

Artículo de Investigación

Hábitats en transformación: vivienda progresiva con materiales reciclados y eficiencia energética

Transforming habitats: progressive housing with recycled materials and energy efficiency for resilient urban environments

Ghyslaine Manzaba¹, Ricardo Valencia¹, Dayanna Balladares¹, Walter Neira¹

¹Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 090514;

ricardo.valenciar@gmail.com; dayanna.balladares@ug.edu.ec; walter.oswaldoj@ug.edu.ec

*Correspondencia: rominamanzaba97@gmail.com

Citación: Manzaba, G.; Valencia, R.; Balladares, D.; & Neira, W., (2025). Hábitats en transformación: vivienda progresiva con materiales reciclados y eficiencia energética. *Novasinerгия*. 8(2). 154-177.

<https://doi.org/10.37135/ns.01.16.09>

Recibido: 17 marzo 2025

Aceptado: 13 mayo 2025

Publicado: 02 julio 2025

Novasinerгия
ISSN: 2631-2654

Resumen: En América Latina, el crecimiento de asentamientos informales y la precariedad de las soluciones habitacionales disponibles continúan agravando el déficit cualitativo de vivienda, particularmente en contextos de vulnerabilidad urbana. Ante esta problemática, el presente artículo examina la vivienda progresiva como una estrategia integral para articular criterios de sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y participación comunitaria en núcleos espaciales habitables. La investigación se desarrolló mediante una metodología mixta que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas, incluyendo encuestas, entrevistas semiestructuradas y simulaciones digitales de desempeño térmico. El estudio de caso se centró en la Cooperativa Voluntad de Dios, en Guayaquil, donde se analizaron cuatro viviendas en el que prevalece el 85% de autoconstrucción con asistencia técnica parcial, configuraciones espaciales limitadas, acceso deficiente a servicios básicos y dinámicas de apropiación colectiva del territorio. Paralelamente, se formuló una propuesta proyectual de vivienda progresiva basada en materiales sostenibles —como caña guadua, bambú laminado y bloques de tierra comprimida— estructurada en cinco fases de crecimiento que permiten escalar desde 39 m² hasta 120 m² según las necesidades del núcleo familiar. Los resultados de simulación evidenciaron una eficiencia energética promedio de 240 kWh/m² por año, una mejora térmica de hasta 6 °C mediante estrategias bioclimáticas pasivas y un índice de reciclabilidad superior al 20%. Se concluye que la vivienda progresiva, concebida como una solución adaptable y técnicamente viable, promueve la resiliencia comunitaria y una transición efectiva hacia un desarrollo urbano más sostenible e inclusivo.

Palabras clave: Autoconstrucción asistida, Eficiencia energética, Materiales reciclables, Resiliencia comunitaria, Sostenibilidad urbana, Vivienda progresiva.

Abstract: In Latin America, the growth of informal settlements and the precarious nature of available housing solutions continue to exacerbate the qualitative housing deficit, particularly in contexts of urban vulnerability. In response to this issue, this article examines progressive housing as a comprehensive strategy to integrate environmental sustainability, energy efficiency, and community participation within habitable spatial units. The research employed a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative techniques, including surveys, semi-structured interviews, and digital thermal performance simulations. The case study focused on the Cooperativa Voluntad de Dios in Guayaquil, where four self-built homes with partial technical assistance were analyzed. These cases revealed the prevalence of 85% self-construction, spatial limitations, deficient access to basic services, and collective territorial appropriation dynamics. In parallel, a progressive housing design model was developed based on sustainable materials, such as guadua, laminated bamboo, and compressed earth blocks—structured in five stages of growth, allowing expansion from 39 m² to 120 m² in accordance with household needs. Simulation results showed an average energy efficiency of 240 kWh/m² per year, a thermal improvement of up to 6 °C through passive bioclimatic strategies, and a recyclability index exceeding 20%. It is concluded that progressive housing, conceived as an adaptable and technically feasible solution, fosters community resilience and supports a meaningful transition toward more sustainable and inclusive urban development.

