

## **Análisis de viabilidad y propuesta de implementación de viviendas prefabricadas en la construcción de viviendas de interés social: un enfoque hacia la construcción sustentable**

### **Feasibility analysis and proposal for the implementation of prefabricated housing in the construction of social interest housing: an approach towards sustainable construction**

DOI: 10.46932/sfjdv5n8-005

Received on: Jul 02<sup>nd</sup>, 2024

Accepted on: Jul 23<sup>rd</sup>, 2024

#### **Pedro Gordillo-Granda**

Maestrante en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable

Institución: Universidad Católica de Cuenca

Dirección: Av. De las Américas y Humboldt, Cuenca, Ecuador

Correo electrónico: pedro.gordillo.92@est.ucacue.edu.ec

#### **Jorge Toledo-Toledo**

Magíster en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable

Institución: Universidad Católica de Cuenca

Dirección: Av. De las Américas y Humboldt, Cuenca, Ecuador

Correo electrónico: jftoledot@ucacue.edu.ec

#### **RESUMEN**

La investigación tiene como objetivo principal analizar la viabilidad de utilizar sistemas prefabricados en la construcción de viviendas de interés social con un enfoque sustentable. Se sigue un diseño metodológico exploratorio descriptivo, que incluye una revisión de la bibliografía disponible para fundamentar las afirmaciones del documento y establecer criterios de evaluación y comparación entre los sistemas constructivos. Se recolectan datos para la construcción convencional y la prefabricada, considerando aspectos técnicos, económicos, de confort, eficiencia y sustentabilidad. Los resultados muestran que la vivienda propuesta cumple con los estándares y disposiciones gubernamentales para esta tipología viviendas, tanto a nivel normativo como funcional. El uso de materiales prefabricados aumenta la eficiencia de instalación, reduciendo el tiempo de construcción hasta en tres semanas. Además, se evidencia un mayor confort térmico con los elementos prefabricados en comparación con el sistema tradicional. En cuanto a la sustentabilidad, los materiales utilizados en la propuesta generan un menor impacto ambiental en su fabricación y en los desperdicios generados. Se concluye que, aunque la propuesta presenta un costo mayor que las viviendas convencionales, los beneficios inherentes compensan este costo adicional, lo que sugiere que la implementación de viviendas prefabricadas en la construcción de viviendas de interés social es una opción viable y sustentable.

**Palabras clave:** Vivienda de Interés Social, Material Prefabricado, Sustentabilidad, Viabilidad.

#### **ABSTRACT**

The main objective of this research is to analyze the feasibility of implementing prefabricated housing in the construction of low-income housing with a sustainable approach. A descriptive exploratory methodological design is followed, which includes a review of the available literature to support the assertions of the document and to establish evaluation and comparison criteria between the construction systems. Data are collected for conventional and prefabricated construction, considering technical,

economic, comfort, efficiency and sustainability aspects. The results show that the proposed housing complies with governmental standards and provisions for this type of housing, both at a regulatory and functional level. The use of prefabricated materials increases installation efficiency, reducing construction time by up to three weeks. In addition, greater thermal comfort is evidenced with prefabricated elements compared to the traditional system. In terms of sustainability, the materials used in the proposal generate a lower environmental impact in their manufacture and in the waste generated. It is concluded that, although the proposal presents a higher cost than conventional housing, the inherent benefits compensate for this additional cost, suggesting that the implementation of prefabricated housing in the construction of low-income housing is a viable and sustainable option.

**Keywords:** Social Housing, Prefabricated Material, Sustainability, Viability, Feasibility.

## 1 INTRODUCCIÓN

Con base en el censo de población en 2023 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la provincia de Azuay alberga una población estimada de 801,609 habitantes (INEC, 2023). Sin embargo, solo el 58,7% de esta población posee una vivienda propia, habiendo cumplido con éxito las obligaciones financieras asociadas. En contraste, el 27,0% de la población necesita arrendar viviendas, mientras que el 14,4% recurre a alternativas residenciales proporcionadas por sus familiares (INEC, 2023). La carencia de viviendas propias para el 41,3% de los residentes de Azuay se atribuye en gran medida a la situación socioeconómica de la región, específicamente a la desigualdad y al acceso limitado a mejores oportunidades. Este hecho se refleja en un informe sobre los índices de pobreza por necesidades básicas insatisfechas en Azuay, donde se señala que el 38% de los azuayos viven en la franja de la pobreza (INEC, 2020).

En respuesta a las circunstancias mencionadas, el gobierno ecuatoriano ha promulgado una línea de acción estratégica conocida como “Decreto Ejecutivo No. 405”, el cual fue dictado por la Corte Constitucional del Ecuador (2023). La intención de esta iniciativa es ofrecer opciones de vivienda económica para personas que experimentan pobreza o vulnerabilidad. El objetivo principal de estos proyectos, catalogados como: Viviendas de Interés Social (VIS), es mejorar la rentabilidad para garantizar la accesibilidad a un amplio espectro de personas y para lograrlo se han minimizado varios elementos, incluidos los procedimientos constructivos y la asignación espacial, entre otros factores. Este fenómeno ha dado lugar a la aparición de construcciones que cumplen los criterios básicos de habitabilidad, aunque en ocasiones presentan secciones incompletas o acabados de estándares modestos.

Una alternativa factible que permite reducir los valores de las VIS en Ecuador, pero que se ha implementado de manera limitada dentro de este sector específico, son las viviendas prefabricadas, que se pueden conceptualizar como elementos estructurales de edificaciones que se fabrican en ubicaciones fuera del sitio y posteriormente se transportan y ensamblan en el destino final (Vivero y Macias, 2022).

La principal ventaja de este enfoque constructivo radica en su capacidad para maximizar tanto los recursos humanos como los materiales, que reduce de manera significativa las ineficiencias asociadas a los desplazamientos y la necesidad de contratar personal adicional. Además de asegurar una calidad excepcional en los acabados, este método también ofrece una mayor flexibilidad de diseño, lo que permite una personalización precisa para satisfacer las diversas especificaciones de cada proyecto de manera individualizada (Wang *et al.*, 2021).

Según el boletín técnico N-01-2022-ESED (Estadísticas de Edificaciones) publicado por el INEC (2022), este tipo de materiales sigue siendo poco común en la construcción de viviendas en Ecuador. De hecho, su nivel de adopción es equiparable al de materiales tradicionales como la madera, el adobe, la caña y las láminas de yeso, los cuales, en conjunto, representan menos del 35% de las preferencias en el sector de la construcción. En contraste, el 65,5% de las construcciones continúan optando por materiales convencionales como el bloque y el hormigón como la opción predominante. Esta tendencia, refleja una preferencia arraigada por los métodos constructivos tradicionales, lo que presenta un desafío para la adopción generalizada de las viviendas prefabricadas en el país.

Esta investigación propone como objetivo general: evaluar la viabilidad de la implementación de viviendas prefabricadas en la construcción de casas de interés social en la Provincia del Azuay, Ecuador mediante la recolección de datos y un análisis comparativo entre el diseño tradicional y el prefabricado para mejorar el acceso a la vivienda de los sectores menos favorecidos de la provincia.

El cumplimiento del objetivo de estudio hará un aporte sustancial a los segmentos marginados de la Provincia del Azuay. La evaluación realizada revelará los importantes beneficios asociados a la incorporación de componentes prefabricados en VIS, frente a las técnicas constructivas convencionales. Al mismo tiempo se demostrará que el uso de elementos prefabricados se traduce en una calidad general de las viviendas residenciales superior a la construcción convencional, tanto a nivel estético, confort y mayor disponibilidad, lo que conduce a un aumento tangible del nivel de vida.

