
TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada (Viguetas en una dirección)	L/16	L/18.5	L/8

Nota. Adaptado de (Titulo E – NSR10)

7. Cubierta

La estructura de la cubierta debe estar anclada a las vigas que confinan y amarran los muros. Esto se debe hacer dejando pernos o hierros de $\frac{1}{4}$ de pulgada en la parte superior de la viga de amarre de los muros (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021), se debe evitar las cubiertas pesadas y tratar de usar laminas o tejas livianas.

Figura 37. Instalación de cubierta de cubierta



Nota. Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021)

Es importante saber que la pendiente o inclinación del techo varía según el material que se utilice, por lo tanto, es importante tener en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 4. *Pendiente de la cubierta*

Tipo de Cubierta	Pendiente Máxima
Teja de barro	42%
Asbesto - cemento	27%
Plástica	20%
Metálica	15%
Losa de concreto	2%

Nota. Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2021)

9.1.2. Ventajas

- Se pueden aprovechar los terminados propios de las unidades que evitan el uso de pañetes, estucos o pinturas.
- Cumple con función estructural y arquitectónica.
- La mampostería confinada provee un buen aislamiento térmico y acústico.
- Al ser un método convencional de construcción lo encontramos al detalle en la NSR-10.
- Los materiales son de común utilización y por lo tanto son fáciles de conseguir en cualquier zona del país.

9.1.3. Desventajas

- Requiere de un control estricto sobre los procedimientos de colocación y manejo de los materiales.
- Se deben conocer bien las características mecánicas de los bloques, ya que estos hacen parte de la estructura.
- Requiere de un diseño arquitectónico único, que permita la adecuación vertical y horizontal de los muros.
- Su proceso constructivo es más riguroso y lleva más tiempo.
- Se genera mayores desperdicios en la obra.

Resultados

1. Desde el ítem 6.3. se da un análisis de los aspectos que soportan el por qué del mayor uso de sistema tradicional en Colombia, pero también se da una caracterización del uso del sistema prefabricado que ha logrado una industrialización de la vivienda en el país.
2. Se realiza un reconocimiento e identificación de cada uno de los sistemas que forman parte del prefabricado. En estos se delimitaron cuatro puntos: descripción del sistema, desglose del método constructivo y su ejecución y, por último, sus ventajas y desventajas frente a otros sistemas. Esto, permite tener un lenguaje claro y general de todas las características y diferencias de cada subgrupo del sistema prefabricado en Colombia.
3. Dentro del ámbito del desarrollo e innovación en los sistemas prefabricados y los sistemas tradicionales, se encuentra que, desde hace décadas ciertos sistemas ya eran implementados, como el Durapanel, que, aunque tenía otro nombre, fue traído a Colombia por la constructora ConConcreto en los 90, el Fibrablock creado en Perú hace más de 20 años y en Colombia, el sistema tradicional de mampostería confinada que ha sido uno de los más usados desde su implementación en el país. Para este último sistema, los avances no han sido a grandes rasgos, sin embargo, se ha mecanizado e industrializado ciertos procesos que son de producción a gran escala, como lo son las cementeras, ladrilleras y metalúrgicas.

Una de las características que tienen en común los sistemas de prefabricado es la industrialización a escala de sus componentes, los cuales son fabricados en plantas para luego ser enviados como piezas de ensamble para su proceso constructivo. Estas plantas o fábricas de producción han venido desarrollado tecnológicamente su proceso para cumplir con estándares de calidad de normas como la International Organization for Standardization ISO 9001 y la Norma Técnica Colombiana NTC-1500, entre otras.
4. Dentro de los sistemas que se analizaron, la Norma Sismo Resistente NSR-10 no contempla delimitaciones o condicionantes específicas para los sistemas prefabricados Steel Framing, Durapanel, Fibrablock y los módulos de placas en concreto; no obstante, posterior a la creación de esta normativa se dieron unas actas, como lo es el Acta N° 97, creada por la Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes y la Asociación Colombiana de

Ingeniería Sísmica - AIS (2011) en respuesta a Durapanel frente a la solicitud de aval del sistema prefabricado, sin embargo la AIS da claridad en que este sistema forma parte de los elementos de concreto reforzado y que, a su vez debe cumplir con los requisitos para estos. Otro caso es el del Acta N° 160 (2019), donde se resalta la consulta de la empresa FANALCA S.A. sobre la inclusión del Steel Framing, cuestión que responde la AIS afirmando que será un sistema que se tendrá en cuenta y se pondrá en estudio para su inclusión en la próxima NSR. Estas actas permiten la contemplación, por parte de las entidades constructoras, de la inclusión de especificaciones y requerimientos constructivos para estos sistemas prefabricados y así mismo el aval para su construcción completamente sismo resistente por parte de la normativa existente.