Keywords: Assisted self-construction, Energy efficiency, Recyclable materials, Community resilience, Urban sustainability, Progressive housing.



Copyright: 2025 derechos otorgados por los autores a Novasinerгия.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia de Creative Commons Attribution (CC BY NC).

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

El crecimiento acelerado de asentamientos informales en América Latina ha generado desafíos significativos en la planificación urbana y la sostenibilidad ambiental. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por implementar programas de vivienda de interés social (VIS), persisten problemas relacionados con la calidad constructiva y la adaptabilidad de estas viviendas a las necesidades cambiantes de las familias [1]. En Ecuador, una parte considerable de la población urbana reside en viviendas autoconstruidas, reflejando una tendencia hacia soluciones habitacionales progresivas que responden a las limitaciones de los programas oficiales de vivienda [2].

La vivienda progresiva se ha propuesto como una estrategia arquitectónica que permite la expansión modular de las viviendas según las necesidades de cada familia, utilizando materiales reciclables y técnicas de construcción sostenibles. Esta aproximación no solo aborda el déficit habitacional, sino que también promueve la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono en entornos urbanos [3]. Sin embargo, existen brechas en el conocimiento relacionadas con la implementación efectiva de materiales reciclables en la construcción de viviendas sociales y su impacto en la eficiencia energética. Investigaciones recientes han explorado el uso de materiales regionales como aislantes térmicos, pero se requiere una evaluación más exhaustiva de su aplicabilidad en diferentes contextos urbanos [4], [5]. Además, las políticas públicas aún no han incorporado plenamente estas estrategias en los programas de VIS, lo que limita su adopción a gran escala [6].

Este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de un modelo de vivienda progresiva (Figura 1) que incorpore materiales reciclables y estrategias de eficiencia energética, adaptado a las necesidades de las comunidades de bajos recursos en Guayaquil, Ecuador. Se busca determinar cómo la integración de estos elementos puede mejorar la calidad de vida de los habitantes y contribuir a la sostenibilidad urbana, donde, los asentamientos informales en América Latina representan uno de los mayores desafíos estructurales para la planificación urbana, el acceso a infraestructura básica y la garantía de condiciones dignas de habitabilidad. Estas áreas, marcadas por el crecimiento desordenado, la carencia de regulación y la informalidad del suelo, han emergido como una respuesta de facto ante la insuficiencia de vivienda asequible en ciudades que experimentan una expansión acelerada [1], [7]. En este contexto, la autoconstrucción, en sus diversas modalidades, se ha convertido en el mecanismo predominante de producción del hábitat urbano, articulado a procesos de exclusión económica, desigualdad territorial y limitaciones institucionales, sustentado en las fichas de observaciones recopiladas por el trabajo de [2].