El presente análisis se realiza dentro del contexto particular de la Provincia del Azuay, con un énfasis específico en la ciudad de Cuenca. Este centro urbano encuentra obstáculos inherentes relacionados con la utilización óptima de la tierra y las complejidades asociadas con la adquisición de residencias personales. El paisaje urbano de Cuenca exhibe una compleja interacción entre expansiones territoriales y un crecimiento demográfico en constante evolución (Sotomayor *et al.*, 2023).

Según el Plan de trabajo de las concejalías del distrito sur del cantón Cuenca para el período 2023-2027, aproximadamente el 3,1% de las viviendas en Cuenca están construidas con materiales de baja calidad, se encuentran en mal estado o presentan condiciones precarias, tales como paredes de lámina metálica delgada, falta de aislantes térmicos o acústicos, pisos de tierra y carencia de conexiones eléctricas, agua o alcantarillado, entre otros. Además, según datos del Instituto Nacional de Estadística y

Censos (INEC) citados en Domínguez *et al.* (2020): “se evidencia un déficit cuantitativo de 45,000 viviendas en Cuenca” (p.7). Estos atributos destacan la pertinencia de realizar un análisis en esta ubicación, ya que la problemática de la accesibilidad a viviendas dignas con requisitos mínimos de habitabilidad es notable en la región.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL

Según Mendoza y Ortega (2022) una VIS se define como una solución habitacional destinada a brindar acceso a una residencia adecuada a sectores de la población con recursos limitados. El propósito de este tipo de construcción es atender las necesidades primordiales de alojamiento de familias que carecen de los recursos financieros para comprar una vivienda en el mercado convencional. Se caracteriza por ser asequible, de construcción sencilla y costo reducido, cumpliendo con estándares mínimos de calidad, seguridad y habitabilidad.

Otro aporte significativo lo dan Vitorio *et al.* (2022) quienes mencionan las características principales de las VIS que son: un tamaño adecuado para cubrir las necesidades de una familia promedio, materiales de construcción económicos pero resistentes, distribución eficiente del espacio, cumplimiento de estándares de seguridad y habitabilidad, y ubicación en zonas cercanas a servicios y transporte público. Además, se busca promover la sostenibilidad y eficiencia energética en su diseño, promoviendo el empleo de materiales y métodos de construcción que reduzcan el impacto ambiental y los costos de operación.

Asimismo, Loor y Véliz (2022) agregan que la calidad de las VIS es un aspecto fundamental que garantiza la habitabilidad y el bienestar de sus ocupantes. Estas viviendas se diseñan y construyen siguiendo estándares y normativas específicas que aseguran su durabilidad, seguridad y confort. La calidad se refleja en la elección de materiales adecuados y resistentes, en la correcta ejecución de los procesos constructivos, en la optimización de los espacios para una distribución funcional, y en la implementación de sistemas y tecnologías que garanticen el adecuado suministro de servicios básicos como agua, electricidad y saneamiento.

### 2.2 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN MATERIALES PREFABRICADOS

Según Calderón (2022) y Campos (2021) el concepto de construcciones prefabricadas se ha consolidado como una solución innovadora y eficiente en la industria de la construcción. Esta técnica se basa en la fabricación de componentes estructurales y elementos constructivos en un entorno controlado,

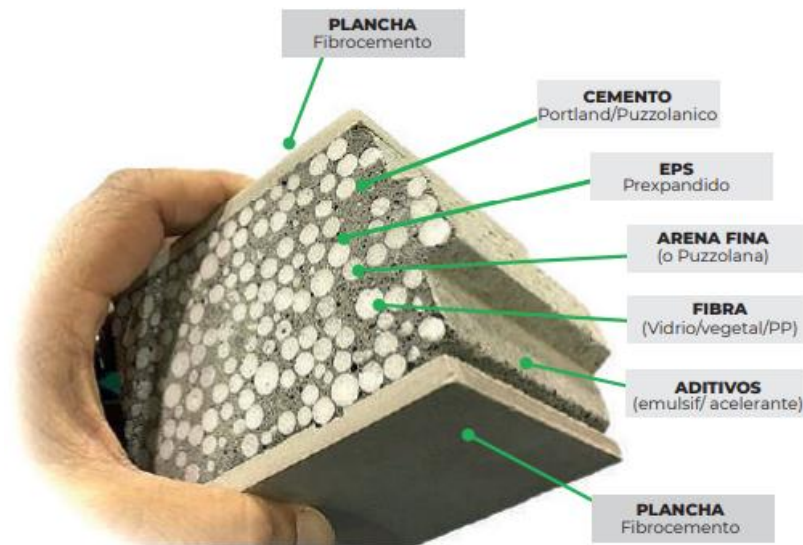
fuera del lugar de construcción, para luego ser transportados y ensamblados en el sitio final. La construcción prefabricada ofrece numerosas ventajas, como una mayor rapidez en los tiempos de ejecución, la reducción de desperdicios y la optimización de recursos. Además, permite una mayor calidad en los acabados y una mayor flexibilidad en el diseño.

En la actualidad, existe una amplia gama de elementos prefabricados utilizados en la construcción, que van desde losas de hormigón para pisos hasta habitáculos completos que se ensamblan en el lugar de trabajo (Gunawardena y Mendis, 2022). Sin embargo, en el contexto ecuatoriano, algunas de estas tecnologías y proveedores de este servicio aún no están disponibles, lo que limita la investigación a elementos que ya están presentes en el mercado, como los paneles prefabricados tipo sándwich para envolventes y las cubiertas metálicas con recubrimientos.

Según Vivero y Macias (2022), las viviendas construidas con paneles tipo sándwich implican el ensamblaje de paneles junto con un contrapiso de hormigón armado, vinculados a pórticos, ofreciendo variedad de texturas. Las ventanas y puertas son modulares, con herrajes precisos, asegurando una estructura ensamblada impecable. Además, según Bohorque y Tocto (2017), estos paneles tienen un revestimiento ignífugo y resisten las radiaciones solares y el agua, lo que los hace duraderos y eficientes energéticamente. Con un grosor comparable al de una pared estándar, los paneles pueden medir hasta 250 mm, adecuados para regiones con condiciones climáticas adversas. En términos de construcción, una vivienda residencial típica podría completarse en un mes o incluso menos.

Una característica destacable de este tipo de panel son las uniones entre paneles, las cuales funcionan de manera similar a las piezas de lego, lo que significa que el ensamblaje no depende o depende mínimamente de un adhesivo para mantener una unión resistente entre sus componentes. Esta forma de unión resulta especialmente beneficiosa en las construcciones in-situ, pues reduce tanto el tiempo de ejecución como el de entrega de los proyectos (Zhou *et al.*, 2020). En la Figura 1 se presenta una disposición del panel tipo sándwich con conexión automática también conocido como Panelego. Este panel está compuesto por 6 elementos: dos planchas de fibrocemento que forman su envolvente, y en su interior cuenta con cemento Portland, elementos de EPS expandido, arena fina, fibra de vidrio, vegetal y PP, así como aditivos acelerantes y emulsificantes.

Figura 1. Panel tipo sándwich



*Nota.* tomado de KUBIEK, ficha técnica de paneles de hormigón alivianado con EPS, disponible en <https://kubiec.com/>

### 2.3 SUSTENTABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

La sustentabilidad en la construcción se encuentra en constante crecimiento, esto se debe a los impactos ambientales significativos que esta industria genera anualmente, como se destaca en un informe de las Naciones Unidas (2022), tan solo en el año 2021, esta industria provocó el 34% de la demanda energética global y generó el 37% de emisiones CO<sub>2</sub> con su operación, lo que representa un aumento del 4% con respecto a años anteriores. En respuesta a esta situación, los nuevos enfoques de la construcción se dirigen hacia alternativas más sustentables, que incluyen la reutilización, la reducción de desperdicios, la eficiencia y la disminución del impacto ambiental.