Conclusiones

1. Tal como se expresa en la investigación, en Colombia, uno de los principales sistemas usados es la autoconstrucción, principalmente reflejada en los estratos 1, 2 e incluso 3. Este sistema, en ocasiones, degrada la calidad de construcciones que se generan a partir del mismo, creando deficiencias en habitabilidad, confort, aislamiento térmico-acústico e incluso, se puede llegar a crear afectaciones, riesgos y amenazas a las personas que habiten en aquellas viviendas por cuestiones de sismo resistencia.
2. El sistema constructivo más implementado en el país es el de mampostería confinada, gracias a su uso arquitectónico-estructural, su facilidad en conseguir los materiales y su respaldo con la Norma Sismo Resistente NSR-10; sin embargo, en los últimos años, el crecimiento exponencial presentado por los sistemas prefabricados ha llamado la atención de muchos, por su facilidad, rendimiento y economía en obra.
3. Los sistemas prefabricados incluyen los tipos Steel Framing, Durapanel, Fibrablock y Módulos de placas en concreto, algunos de estos son inmersos dentro de algunos ítems de la NSR-10, sin embargo, no cuentan con unas especificaciones claras para su implementación y construcción sismo resistente. Este aval se tiene propuesto por parte de la AIS para la próxima actualización de la norma, donde se compile un estudio más detallado de cada una de estas.
4. Los sistemas prefabricados tienen grandes ventajas en comparación al sistema tradicional en mampostería confinada, y aunque su aplicabilidad puede ser distinta, el sistema prefabricado logra el desarrollo de proyectos de vivienda de uno y dos pisos de una manera más óptima y más económica para aquellas comunidades que requieren de estos.

Referencias bibliográficas

- Alvarez, T. (2016). *¿Cómo se financia una casa modular?* Obtenido de <https://www.pisos.com/aldia/5-ventajas-y-5-inconvenientes-de-las-viviendas-prefabricadas/68603/>
- Angel, A. (s.f.). *Fibrablock T*. Obtenido de <http://fibrablock.blogspot.com/2009/08/fibrablock-t.html>
- Argos. (2013). *Guía práctica para la construcción de muros de Mampostería*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/que-hacer-cuando/construccion-de-muros-en-mamposteria>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia [Const]*. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2001). *Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería*. AIS. Obtenido de https://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. AIS. Obtenido de <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2011). *Acta n° 97: Durapanel*. AIS.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (Septiembre de 2015). *Requisitos exigidos por esta comisión para la homologación de regímenes de excepción*. AIS. Obtenido de <http://www.asosismica.org.co/wp-content/uploads/2017/02/Homologaci%A2n-de-Reg%A1menes-de-Excepci%A2n-NSR-10-v-2015.pdf>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2019). *Acta n° 160*. AIS.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2021). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Obtenido de https://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf
- Barbieri. (Agosto de 2018). *Guía de introducción al steel framing*. Obtenido de <https://www.adbarbieri.com/blog/guia-de-introduccion-al-steel-framing>
- Barbieri. (Diciembre de 2019). *Todas las etapas de un proyecto del Steel Frame*. Obtenido de <https://www.adbarbieri.com/blog/todas-las-etapas-proyecto-steel-frame>