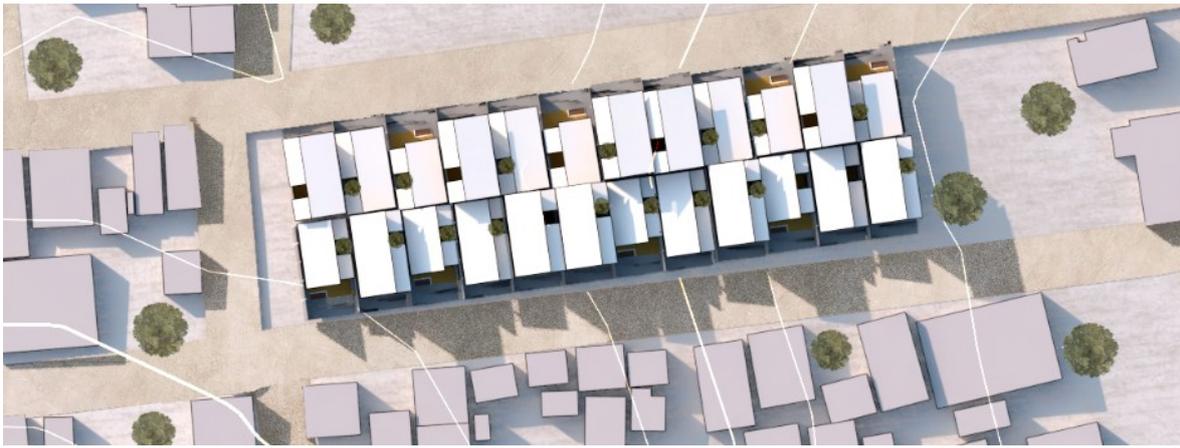


Figura 1. Implantación de prototipos de viviendas en diferentes fases de crecimiento progresivo en la Cooperativa Voluntad de Dios, Monte Sinaí [2].

En el Ecuador, como parte de esta tendencia regional, enfrenta un profundo déficit habitacional tanto cuantitativo como cualitativo. Según la CEPAL, en el año 2019 el país se encuentra entre los de mayor proporción de población asentada en áreas informales, junto con Haití, Bolivia, Perú y Guatemala [8]. A esta situación se suma la limitada efectividad de los programas públicos de vivienda social, los cuales, si bien han contribuido a ampliar la cobertura, también han sido objeto de críticas por sus bajos estándares de calidad constructiva, la estandarización de modelos no contextualizados y su escasa capacidad de adaptación a las necesidades reales de las familias [1], [8]. Como resultado, ha proliferado un sentimiento de desconfianza hacia las soluciones estatales formales, favoreciendo la consolidación de estrategias de autogestión y progresividad habitacional [2].

Uno de los casos más representativos de este fenómeno es el sector de Monte Sinaí, en la ciudad de Guayaquil. Desde la década de 1990, la expansión urbana en esta zona ha estado marcada por la ocupación irregular de terrenos en la periferia, con un crecimiento que ha abarcado más de 30 kilómetros a lo largo de la vía Perimetral [9]. Para 2017, Monte Sinaí albergaba aproximadamente 133.000 habitantes, distribuidos en 39 cooperativas no regularizadas, lo que lo convierte en el asentamiento informal más grande del país [10]. La situación actual del territorio evidencia condiciones de alta precariedad: viviendas sin legalización, acceso limitado a servicios básicos, déficits en infraestructura y una presión significativa sobre ecosistemas estratégicos como el Bosque Protector Cerro Blanco [10].

Las principales problemáticas que enfrentan estos asentamientos incluyen: deficiencias estructurales de las viviendas, muchas de ellas construidas con materiales precarios sin asistencia técnica ni criterios de sostenibilidad [11]; acceso limitado a servicios como agua potable, alcantarillado y electricidad [12]; falta de planificación urbana, lo que genera fragmentación territorial, hacinamiento y ausencia de conectividad con el resto de la ciudad [13]; y afectaciones ambientales generadas por la urbanización no planificada, con impactos negativos sobre zonas de conservación [10].

En este escenario, la vivienda progresiva se plantea como una alternativa pertinente, al permitir una expansión gradual en función de la evolución del núcleo familiar y sus capacidades económicas. Además, la incorporación de materiales reciclables y estrategias bioclimáticas representa una oportunidad para mejorar el desempeño energético y

ambiental de las viviendas, contribuyendo a reducir la huella de carbono del entorno construido [3], [5], [14]. No obstante, la implementación efectiva de este modelo requiere no solo de una propuesta arquitectónica adecuada, sino también de una comprensión profunda del contexto social, territorial y constructivo.

Este estudio tiene como propósito evaluar la viabilidad técnica, ambiental y social de un modelo de vivienda progresiva adaptado a las condiciones de Monte Sinaí, integrando materiales sostenibles, criterios de eficiencia energética y metodologías participativas. Se espera que los hallazgos contribuyan al fortalecimiento de políticas habitacionales inclusivas, resilientes y sostenibles, en concordancia con los objetivos de desarrollo urbano planteados por la Agenda 2030 y las normativas nacionales de construcción [2], [13].