Dentro de estos enfoques, el Análisis del Ciclo de Vida (LCA), según señala Lima *et al.* (2021), emerge como una posible solución que evalúa la sostenibilidad en la construcción. Permite examinar los aspectos ambientales del ciclo de vida de un producto, que incluye la extracción de sus materiales hasta su implantación final, incluyendo la evaluación del impacto del cemento en términos de consumo de electricidad, emisiones y efectos en la salud.

Otro aspecto importante según Mohammed *et al.* (2020) es la reducción de residuos en la construcción puesto esta gestión es crucial para mitigar el impacto ambiental negativo, conservar recursos naturales y promover la eficiencia energética. La generación excesiva de residuos puede conducir a la contaminación del suelo, agua y aire, escasez de espacios de vertedero, riesgos para la salud pública y desperdicio de recursos. La implementación de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de residuos es fundamental para abordar estos problemas y avanzar hacia una gestión sostenible de residuos en construcción.

Asimismo, Liu *et al.* (2020) destacan la importancia de utilizar materiales que, durante su fabricación y al final de su vida útil, no representen una amenaza para el medio ambiente, incluyendo recursos naturales, calidad del aire, agua y biodiversidad. En este sentido, el empleo de materiales sostenibles con bajo impacto ambiental en la construcción es sirve para fomentar la sostenibilidad a largo plazo.

### 3 METODOLOGÍA

Esta investigación sigue un diseño metodológico de tipo exploratorio-descriptivo, ya que recopila y analiza información relacionada con la viabilidad de implementar un sistema constructivo basado en el uso de materiales prefabricados como alternativa sustentable para la construcción de viviendas de interés social en el ámbito de Azuay, Ecuador. Según Ramos (2020), el método exploratorio tiene la particularidad de permitir realizar una comprensión inicial de una temática específica a través de la literatura u otras herramientas que identifiquen las variables de estudio. Del mismo modo, Alban *et al.* (2020) alude que el método descriptivo admite una amplia gama de herramientas de recolección de datos que permitan identificar patrones, problemáticas, realizar comparativas y determinar conclusiones a través del análisis objetivo de información real de un fenómeno bajo estudio.

El enfoque elegido para esta investigación se basa en la metodología cuantitativa, centrándose en una compilación y examen información de tipo numérica, en la cual se va a recopilar datos precisos sobre los gastos y la duración de la construcción tanto de viviendas prefabricadas como del método de construcción tradicional. Esto permite realizar una comparación completa e imparcial entre formas alternativas. En las siguientes secciones, se proporcionará una explicación completa de las técnicas metodológicas empleadas para garantizar la precisión y meticulosidad en la adquisición de los datos requeridos.

Primera etapa: Se inicia con una indagación bibliográfica de la literatura disponible para identificar cuáles son las implicaciones y conceptos más relevantes que engloba la construcción con elementos prefabricados. Esta fase se realizó a través de la implementación de una ficha bibliográfica y un proceso de aceptación y negación de documentos relevantes en los principales repositorios institucionales de la red.

Segunda etapa: Se diseña la VIS que cumpla con los criterios y estándares establecidos por el MIDUVI. Esta vivienda fue concebida considerando la disposición de los espacios, como la sala-comedor-cocina, dormitorios, baño, así como las dimensiones totales, utilizando exclusivamente materiales prefabricados. Este enfoque buscó generar un modelo que posibilitara una comparación directa entre la construcción convencional y el diseño propuesto, manteniendo condiciones similares en cuanto a la disposición de espacios y características fundamentales de la vivienda del MIDUVI.

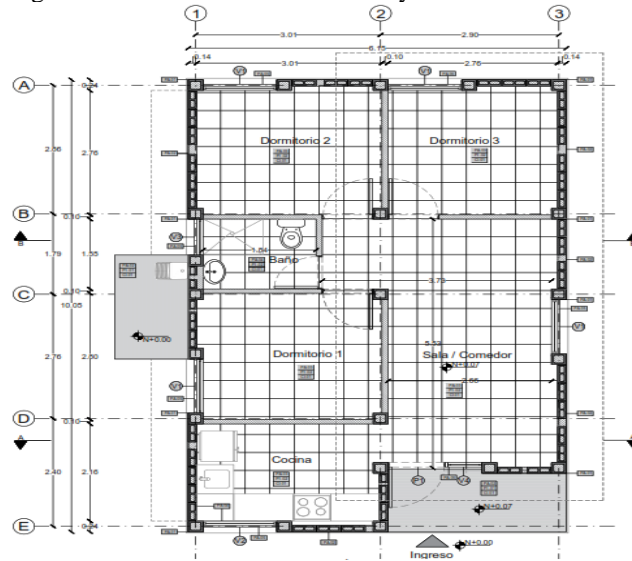
Tercera etapa: Dado que el objetivo es realizar un análisis de la viabilidad de las viviendas prefabricadas en la construcción de VIS, se hace imperativo comparar desde una perspectiva técnica que

involucre; uso de áreas y funcionalidad, materiales, confort, estética, también se debe considerar el aspecto monetario, en este caso se analizan costos de cada fase de construcción, tanto en: estructura, albañilería, recubrimiento de pisos y cubierta. Luego, se considera, el apego a las normas técnicas ecuatorianas de la construcción para evidenciar si cumple con los requisitos establecidos por los organismos gubernamentales de la construcción.

Cuarta etapa: Implica la recolección de datos correspondientes tanto a las casas de interés social convencionales como a los elementos requeridos para las viviendas prefabricadas. Para obtener información sobre las VIS convencionales, se estableció contacto con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), la entidad gubernamental responsable de aprobar y construir estas viviendas en Ecuador. Se solicitó al MIDUVI proporcionar los datos esenciales que permitieran realizar una comparación significativa. En paralelo, para recolectar información acerca de los materiales necesarios para las viviendas prefabricadas, se contactó a la empresa Kubiec SA, ubicada en Quito, Ecuador, la cual posee experiencia en la construcción de casas prefabricadas. Esta organización facilitó los datos necesarios referentes a los costos de los materiales del diseño propuesto para este estudio comparativo.