- Belisario, M. (2019). *Construcción en seco: ¿qué es steel framing?* Obtenido de <https://www.homify.co.th/ideabooks/6769723/construccion-en-seco-que-es-steel-framing>
- Bilysys. (2020). *Beneficios ecológicos de la construcción steel framing*. Obtenido de <https://cuidemoselplaneta.org/beneficios-ecologicos-de-la-construccion-steel-framing/>
- Buitrago Torres, D. A. (2014). Evaluación técnica y análisis costo/beneficio para la implementación del sistema constructivo durapanel para proyectos de vivienda, comerciales, institucionales e industriales. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio. Obtenido de [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13287/Articulo%20Trabajo%20final%20-%20\(DURAPANEL\).pdf?sequence=2](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13287/Articulo%20Trabajo%20final%20-%20(DURAPANEL).pdf?sequence=2)
- Bustamante, C. (2009). Construcciones prefabricadas crecieron 167% en 5 años. *Diario El Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/construcciones-prefabricadas-crecieron-167-anos-105764>
- Cadecol. (2021). *¿Qué elementos tiene y cómo se construye una casa prefabricada?* Obtenido de <https://www.casasprefabricadascolombia.com/descripcion-sistema-prefabricado-en-concreto.html>
- Camacol Valle. (Agosto de 2019). Las ventajas de los prefabricados de concreto. *Revista Noticias de Construcción NDC*(13), 24-25. Obtenido de Camacol Valle: <https://camacolvalle.org.co/las-ventajas-de-los-prefabricados-de-concreto/>
- Canalfront Builders. (2018). *Housewraps - ¿Cuál es la diferencia y por qué es importante?* Obtenido de <https://www.canalfrontbuilders.com/blog/2018/10/17/housewraps-whats-the-difference-and-why-does-it-matter-90j0J>
- Cardona, A. O. (Noviembre de 2018). Construcción en seco steel framing ahorra en los tiempos de edificación. *Diario La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/especial-camacero/construccion-en-seco-steel-framing-ahorra-30-en-los-tiempos-de-edificacion-en-obras-2790535>
- Congreso de la República de Colombia. (19 de Agosto de 1997). Ley 400 de 1997. *Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes*. Diario Oficial No. 43.113. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0400_1997.html
- DANE. (2018). *Déficit habitacional*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *Sistema General de Regalias*. Obtenido de <http://maparegalias.sgr.gov.co/proyecto/perfilproyecto/228148>

- Diario El País. (2015). El 60% de Cali está edificada sin licencia de construcción. *Redacción de El País*. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/cal/el-60-de-esta-edificada-sin-licencia-de-construccion.html>
- Diario El Tiempo. (Febrero de 1996). El Auge de los Prefabricados. *Redacción El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-346022>
- Diario El tiempo. (Septiembre de 2003). Veinte años de casas prefabricadas. *Redacción El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-219152>
- Dinamicasa. (2020). *Bogotá: Casas prefabricadas*. Obtenido de <https://www.dinamicasas.com.co/casas-prefabricadas-bogota/>
- Drywall. (2019). *Características y usos de los tableros OSB*. Obtenido de <https://drywall-sa.com.ar/2020/02/18/caracteristicas-y-usos-de-los-tableros-osb/>
- Duarte, E. (2018). *Historia de las casas prefabricadas*. Obtenido de <https://casasprefabricadasbogota.com.co/historia-las-casas-prefabricadas/>
- Ecomodular. (2021). *Acerca de Ecomodular*. Obtenido de <https://www.ecomodular.es/>
- Ecosur. (s.f.). *De Desastre a Dignidad: Reconstrucción después del terremoto en Pedernales, Ecuador*. Obtenido de <https://ecosur.org/index.php/en/component/tags/tag/terremoto>
- Edificio Quimbaya. (2018). *¿Te preocupa el sistema constructivo de tu nuevo hogar?* Obtenido de <http://edificioquimbaya.com/2018/08/04/sistema-constructivo-durapanel/>
- Elorza Agudelo, S., & Toro Gutiérrez, P. (2015). Construcción modular para V.I.P unifamiliares en Colombia. *[Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería de Antioquia]*. Repositorio. Obtenido de https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2059/ElorzaSantiago_2015_ConstruccionModularVIP.pdf?sequence=1
- Emmedue. (s.f.). *Memoria Técnica Sistema Constructivo M2 - Durapanel*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/138188819/Memoria-Tecnica-Durapanel>
- Enciso Herrera, D. G., & Falla González, L. C. (2018). Análisis sistemático de literatura. *[Trabajo de Investigación, Universidad Cooperativa de Colombia]*. Repositorio. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4120/1/2018_manual_construccion_vivivenda.pdf
- Escrig Pérez, C. (Abril de 2010). *Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/8398>
- Estrada Barrera, E. A., & Lozano Escobar, V. (2020). Análisis sistemático de la literatura sobre patologías en estructuras de mampostería confinada para viviendas de uno y dos pisos