2. Metodología

La presente investigación se fundamenta en un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas con el propósito de alcanzar una comprensión integral de las dinámicas socioespaciales, constructivas y energéticas en el contexto de estudio, lo que permitió correlacionar datos empíricos obtenidos mediante trabajo de campo con análisis digitales y modelado predictivo, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos [15], [16]. Para garantizar un procedimiento estructurado y replicable, el estudio se desarrolló en cinco fases principales.

2.1. *Revisión de literatura y análisis de contexto*

El desarrollo de soluciones habitacionales sostenibles en contextos informales exige una comprensión integral del territorio, en tanto espacio físico y construcción social. En este sentido, el análisis de contexto se basó en una revisión de literatura especializada y en el levantamiento sistemático de información in situ, con el objetivo de identificar las condiciones socioculturales, físicas y normativas que inciden en la habitabilidad del sector. Siguiendo el enfoque metodológico propuesto por [17], se adoptó una matriz de análisis que considera dimensiones físico-bióticas, de organización espacial y de apropiación social del entorno como elementos esenciales para el diseño arquitectónico en entornos urbanos vulnerables.

La revisión de literatura permitió establecer un marco teórico sobre vivienda progresiva, resiliencia urbana, eficiencia energética y uso de materiales sostenibles en el contexto latinoamericano [3], [5], [14]. Estos enfoques coinciden en resaltar la importancia de integrar criterios de adaptabilidad, eficiencia térmica y reciclabilidad de materiales en la vivienda de interés social, especialmente en asentamientos informales donde predominan procesos de autoconstrucción no asistida [18].

En el caso específico de la Cooperativa Voluntad de Dios (Guayaquil), se realizó un análisis contextual a partir del diagnóstico territorial, socioeconómico y tipológico del sector, identificando la alta homogeneidad en la morfología de las parcelas (Figura 2), la recurrencia de soluciones habitacionales de tipo autoconstruido, y la falta de infraestructura básica como agua potable, alcantarillado y servicios urbanos complementarios [2]. Estas

condiciones no solo afectan la calidad de vida de los habitantes, sino que limitan las posibilidades de consolidación urbana formal en el largo plazo.

El análisis territorial se articuló mediante fichas de observación aplicadas a una muestra representativa del área de viviendas de 14 manzanas, equivalentes al 10% del total del área urbana delimitada, complementadas con sistemas de información geográfica (QGIS) y simuladores de eficiencia energética (Autodesk Insight), además de observación directa y evaluación cualitativa de los usos del suelo. A partir de estas herramientas, fue posible identificar los patrones de densidad y ocupación predominantes, las condiciones de vulnerabilidad constructiva y la orientación solar de los predios. La configuración morfológica homogénea de las parcelas, con dimensiones promedio de 7 m de frente por 20 m de fondo, común en toda la cooperativa, también permitió establecer parámetros para la organización volumétrica de la propuesta arquitectónica.

En suma, este apartado metodológico articula la revisión conceptual con el análisis empírico del contexto, sentando las bases para una propuesta de vivienda progresiva con pertinencia territorial. La triangulación entre datos primarios y referencias bibliográficas permitió no solo sustentar técnicamente el diagnóstico, sino también abordar críticamente la desconexión entre las soluciones habitacionales estandarizadas y las dinámicas sociales de producción del hábitat en Monte Sinaí.



Figura 2. Imagen urbana de la Cooperativa Voluntad de Dios, Monte Sinaí [2].

2.2. Observación y levantamiento de datos en el sector de estudio

El levantamiento de información en la Cooperativa Voluntad de Dios se estructuró a partir de una estrategia metodológica mixta orientada a captar la complejidad del fenómeno habitacional en contextos informales. Para ello, se integraron tres instrumentos principales: fichas de observación arquitectónica, encuestas estructuradas a la población y entrevistas semiestructuradas con actores clave.