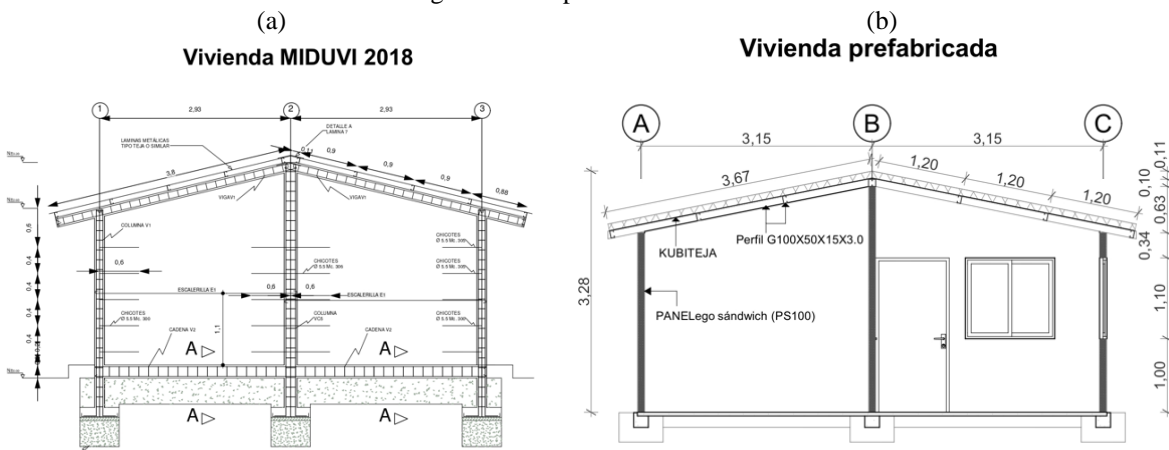
En relación a la caracterización del caso de estudio, la regulación y aprobación de los diseños constructivos de estas viviendas recae en el MIDUVI, que establece áreas específicas y distribuciones de ambientes. Por lo tanto, para cumplir con los requisitos de esta institución, se adoptan las áreas y distribuciones propuestas por esta organización para asegurar que la construcción cumpla con los estándares de interés social. En la Figura 2 se observa que la superficie total de construcción es de 57,27 m<sup>2</sup>, dividida en seis ambientes distintos: una sala-comedor de 19,91 m<sup>2</sup>, una cocina de 7,91 m<sup>2</sup>, un dormitorio principal de 8,11 m<sup>2</sup>, un segundo dormitorio de 8,81 m<sup>2</sup>, un tercer dormitorio de 8,11 m<sup>2</sup> y un baño de 4,42 m<sup>2</sup>. Por su parte, en la Figura 3 (a), se puede evidenciar una sección en corte de la VIS construida por el MIDUVI, la cual presenta una estructura convencional con losa de hormigón simple, refuerzos de acero y mallas. Esta estructura está compuesta por acero estructural y envolventes de mampostería con mortero. En contraste, en la Figura 3 (b), se evidencia un cambio en la vivienda prefabricada, particularmente en los envolventes, donde se emplean paneles que reducen su anchura y amplían un poco la superficie de tránsito dentro de la casa.

Figura 2. Distribución de ambientes y áreas de la vivienda.



Nota. diseño original de casa de interés social presentado por el MIDUVI en el año 2023

Figura 3. Comparación de secciones en corte.



Nota. (a) diseño original de casa de interés social presentado por el MIDUVI en el año 2023, (b) diseño propuesto por el autor

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 VIABILIDAD EN USO DE MATERIALES PREFABRICADOS

En esta propuesta de VIS, se adopta un enfoque de construcción mixto que conserva similitudes con la construcción tradicional en: estructura, cimentación, recubrimientos, terminaciones e instalaciones de servicios básicos y sanitarios. Sin embargo, la distinción principal se encuentra en los envolventes (prefabricado tipo sándwich) y la cubierta de la vivienda (kutermico). La Tabla 1 ofrece una comparación detallada de las diferencias entre los materiales convencionales y los prefabricados utilizados en este contexto.

Tabla 1. Comparación entre envolventes

Material	Factor	Construcción Tradicional	Construcción Pré-fabricada
Envolvente	Peso de envolvente	Bloque de 40x20x15 con un peso de 23,1 kg cada uno	Reducción del 40% respecto a la construcción tradicional de bloques de hormigón
	Tiempo de instalación	1,25 m <sup>2</sup> /hora y una altura máxima de 1,30 metros de alto por cada jornada	Entre 2 y 3 veces más rápido que el sistema tradicional, los cortes y medidas de cada pieza se realizan en fabrica y se dejan listos para instalación en la obra, la altura máxima es de 3,66 metros de alto
	Tiempo de fraguado	Necesita tiempo de fraguado de las primeras líneas o filas de bloque para continuar con la construcción hasta alcanzar la altura final de la pared.	Cada panel representa 1,49 m <sup>2</sup> de pared seca que permite dar acabado final al día siguiente de la instalación de cada panel
	Estética Confort	Bloque visto sin enlucido con mortero Conductividad térmica – entre 0.60 y 0.69 W/m*K	Terminado final completamente liso Resistencia térmica – 0.23 W/m*K
Cubierta	Instalación	Galvalume – Desperdicio de material al momento de instalar por cortes y adaptaciones	Kutérmico – Listo para instalar con dimensiones personalizadas de fábrica
	Material	Galvalume – aleación aluminio, zink y silicio, sin recubrimiento extra, necesita pintura, y mantenimiento ante clima corrosivo	Kutérmico – recubrimiento poliéster, pintura anticorrosiva, aleación de: aluminio, zinc y silicio, alma de acero estructural,
	Confort	Galvalume – Estabilidad térmica de -- 150 a + 80 °C	Kutérmico – Estabilidad térmica de -200 a +120 °C

*Nota.* datos de envolvente prefabricado y teja térmica tomado de KUBIEK. Peso de envolvente tomado de Global Blcok Machines (2020). Rendimiento en instalación de mampostería tomado del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) municipal de Cuenca, citados por García *et al.* (2024). Tiempo de instalación tomado de Nórma Técnica E.070 por SENSICO (2020). Datos de conductividad térmica tomado de Genovez *et al.* (2021).

Como se puede observar en la Tabla 1, al comparar las características entre la construcción tradicional y la prefabricada en términos de envolventes se obtienen varias diferencias. En la construcción tradicional, se utiliza bloque de hormigón, que pesa 23,1 kg cada uno, mientras que en la prefabricada se reduce el peso en un 40% en proporción. En cuanto al tiempo de instalación, la construcción tradicional requiere 1,25 m<sup>2</sup>/hora con una altura máxima de 1,30 metros por jornada, mientras que la prefabricada es entre 2 y 3 veces más rápida, con una altura máxima de 3,66 metros. En relación al confort térmico las planchas prefabricadas tienen una conductividad térmica menor (0.23 W/m\*K) a comparación de un bloque de hormigón (0.60 – 0.69 W/m\*K) lo que mejora la capacidad de la envolvente para mantener la temperatura interna de la casa. Además, la prefabricación permite un acabado final completamente liso, a diferencia de la construcción tradicional que deja los bloques vistos.

En relación con la cubierta, se puede observar que hay dos tipos de materiales para cubiertas, la construcción tradicional con Galvalume y la construcción prefabricada con Kutérmico. La construcción tradicional requiere más trabajo de instalación y puede generar desperdicio de material debido a cortes y adaptaciones necesarias, mientras que la prefabricada está lista para instalar con dimensiones personalizadas de fábrica. En cuanto al material, el Galvalume necesita mantenimiento y pintura, mientras

que el Kutérmico ya cuenta con un recubrimiento de poliéster y pintura anticorrosiva. Finalmente, en términos de confort térmico, el Kutérmico ofrece una estabilidad térmica más amplia que el Galvalume.

#### 4.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

Para analizar los costos constructivos involucrados, tanto en las VIS del MIDUVI como en el sistema de construcción con elementos prefabricados propuesto en este documento, es necesario considerar que ambos sistemas constructivos atraviesan fases coincidentes. Independientemente de si se trata de una construcción convencional o prefabricada, estos valores deben ser tenidos en cuenta para ambos enfoques. Como se muestra en la Tabla 2, estas fases incluyen los siguientes rubros y sus respectivos costos: Trabajos preliminares: \$352, Recubrimiento de las paredes: \$1536.15, Instalación de marcos de aluminio y vidrio: \$745.46, Carpintería metálica: aproximadamente \$392.08, Colocación de puertas interiores y exteriores: \$392.08, Instalaciones eléctricas: \$1161.36, Instalación de agua potable: \$237.42, Instalaciones sanitarias: \$539.12, Instalación de tuberías para aguas pluviales: \$62.24, Colocación de aparatos sanitarios: \$681.7. En total, estos rubros suman un valor coincidente para ambos sistemas constructivos de \$6428.69.