- en la ciudad de Villavicencio, Meta. [Trabajo de pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/28291?locale=es>
- Fonseca Zaraza, L. (2016). Diseño de vivienda de interés social modular para zona de emergencia de alta vulnerabilidad. [Trabajo de investigación, Universidad Piloto de Colombia]. Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003259.pdf>
- Glosario Ilustrado de Arte Arquitectónico. (2020). *Fotografía de un diseño de planos en terreno*. Obtenido de <https://www.glosarioarquitectonico.com/wp-content/uploads/2015/12/replanteo2.jpg>
- González Bell, J. (28 de agosto de 2019). En Colombia se deben construir 3,2 millones de vivienda en la siguiente década", Camacol. *Diario La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/colombia-se-deben-construir-32-millones-de-vivienda-en-la-siguiente-decada-camacol-2902162>
- González, D., & Song, M. A. (2014). *Exposición de prefabricados*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/miguelsongor/exposicin-de-prefabricados>
- IC Constructora. (s.f.). *Prefabricación de viviendas de interés social en concreto*. Obtenido de <https://icconstructora.co/prefabricacion-de-viviendas-de-interes-social-en-concreto/>
- Imagui. (2021). *Venta de casas prefabricadas en Bogotá*. Obtenido de <https://www.imagui.com/a/venta-de-casas-prefabricadas-en-bogota-c9Eboodxo>
- Innovacasas. (2021). *Nace el Prefabricado en Colombia*. Obtenido de <https://www.innovacasas.com/nace-el-prefabricado-en-colombia/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1997). NTC 4026. *Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural*. Obtenido de Reposito: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4017/Anexo%208%20NTC-4026.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Invest in Bogotá. (Junio de 2021). *Materiales de construcción: Un sector diverso con múltiples oportunidades de negocio*. Obtenido de <https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/materiales-de-construccion>
- Lesnik, G. (2021). *Desventajas del Steel Framing: Leer antes de construir*. Obtenido de <https://construccionenseco.net/steel-frame/desventajas/>
- López de Ipiña González de Artaza, J. (Julio de 2020). *Las Sears Modern Homes: Diseñar para la vida*. Obtenido de <https://disenarparalavida.com/sears-modern-homes/?consent=none&ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

- Mabasa. (2016). *Ventajas y desventajas de la construcción prefabricada - Mabasa*. Obtenido de <https://mabasa.com.mx/ventajas-y-desventajas-de-la-construccion-prefabricada/>
- Martínez Masó, I. (Junio de 2017). *Casas Prefabricadas ¿Una solución incomprensible en Colombia?* Obtenido de <https://hoyconstruccion.com/inicio/36/casas-prefabricadas-una-solucion-incomprensible-en-colombia>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>
- Noticias MC. (2018). *PNUD presentó trabajo para construir mejor con mampostería confinada*. Obtenido de <https://www.mundoconstructor.com.ec/pnud-presento-trabajo-para-construir-mejor-con-mamposteria-confinada/>
- Novas Cabrera, J. A. (2010). *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. [Proyecto fon de Master, Universidad Politecnica Madrid]*. Obtenido de https://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf
- Obra civil Colombia. (2021). *Durapanel*. Obtenido de <https://obracivilcolombia.com/durapanel/14-durapanel.html>
- Olaya, R. (2021). *Información relacionada con tipo de estructuras para vivienda prefabricada*. Open edition journal. (2020). *Los mapas de la Nueva Geografía de Colombia de Francisco Javier Vergara y Velasco (1901-1902)*. Obtenido de <https://journals.openedition.org/confins/26347>
- Ostos, I. (2016). *Sistema Durapanel*. Obtenido de <https://construyored.com/oportunidades/2241-sistema-durapanel>
- Pamela, G. (2015). *Capítulo 3: Muros, losas columnas y viga*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/PamelaG2/albailera-confinada-muros>
- Perea Rentería, Y. A. (2012). *Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional. [Trabajo de grado, Universidad de Medellín]. Repositorio*. Obtenido de <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/359>
- Pérez Rodríguez, D. C. (2011). *Normas Técnicas Colombianas (NTC)*. Obtenido de <https://es.calameo.com/books/0015930041ba5a9cbe0e6>
- Pinto Villabona, E. (2015). *Manuales de prefabricados basados en el modelo lego y ikea, con implementación de propuesta en el proyecto +Huerto+casa (Solar Decathlon Latin America & Caribbean)*. Obtenido de