Las fichas de observación técnica permitieron registrar información cualitativa sobre morfología edilicia (Figura 3), materialidad, ocupación del lote y adaptaciones funcionales de las viviendas. Este instrumento se construyó con base en criterios de análisis urbano-arquitectónico propuestos por [17], centrados en dimensiones físico-bióticas, estructurales y de apropiación espacial. A diferencia del diagnóstico territorial general, este instrumento se orientó a evaluar tipologías constructivas predominantes y la configuración de los espacios habitables a escala de vivienda.

En paralelo, se aplicaron 374 encuestas estructuradas a jefes de hogar del sector, con el objetivo de identificar características demográficas, prácticas de autoconstrucción, condiciones de tenencia y percepciones sobre habitabilidad y servicios básicos. Este levantamiento cuantitativo fue complementado con entrevistas semiestructuradas a técnicos municipales, líderes comunitarios y residentes, lo cual aportó una comprensión más profunda del contexto normativo, constructivo y social.



Figura 3. Viviendas existentes en sitio de estudio [2].

Como parte del enfoque de estudio de casos, se seleccionaron cuatro modelos de vivienda existentes (Figura 4) dentro de la Cooperativa para su análisis comparativo. Los criterios de selección incluyeron: (i) antigüedad superior a cinco años, (ii) configuración arquitectónica completa y habitable, (iii) diversidad de materialidad y grado de consolidación estructural, y (iv) representatividad de núcleos familiares con distintos tamaños (entre 4 y 7 personas). Estas viviendas constituyen un ejemplo típico del proceso de autoconstrucción asistida en el sector, con intervenciones progresivas que ilustran tanto los límites como las potencialidades de este modelo constructivo.

Los datos obtenidos fueron sistematizados mediante herramientas digitales (QGIS, Excel) y contrastados con los resultados proyectuales obtenidos en la simulación de la propuesta de vivienda progresiva, permitiendo una lectura comparativa entre lo existente y lo proyectado, desde una perspectiva funcional, energética y espacial.



Figura 4. (izquierda a derecha) Levantamientos a partir de metodología BIM de viviendas sociales 1. Caso MIDUVI 2. Casa Valle 3. Casa Ruth 4. Casa Maritza [2].

2.3. Análisis de materialidad y reciclabilidad

El análisis de materialidad y reciclabilidad se planteó como una fase metodológica clave para evaluar la sostenibilidad técnica y ambiental de las soluciones constructivas utilizadas en las viviendas del sector de estudio, así como aquellas propuestas en el modelo de vivienda progresiva. Este análisis tuvo como base el levantamiento físico de los sistemas

constructivos predominantes en la Cooperativa Voluntad de Dios, considerando aspectos como la resistencia estructural, el tipo de componentes empleados, la disponibilidad de materiales en el mercado local, su costo estimado y, especialmente, su potencial de reutilización y reciclaje.

Para la caracterización se aplicó un formato comparativo de capas constructivas (Figura 5), el cual permitió clasificar los materiales en función de su reciclabilidad, diferenciando entre aquellos con potencial de recuperación y los que implican mayor generación de residuos no reutilizables.

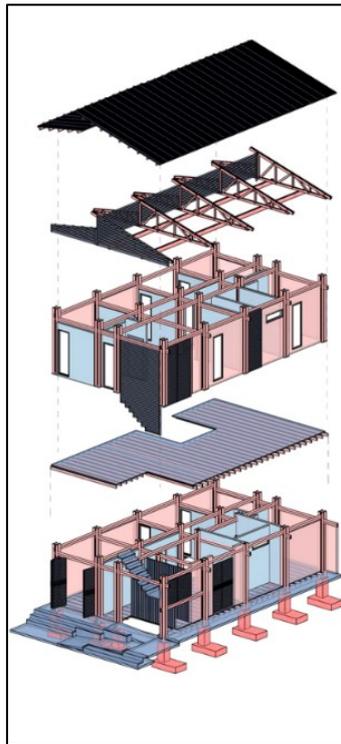


Figura 5. Axonometría de prototipo de vivienda progresiva [2].