Tabla 2. Costos concordantes entre los dos sistemas constructivos

Fase	Descripción	P. Total
Trabajos Preliminares	Replanteos, Excavaciones, Compactación y Rellenos con material de mejoramiento	352,78
Recubrimiento de Paredes	Sellado y pintura en paredes interiores y exteriores, instalación de cerámica en baño, salpicaderos y mesón	1536,15
Aluminio y Vidrio	Marcos de aluminio y cristales	745,46
Carpintería Metálica	Canales Agua Lluvia	392,08
Puertas	Suministro e instalación de puertas interiores y exteriores	718,38
Instalaciones Eléctricas	Acometida, breakers, tablero, puntos de tomacorriente e iluminación	1161,36
Instalaciones Agua Potable	Suministros e instalación de tuberías	237,42
Instalaciones Sanitarias	Suministros e instalación de tuberías	539,12
Instalaciones Aguas Lluvias	Suministros e instalación de tuberías	64,24
Aparatos Sanitarios	Suministros e instalación de accesorios	681,7
<b>TOTAL</b>		<b>6428,69</b>

Nota. datos proporcionados por el MIDUVI

Desde otro punto de vista, hay fases constructivas en cada sistema que se diferencian significativamente entre sí debido a los materiales implementados como se observa en la Tabla 2. En términos de estructura, la construcción del MIDUVI implica el uso de hormigón simple con una resistencia especificada de  $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$  para vigas, columnas, cimentación, cubiertas, dinteles y bloques estructurales, junto con acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{kg/cm}^2$ , malla electrosoldada y acero estructural ASTM A36, con un costo total de \$6926,73. Por otro lado, las viviendas prefabricadas optan

por el mismo tipo de hormigón simple para la cimentación, pero excluyen dinteles y bloques estructurales, resultando en un costo total de \$4683,7.

En cuanto a albañilería, las VIS del MIDUVI requieren mampostería de bloque, enlucidos en filos y mesón, con un costo de \$1911,48. Mientras tanto, las viviendas prefabricadas se construyen con paneles prefabricados tipo sándwich (PANELego), cuyo suministro e instalación tienen un costo de \$3939,93. En lo que respecta a la cubierta, las VIS del MIDUVI tienen una cubierta metálica de Galvalume pre pintada, con un costo de \$1229,94. Mientras que las viviendas prefabricadas optan por el suministro e instalación de KUBIteja Premier con un espesor de 25mm, con un costo de \$1898,64.

El cambio más significativo entre los dos sistemas de construcción radica en los recubrimientos del piso. Mientras que el MIDUVI opta por una instalación de cerámica con un valor de \$961,04, la propuesta de viviendas prefabricadas presenta una gama más amplia de opciones. Esto incluye el suministro e instalación de piso térmico, recubrimiento de piso flotante e instalación cerámica, adaptados según los ambientes y la funcionalidad de la casa, con un costo total de \$3303,36. Esta diferencia refleja la flexibilidad y las opciones adicionales disponibles en el sistema de viviendas prefabricadas, lo que puede contribuir a una mayor comodidad y calidad de vida para los ocupantes.

En resumen, los costos totales de los rubros no coincidentes entre los dos sistemas de construcción son \$11029,19 para las VIS del MIDUVI y \$13825,63 para las viviendas prefabricadas. Al sumar estos valores a los costos concordantes de la Tabla 1, se obtiene un total de inversión de \$17457,88 para las VIS del MIDUVI y \$20254,32 para las viviendas prefabricadas. Esto representa una diferencia de \$2796,44 entre ambos sistemas. Estas discrepancias reflejan las distintas elecciones de materiales y métodos constructivos de cada sistema, lo que puede tener un impacto significativo en la viabilidad económica de cada opción.

Tabla 3. Costos concordantes entre los dos sistemas constructivos

Fase	Rubros Vivienda MIDUVI	Costo (\$)	Rubros Vivienda Prefabricada	Costo (\$)
<b>Estructura</b>	Hormigón Simple $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ (Vigas, columnas, cimentación, cubiertas), Dinteles y Bloque estructural Acero de refuerzo $f_y= 4200\text{kg/cm}^2$ , Malla electrosoldada, Acero estructural ASTM A36, Vigas V5.	6926,73	Hormigón Simple $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ (Cimentación) Acero de refuerzo $f_y= 4200\text{kg/cm}^2$ , Malla electrosoldada, Acero estructural ASTM A36.	4683,7
<b>Albañilería</b>	Mampostería de Bloque, Enlucidos filos, Mesón	1911,48	Suministro e Instalación PANELego sandwich	3939,93
<b>Cubierta</b>	Cubierta metálica Galvalume pre pintada	1229,94	Suministro e Instalación KUBIteja Premier $e= 25\text{mm}$	1898,64
<b>Rec. de Pisos</b>	Instalación cerámica	961,04	Suministro e Instalación Piso Térmico Suministro e Instalación Piso Flotante Suministro e Instalación cerámica	3303,36
<b>TOTAL</b>		11029,19	<b>TOTAL</b>	13825,63

Fuente: Los autores.

### 4.3 VIABILIDAD LEGAL Y REGULATORIA

Se han seguido las disposiciones de las normas NEC-SE-CG para las cargas no sísmicas, NEC-SE-DS para evaluar el peligro sísmico y establecer criterios estructurales, NEC-SE-HM para el diseño en hormigón armado, NEC-SE-AC para estructuras de acero, y NEC-SE-GC para geotecnia y cimentaciones. En cuanto al análisis estructural estático, se ha verificado que el valor de cortante basal estático supera el valor mínimo establecido por la norma, siendo este último de 342.10 Kg, mientras que el cortante basal estático obtenido es de 342.20 Kg, lo cual asegura un adecuado comportamiento sísmico de la vivienda. Además, se ha realizado un análisis dinámico espectral para evaluar las cargas sísmicas, cumpliendo con los criterios dictados por la NEC-SE-DS. Por ejemplo, el cortante basal dinámico mínimo para los ejes "X" y "Y" es mayor que 273.68 Kg, siendo el valor de 276.28 Kg para el eje "X" y 273.69 Kg para el eje "Y".

La revisión de las derivas admisibles, de acuerdo a la normativa NEC-SE-DS, muestra que los desplazamientos máximos y las derivas elásticas e inelásticas de la estructura cumplen con los límites permitidos por la norma. Es decir, se ha obtenido un desplazamiento máximo del 0.45% en el sentido "X" y del 0.26% en el sentido "Y", valores que están por debajo del límite máximo permitido del 2.00%. En cuanto a la cimentación, se ha llevado a cabo una revisión detallada según lo establecido en la NEC-SE-GC, asegurando que la capacidad portante del suelo y las presiones máximas en la cimentación estén dentro de los límites permisibles. En otras palabras, la capacidad portante del suelo se considera de  $q_{adm} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que las presiones máximas en la cimentación no superan los  $0.54 \text{ kg/cm}^2$ .

### 4.4 VIABILIDAD TEMPORAL

Al analizar el tiempo necesario para completar todas las actividades constructivas al 100%, se destaca una significativa disparidad entre ambos sistemas. La construcción tradicional requiere un total de 7 semanas para finalizar todas las etapas, mientras que el sistema prefabricado solo necesita 4 semanas. Además, la Tabla 4 muestra que en el sistema prefabricado es posible llevar a cabo más actividades simultáneamente en comparación con el método tradicional. Por ejemplo, durante la semana 3 (S3), el MIDUVI solo logra ejecutar la primera etapa de la envolvente en el sistema tradicional, mientras que, en el prefabricado, durante la misma semana, se completan 7 actividades: el acabado de la envolvente, el revestimiento de paredes y pisos, la instalación de la cubierta, eléctricas, agua potable y sanitarias.