- <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/18543/u722393.pdf?sequence=1>
- Plaktec S.A. (2021). *¿ Qué es Steel Framing?* Obtenido de <https://plaktec.com.py/que-es-steel-framing/>
- Prieto Osorio, J. M. (2004). Desarrollo de vivienda popular por autoconstrucción en Colombia. Evaluación de procesos constructivos. *[Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio.* Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21810/u258531.pdf?sequence=1>
- Proinsu. (2017). *Sistema EIFS*. Obtenido de https://www.proinsu.cl/58/12_sistema-eifs-
- Saldarriaga Roa, A. (Octubre de 2017). La arquitectura en Colombia en varios tiempos. *Revista Credencial*(334). Obtenido de <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-334/la-arquitectura-en-colombia-en-varios-tiempos>
- Saldarriaga, A. (2019). La arquitectura popular tradicional. *Credencial História*(350). Obtenido de <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-350/la-arquitectura-popular-tradicional>
- Sanabria Riaño, B. S. (2017). Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles. *[Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio.* Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15493/1/01%20DOC%20FINAL.pdf>
- Serrano Pinzón, J. D. (Diciembre de 2015). Estudio del impacto de la implementación de una normativa acústica para proyectos de construcción de vivienda en Colombia. *[Tesis de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio.* Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13472/u722521.pdf?sequence>
- Sistema New Panel. (2010). Construcción módulo NewPanel. *[Videos de youtube]*. Obtenido de https://www.youtube.com/channel/UC837i7e_UPfKQMXoWsTmxjQ
- Socarras, Y., & Vidaud, I. (2017). Desde la Tecnología del prefabricado actual hasta la prefabricación contra pedido. *Ciencia en su PC*(1), 104-105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351125008.pdf>
- Steel Art. (2020). *Información general sobre SteelArt*. Obtenido de <http://www.nuevaempresa.com.ar/steel/>

- StudioPremium. (2021). Como construir una casa paso a paso : cimentación. [Video de Youtube]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=ryQ8Bb9xgOo>
- Su casa - Construcciones prefabricadas. (2018). *Sistema constructivo*. Obtenido de <https://www.sucasaprefabricada.com/nuestra-tecnica/sistema-constructivo/#>
- Toledo Castellanos, R. (Julio-Diciembre de 2017). Autoconstrucción y auto-poiesis: las casas expresivas. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 12(2), 59-97. doi:<https://doi.org/10.11144/Javeriana.mavae12-2.aace>
- Trujillo Castellanos, D. A., & Ortiz Díaz, C. A. (2017). Factibilidad técnica de la construcción del modelo casa Moraida rural de Sao Paulo en Colombia. [Trabajo de grado, Universidad Catolica de Colombia]. Repositorio. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15220/1/FACTIBILIDAD%20T%C3%89CNICA%20DE%20LA%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20CASA%20MORAIDA%20RURAL%20DE%20SAO%20PAULO%20EN%20COLOMBIA%20.pdf>
- Urrego Jiménez, A. (2020). Más de un tercio del país están en déficit habitacional. *Diario El Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/mas-de-un-tercio-del-pais-en-deficit-habitacional-540036>
- Vanguardia. (2020). *A formalizar viviendas de interés social sin licencia*. Obtenido de <https://www.vanguardia.com/economia/nacional/a-formalizar-viviendas-de-interes-social-sin-licencia-BA2983344>
- Vargas Quintero, M. C. (2012). Caracterización de la Cuenca del Río la vieja: Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río la vieja. *Hidrogeología*. Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/5_CapituloI_Diagnostico_Hidrogeologia.pdf