La información fue sistematizada mediante una matriz cuantitativa (Tabla 1), en la que se integraron datos del peso estimado de materiales reciclados y no reciclados por componente constructivo, conforme a criterios adoptados de [18] y adaptados a la realidad ecuatoriana [2].

Tabla 1. Formato base para el cálculo de material reciclado a aplicar en los casos de estudio.

Capas constructivas	Material Reciclado (kg)	Material no Reciclado (kg)	% de Reciclabilidad
Acondicionamiento y cimentación			
Estructura			
Fachadas			
Cubiertas			
Aislantes e Impermeabilizantes			
Particiones Interiores			
Revestimientos			
TOTAL	kg	Kg	%

Asimismo, se adoptaron indicadores como el porcentaje de reciclabilidad, entendida como el impacto ambiental asociado al ciclo de vida de los materiales de construcción. La metodología se estructuró en dos etapas: (i) el diagnóstico de las tipologías constructivas existentes mediante observación directa y fichas técnicas, y (ii) la sistematización del análisis de materiales seleccionados para la propuesta, bajo criterios de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y adaptabilidad al crecimiento modular progresivo.

Esta metodología buscó generar una base técnica que fundamente las decisiones proyectuales desde una lógica de economía circular, priorizando el uso racional de recursos y la reducción de residuos en todas las fases del ciclo de vida del edificio.

2.4. Modelado Digital y Simulaciones Energéticas

Para evaluar el desempeño energético de las viviendas en estudio, se llevó a cabo un proceso de modelado digital mediante la aplicación de herramientas BIM y simulaciones computacionales. Se generaron modelos tridimensionales detallados de los casos de estudio utilizando Autodesk Revit, permitiendo la integración de información estructural y de materiales con datos climáticos específicos del sector de Monte Sinaí. Una vez construido el modelo digital, se realizaron simulaciones energéticas en Autodesk Insight (Figura 6), con el objetivo de analizar el comportamiento térmico de los materiales seleccionados y su impacto en la eficiencia energética de las viviendas. Se evaluaron variables como la transmisión de calor a través de los cerramientos, la incidencia de la radiación solar en los espacios interiores, la ventilación cruzada y la iluminación natural, comparando indicadores clave como el consumo energético anual en kilovatios-hora (kWh/año).



Figura 6. Simulaciones energéticas en Autodesk Insight de casos de estudio levantados en Autodesk Revit [2].

2.5. Evaluación de la factibilidad constructiva, reciclabilidad y eficiencia energética del prototipo de vivienda progresiva

La propuesta proyectual se basó en un modelo de vivienda progresiva compuesto por cinco fases (Figura 7) de crecimiento, desarrolladas bajo un enfoque modular adaptable a las necesidades familiares y condiciones urbanas del entorno. La organización volumétrica responde directamente a los criterios funcionales de zonificación espacial (áreas privadas, sociales y servicios), y fue diseñada considerando las dimensiones promedio de los terrenos

presentes en la Cooperativa Voluntad de Dios, así como los patrones de ocupación observados durante el trabajo de campo.