Tabla 4. Costos concordantes entre los dos sistemas constructivos

Actividad	MIDUVI							Prefabricado			
	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)	S5 (%)	S6 (%)	S7 (%)	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)
Trabajos preliminares	100							100			
Estructura	50	50							100		
Envolvente			50	50					50	50	
Rec. Paredes				100						100	
Rec. Pisos				100						100	
Cubierta					100				50	50	
Aluminio y vidrio							100				100
Carpintería metálica						100					100
Puertas							100				100
Instalaciones Eléctricas						50	50			100	
Instalaciones Agua Potable		50			50			50		50	
Instalaciones Sanitarias		50					50	50		50	
Instalaciones Aguas Lluvias							100				100
Aparatos Sanitarios							100				100

Fuente: Los autores.

#### 4.5 SUSTENTABILIDAD DE LA PROPUESTA

A continuación, en la Tabla 5 se presenta una comparativa de criterios de sustentabilidad entre el MIDUVI con la construcción tradicional y el sistema prefabricado.

Tabla 5. Comparación de sustentabilidad de ambos sistemas constructivos

Criterio	MIDUVI	Prefabricado
Ciclo de vida de los productos	Envolvente – No se puede reutilizar una vez instalado Pliuretano – Resistencia estándar, sin propiedades ante el fuego y genera mucho humo en caso de un siniestro	Envolvente: Reusable entre un 60 – 90% luego de ser instalado Poliisocianurato (kutermino) – 25% más resistente que poliuretano, cumple con normas ASTM E84 contra incendios, genera poco humo en caso de un siniestro
Reducción de residuos	Envolvente – Uso de bloques de hormigón: <ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de corte durante la instalación</li> <li>Residuos de bloques quebrados</li> <li>Residuos por demolición</li> <li>Residuos de embalaje</li> <li>Residuos de mortero tradicional</li> </ul> Pliuretano – Genera residuos de corte al adaptar a la forma de la cubierta, en caso de pintar o dar recubrimiento anticorrosivo, genera residuos plásticos, derrames de pintura y partículas aerosoles.	Envolvente – Uso de bloques de paneles prefabricados: <ul style="list-style-type: none"> <li>No generan residuos o generan pocos residuos de corte pues están hechos a la medida</li> <li>Se usa un mortero adhesivo que no necesita agregados lo que disminuye los residuos</li> </ul> Poliisocianurato (kutermino) – No genera residuos al llegar con medidas exactas desde la fábrica completamente recubierto y listo para instalar.
Peligro ambiental	El uso de bloques de hormigón en la envolvente de construcciones puede tener impactos negativos en el medio ambiente. La generación de residuos peligrosos, como derrames de productos químicos, puede afectar al suelo, aire y agua. Además, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero debido a la falta de eficiencia térmica, lo que aumenta la necesidad de calefacción y, por ende, el consumo de energía.	Las características de aislamiento térmico y acústico, bajo peso, rapidez de instalación, resistencia al fuego y a la humedad, junto con el ahorro en agua y transporte, bajo desperdicio y alto porcentaje de reúso hacen que sea una opción ecoeficiente. Además, bajo pedido del cliente, se puede incorporar material reciclado triturado como PET, PVC o ABS al hormigón, lo que aumenta aún más su sostenibilidad.
	Pliuretano – contiene HCFC (hidroclorofluorocarbonos) nocivos para el medio ambiente	Poliisocianurato (kutermino) – Usa el cilo pentano que no afecta la capa de ozono y no contiene HCFC, el sistema usa

Fuente: Los autores.

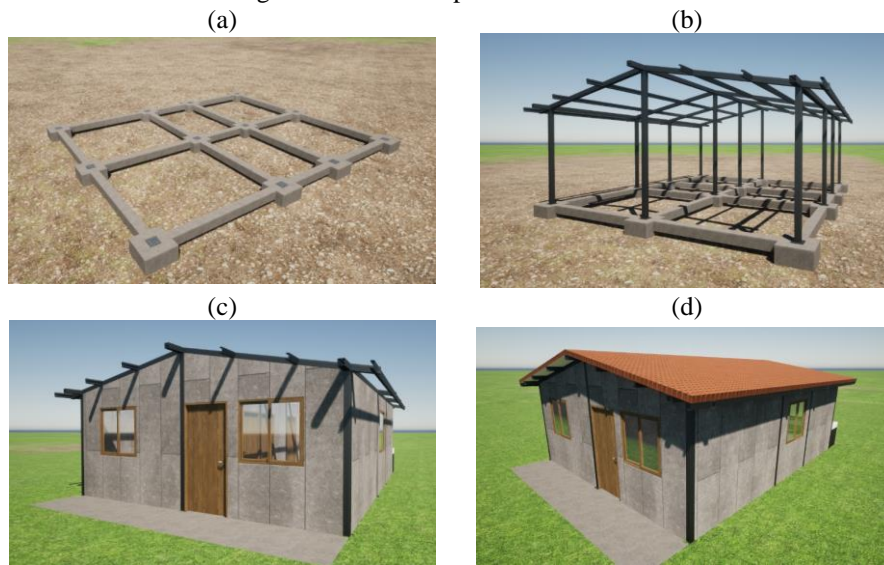
Como se observa en la Tabla 5, se destaca que tanto el envoltivo como la cubierta prefabricada muestran ventajas significativas. Por ejemplo, el panel tipo sándwich alcanza hasta un 90% de reusabilidad, mientras que el kutérmico es un 25% más resistente y cumple con normas ASTM E84 contra incendios, características que los materiales del sistema tradicional no poseen. En cuanto a la reducción de residuos, los bloques de hormigón generan múltiples tipos de residuos durante la instalación y demolición, los paneles prefabricados están diseñados a medida, lo que minimiza los residuos de corte. Además, el uso de un mortero adhesivo sin agregados contribuye aún más a la reducción de residuos. Por otro lado, el poliisocianurato (kutérmico) utilizado en los paneles prefabricados no genera residuos, ya que llega a la obra completamente recubierto y listo para instalar.

En relación con el peligro ambiental, el uso de bloques de hormigón en la construcción convencional puede generar residuos peligrosos y contribuir a la contaminación del suelo, aire y agua, así como a las emisiones de gases de efecto invernadero debido a su baja eficiencia térmica. En contraste, el sistema prefabricado ofrece características ecoeficientes, como aislamiento térmico y acústico, bajo peso, rápida instalación y resistencia al fuego y la humedad, lo que lo convierte en una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

#### 4.6 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se ilustra en la Figura 4 el procedimiento de construcción asociado a la VIS utilizando materiales prefabricados que inicia con la instalación de la losa, conformación de la estructura, colocación de envoltivos, techo y acabados.

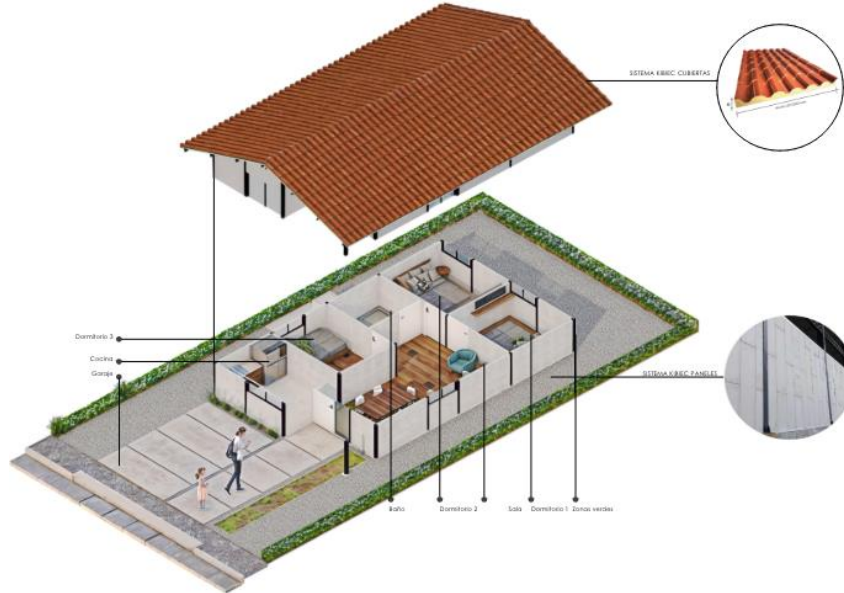
Figura 4. Rrender de proceso constructivo.