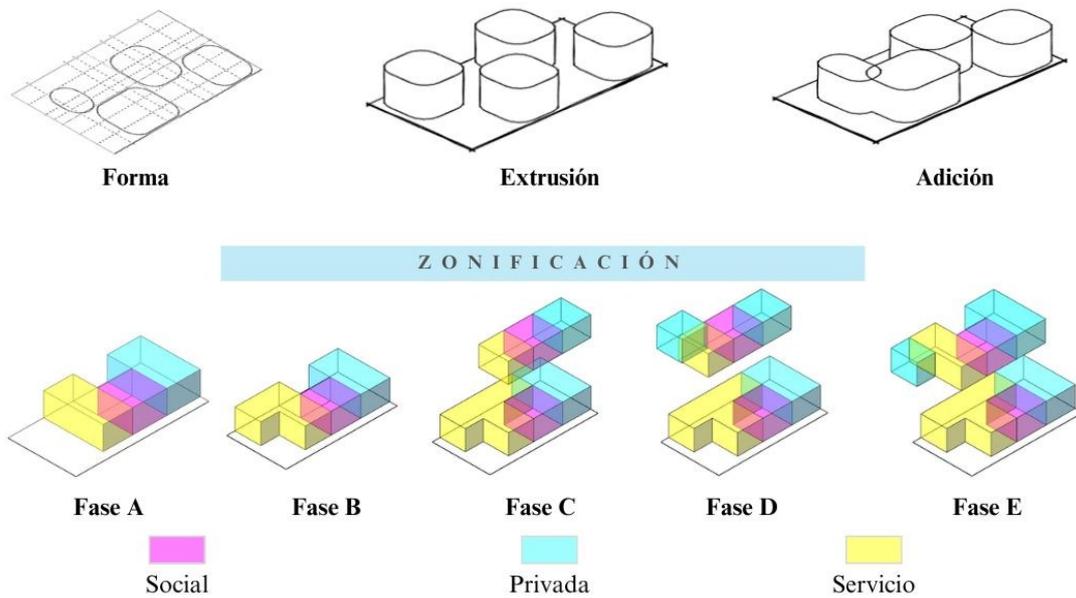


Figura 7. Zonificación progresiva de prototipo de vivienda social.

La estructuración progresiva parte de un módulo base de 39 m², que se expande hasta alcanzar 120 m² (Figura 8), siguiendo una lógica de crecimiento planificado que evita la improvisación típica de las ampliaciones informales. Este planteamiento se sustenta en el concepto rector desarrollado [2], que concibe la vivienda como una estructura evolutiva articulada a factores culturales y climáticos del sector.

La configuración formal y funcional fue validada con base en las preferencias de los propios habitantes, obtenidas a través de encuestas, que señalaron la necesidad de espacios flexibles para el desarrollo de actividades familiares y productivas. Asimismo, se incorporaron principios de sostenibilidad en el uso de materiales de bajo impacto ambiental y alta reciclabilidad, y se aplicaron criterios de eficiencia energética pasiva, cuya simulación y análisis se integraron en fases posteriores del estudio.



Figura 8. Postproducción arquitectónica de Prototipo de vivienda de interés sociales con materiales reciclables [2].

El siguiente esquema representa el flujo metodológico del estudio, estructurado en fases secuenciales que integran el análisis de contexto, la evaluación de campo, la experimentación digital y la propuesta de diseño arquitectónico (Figura 9).