Fuente: Los autores.

Asimismo, en la Figura 5 y Figura 6 se muestra un render de la distribución de los espacios y el posible aspecto de la vivienda.

Figura 5. Render de disposición de espacios



Fuente: Los autores.

Figura 6. Render de aspecto final de la VIS



Fuente: Los autores.

#### 4.7 DISCUSIÓN

Los resultados indican que las viviendas prefabricadas cumplen con los estándares técnicos requeridos para ser consideradas una VIS, según las normativas del MIDUVI. Esto se refleja en la equiparación de áreas y distribución de espacios. Además, el uso de materiales prefabricados ofrece ventajas destacadas, como la preparación previa para el montaje y un menor peso en comparación con los materiales tradicionales. Esto no solo acelera el proceso constructivo y reduce costos laborales, también

mejora el confort térmico y acústico, potencialmente beneficiando la calidad de vida de los residentes. En cuanto al aspecto legal y regulatorio, las viviendas prefabricadas cumplen con la normativa ecuatoriana de construcción en lo que respecta al comportamiento sísmico, cortantes y capacidad portante. Esto garantiza que se cumplan fielmente con los requisitos establecidos a nivel nacional, proporcionando seguridad y confianza en el cumplimiento de las normas y regulaciones pertinentes.

Los hallazgos de este estudio concuerdan con la investigación de Thapa y Pasang (2023) quienes también encontraron que la construcción prefabricada ofrece ventajas significativas en estándares técnicos, montaje y acabados. Los componentes prefabricados son fabricados con precisión y consistencia, lo que asegura un cumplimiento óptimo de los estándares. El montaje en el sitio es más rápido debido a la prefabricación de los componentes, acelerando el proceso constructivo. Los acabados suelen ser de alta calidad, mejorando la estética y reduciendo errores. Además, la construcción prefabricada facilita el cumplimiento de normativas de construcción, garantizando seguridad y calidad estructural.

En términos de tiempos de instalación, el sistema de construcción prefabricada supera ampliamente al sistema tradicional, reduciendo el tiempo de construcción hasta en un 42%. Esto se debe a la versatilidad de los materiales prefabricados, que llegan con dimensiones específicas y listos para su instalación, lo que permite la realización de múltiples actividades de forma simultánea. Esto se puede comparar con la investigación de Vivero y Macias (2022), quienes realizaron un análisis de factibilidad de las VIS en las zonas rurales de Manabí, Ecuador y encontraron que el uso de elementos prefabricados aceleró la instalación de envolventes de las viviendas reduciendo en un 50%.

El enfoque en la sustentabilidad de la propuesta resalta la superioridad de los materiales prefabricados frente al sistema tradicional en varios aspectos clave, desde el ciclo de vida de los productos hasta la reducción de residuos y el menor impacto ambiental. Este cambio hacia la prefabricación no solo implica un aumento en los costos asociados de las viviendas, también una inversión en la eficiencia a largo plazo. Esto concuerda con Chippagiri *et al.* (2023) quienes evaluaron la sustentabilidad de los sistemas prefabricados y encontraron que el nivel de contaminación de los paneles tipo sándwich tiene un menor índice de emisiones de gases contaminantes, generan menos residuos y su proceso de implementación de material reciclado mejora la reutilización y ciclo de vida de sus componentes.

Aunque el sistema constructivo prefabricado puede requerir una inversión inicial mayor, los beneficios en términos de tiempo de ejecución, eliminación de residuos, confort térmico y cumplimiento normativo justifican plenamente este incremento, asegurando la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de los proyectos de vivienda de interés social.

Los resultados obtenidos sugieren importantes implicaciones prácticas para la planificación y ejecución de proyectos de vivienda social. La implantación de viviendas prefabricadas podría ofrecer una

solución en términos de eficiencia y reducción de tiempos de construcción, aumentando así el número de viviendas construidas en un plazo determinado. Además, el uso de materiales prefabricados ofrece beneficios adicionales como una mejor calidad de construcción, reducción de residuos y mayor comodidad para los ocupantes. Estas ventajas podrían tener un impacto positivo en la mejora de la calidad de vida de las comunidades de bajos ingresos y la optimización de los recursos destinados a la construcción de viviendas sociales.

Una limitación significativa de esta investigación radica en el hecho de que solo se consideraron los costos y características proporcionados por una única empresa proveedora de materiales prefabricados en Ecuador, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Es importante reconocer que distintas empresas pueden ofrecer precios y características diferentes, lo que podría influir en la viabilidad económica y técnica de las viviendas prefabricadas. Además, los costos de las viviendas construidas por el MIDUVI actualmente se determinan a través de procesos de contratación pública, lo que implica que los precios pueden variar dependiendo de la empresa constructora que resulte adjudicada en el proceso, lo cual también puede impactar en los resultados obtenidos.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar más a fondo las implicaciones socioeconómicas y ambientales de la implementación de viviendas prefabricadas en contextos de interés social, considerando diferentes modelos de negocio y estrategias de financiamiento para hacer que estas viviendas sean más accesibles para la población. Además, sería beneficioso realizar estudios comparativos a largo plazo que evalúen el rendimiento y la durabilidad de las viviendas prefabricadas en comparación con las construcciones tradicionales, así como investigar sobre tecnologías emergentes y materiales innovadores que puedan mejorar aún más la sostenibilidad y eficiencia de estas viviendas.

## 5 CONCLUSIÓN

La adopción de materiales prefabricados en la construcción de viviendas de interés social presenta una alternativa viable y prometedora en términos de eficiencia y sostenibilidad. Los diseños constructivos regulados por el MIDUVI garantizan la adecuación a estándares de interés social, mientras que la introducción de materiales prefabricados, como los paneles tipo sándwich y el kutérmico, ofrece ventajas significativas en términos de reducción de peso, rapidez de instalación y mejora del confort térmico. Esta transición hacia métodos constructivos más eficientes y ecológicamente amigables representa un paso adelante hacia la construcción de viviendas más sostenibles y accesibles para comunidades marginadas.

La evaluación de la viabilidad legal y regulatoria revela que el diseño y la construcción de las viviendas han seguido estrictamente las disposiciones de las normativas ecuatorianas establecidas, que regulan diversos aspectos de la construcción, desde las cargas no sísmicas hasta la cimentación y las

estructuras de acero. Los análisis estáticos y dinámicos realizados para evaluar el comportamiento sísmico de las viviendas han arrojado resultados satisfactorios, demostrando que cumplen con los requisitos de seguridad establecidos por la normativa.

La viabilidad temporal se ve claramente favorecida por el sistema prefabricado, que reduce significativamente el tiempo de construcción y permite la realización simultánea de múltiples actividades. Esta eficiencia temporal lo posiciona como una opción más rápida y efectiva en comparación con la construcción tradicional.

La propuesta del sistema prefabricado muestra claras ventajas en términos de sustentabilidad en comparación con la construcción tradicional respaldada por el MIDUVI. Los materiales prefabricados ofrecen una notable reducción de residuos y una mayor eficiencia en el uso de recursos, destacando su capacidad para cumplir con estándares de seguridad y normativas contra incendios. Además, el enfoque ecoeficiente del sistema prefabricado minimiza los impactos ambientales negativos asociados con la construcción convencional, ofreciendo una alternativa más sostenible y respetuosa con el entorno.

En cuanto al confort habitacional, el sistema propuesto incluye un piso radiante que, combinado con los paneles con incrustaciones poliméricas y un tejado recubierto con cuatro capas de material de baja conductividad térmica, asegura un mayor confort térmico para los ocupantes. Esto es especialmente relevante en zonas como Azuay, Ecuador, donde la calefacción representa un desafío constante para las familias de bajos recursos. Este aspecto no ha sido completamente abordado por el sistema de construcción convencional en el contexto de las viviendas de interés social.

En términos de viabilidad económica, es importante destacar que el sistema de construcción convencional inicialmente demanda una inversión menor en comparación con la propuesta utilizando materiales prefabricados, con una diferencia de \$2,796.44. Sin embargo, al ponderar todos los beneficios adicionales en términos de confort, seguridad, estética, eficiencia en la instalación y sostenibilidad a largo plazo que ofrece el enfoque de las viviendas prefabricadas, resulta evidente que este costo adicional está plenamente justificado.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

## REFERENCIAS

- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Bohorque Santillán, N., & Tocto Jacho, E. (2017). *Estudio de viviendas prefabricadas para el cantón Guayaquil, aplicando el Marketing Social* [bachelorThesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16416>
- Calderón, R. A. C. (2022). Vivienda prefabricada para trabajadores en las plantaciones en américa central entre 1850-1930. *REICIT*, 2(1), Article 1. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICIT/article/view/3063>
- Campos Guzmán, C. F. (2021). *Diseño de sistema constructivo prefabricado para combatir el déficit habitacional y la pobreza energética en Valdivia: Incorporación de estrategias de flexibilidad y modularidad en la arquitectura a través del diseño prefabricado*. <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ARQ/58551>
- Chippagiri, R., Biswal, D., Mandavgane, S., Bras, A., & Ralegaonkar, R. (2023). Life Cycle Assessment of a Sustainable Prefabricated Housing System: A Cradle-to-Site Approach Based on a Small-Scale Experimental Model. *Buildings*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/buildings13040964>
- Corte constitucional del Ecuador. (2023). *Decreto ejecutivo No 405*. República del Ecuador. <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/04/Decreto-Ejecutivo-Nro.-405-Reglamento-de-Vivienda-de-Interes-Social-e-Interes-Publico.pdf>
- Domínguez, K., Morejón, J., & Rodas, A. (2020). *Segregación en los conjuntos habitacionales en la periferia de la ciudad de cuenca, ecuador | diseño arte y arquitectura*. <https://doi.org/10.33324/daya.v1i7.250>
- García, M. G. C., Castro, C. J. C., & Calle, M. Á. (2024). Propuesta de modelo matemático para calcular el rendimiento de mano de obra en mampostería de bloque. Caso: Ciudad de Cuenca, parroquia Cañaribamba. *ConcienciaDigital*, 7(1.3), Article 1.3. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2938>
- Genovez, P., Avila-Calle, M., & Morales, D. (2021). Comparison of Hygrothermal Comfort and Life Cycle Between Recycled Plastic Block and Concrete Blocks in a Social Housing in The City of Cuenca. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1203(3), 032114. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1203/3/032114>
- Global Blocok Machines. (2020, septiembre 21). Los Pesos de los Bloques de Hormigón. *Globmac*. <https://www.globmac.com/es/los-pesos-de-los-bloques-de-hormigon/>
- Gunawardena, T., & Mendis, P. (2022). Prefabricated Building Systems—Design and Construction. En *Encyclopedia* (Vol. 2, pp. 70-95). <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010006>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Índice de pobreza por necesidades básicas insatisfechas* [Institucional]. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/NBI/NBI-FUENTE-CPV/Tabulados\\_pobreza\\_por\\_NBI.xlsx](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/NBI/NBI-FUENTE-CPV/Tabulados_pobreza_por_NBI.xlsx)

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Boletín Técnico N01-2022-ESES* (pp. 1-10). [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Encuesta\\_Edificaciones/2021/3.%202021\\_ESED\\_Boletin\\_tecnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2021/3.%202021_ESED_Boletin_tecnico.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023a). *Resultados nacionales sobre población y demografía en Ecuador* [Institucional]. Población y demografía. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-nuevo-rostro-de-azuay/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023b). *Resultados principales de Azuay* (Institucional Censo Ecuador). [https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/Info\\_Azuay.pdf](https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/Info_Azuay.pdf)
- Lima, L., Trindade, E., Alencar, L., Alencar, M., & Silva, L. (2021). Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125730. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125730>
- Liu, Z.-J., Pypłacz, P., Ermakova, M., & Konev, P. (2020). Sustainable Construction as a Competitive Advantage. *Sustainability*, 12(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/su12155946>
- Loor-Reyes, M. K., & Véliz-Parraga, J. F. (2022). Calidad de viviendas de interés social en caña guadua aplicados en el sitio Membrillar del cantón Jipijapa. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(9 Ed. esp.), Article 9 Ed. esp. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9edespab.0052>
- Mendoza-Vélez, E. E., & Ortega-Bravo, B. H. (2022). Estudio de la habitabilidad en la vivienda de interés social en la provincia de Manabí. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(9 Ed. esp.), Article 9 Ed. esp. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9edespfeb.0043>
- Mohammed, M., Shafiq, N., Abdallah, N. A. W., Ayoub, M., & Haruna, A. (2020). A review on achieving sustainable construction waste management through application of 3R (reduction, reuse, recycling): A lifecycle approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 476(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/476/1/012010>
- Naciones Unidas. (2022, noviembre 9). *Las emisiones históricas del sector de la construcción, lo alejan de los objetivos de descarbonización | Noticias ONU*. Las emisiones históricas del sector de la construcción, lo alejan de los objetivos de descarbonización. <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746475>
- SENSICO. (2020). *Norma técnica E.070 Albañilería* (Institucional RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA). <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>
- Sotomayor, C., Durán, M., Vanegas, A., Idrovo, D., Cordero, M., Avilés, J., & Rodas, A. (2023). *Análisis de habitabilidad en conjuntos residenciales de mediana altura construidos en Cuenca, Ecuador*. <https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/653>

- Thapa, B., & Pasang, S. (2023). Feasibility of prefabricated building structures in Bhutan. *Journal of Applied Engineering, Technology and Management*, 3, 10-22. <https://doi.org/10.54417/jaetm.v3i1.102>
- Vitorio Junior, P. C., Yepes, V., & Kripka, M. (2022). Comparison of Brazilian Social Interest Housing Projects Considering Sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106213>
- Vivero García, G. P., & Macias Sánchez, L. K. (2022). Estudio de factibilidad de casas prefabricadas de interés social en la zona rural del cantón Pichincha de la provincia de Manabí. *Polo del Conocimiento: Revista científico – profesional*, 7(4), 40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8482997>
- Wang, S., Wang, C., Li, W., & Zhao, D. (2021). Study on the operational efficiency of prefabricated building industry bases in Western China based on the DEA model. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(6), 446. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06798-w>
- Zhou, C., Tang, B., Ding, L., Sekula, P., Zhou, Y., & Zhang, Z. (2020). Design and automated assembly of Planetary LEGO Brick for lunar in-situ construction. *Automation in Construction*, 118, 103282. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103282>