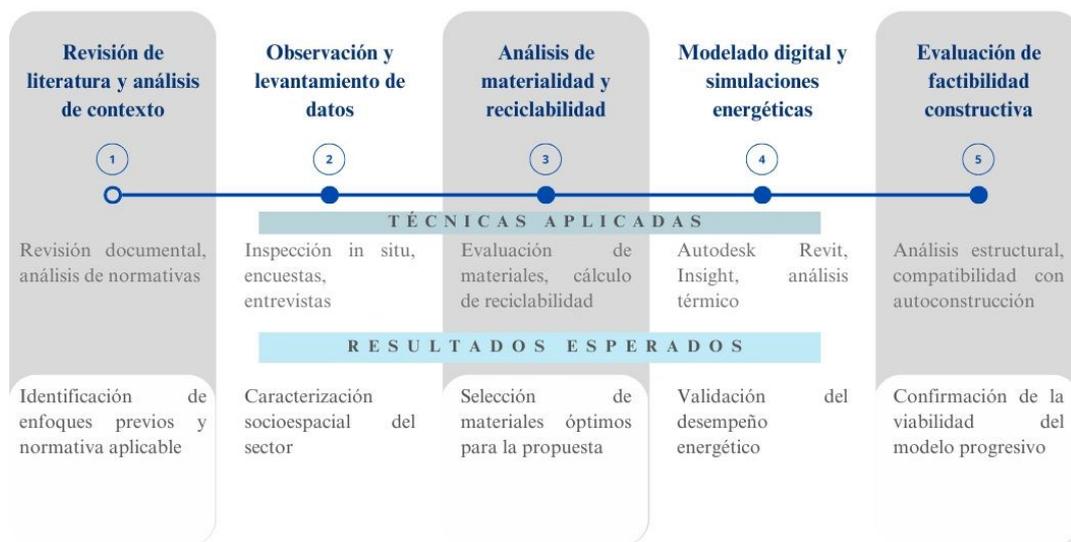


Figura 9. Fases metodológicas de la investigación realizada.

3. Resultados

3.1. Diagnóstico del Sector y Condiciones Habitacionales

Como parte del trabajo de campo realizado [2], se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a residentes de la Cooperativa Voluntad de Dios, Guayaquil. Los resultados obtenidos indicaron que el perfil predominante de los hogares está compuesto mayoritariamente por mujeres (amas de casa), reflejando una organización familiar liderada por el género femenino. Se evidenció también la presencia de familias extensas, con un

promedio de 3.8 personas por unidad de vivienda. En cuanto a la tenencia, la mayoría de las viviendas son propias, y presentan una distribución espacial típica de sala, cocina, dos dormitorios y un baño principal, adaptados progresivamente para atender las necesidades crecientes de los hogares. Respecto a las condiciones de habitabilidad, se observó que el 64% de las viviendas presenta un estado de conservación regular (Figura 10).

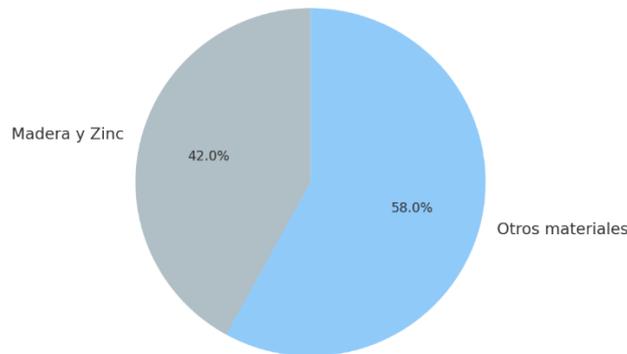


Figura 10. Distribución del uso de materiales en viviendas progresivas.

Otro hallazgo del trabajo de campo fue el incremento en las actividades productivas familiares, tales como talleres artesanales o pequeños negocios, adaptados dentro de los espacios domésticos como estrategia de resiliencia económica. Las entrevistas cualitativas corroboraron que la autoconstrucción progresiva constituye una práctica flexible y adaptativa, permitiendo a los hogares modificar sus viviendas de acuerdo con su capacidad económica y dinámica familiar. Asimismo, se destacó el fortalecimiento del tejido social a partir de dinámicas de ayuda mutua, como el préstamo de materiales y la colaboración en mano de obra.

En contraste con estos resultados empíricos, la revisión de literatura especializada evidencia fenómenos similares en otros contextos de América Latina. Por ejemplo, estudios recientes reportan que el 85% de las viviendas en asentamientos informales fueron autoconstruidas sin asistencia técnica [3], afectando su estabilidad estructural y niveles de habitabilidad.

De acuerdo con datos comparativos, en Colombia y México, las viviendas informales albergan entre 5.8 y 7.3 personas por unidad, lo que supera los estándares recomendados para una adecuada calidad de vida [19]. Esta sobreocupación genera condiciones de hacinamiento que, como documentado por [1], afectan no solo la comodidad, sino también la salud física y mental de los residentes. Asimismo, investigaciones previas advierten que la falta de planificación estructural en ampliaciones progresivas incrementa el riesgo de colapso ante eventos sísmicos [20]. Sobre el confort térmico, los asentamientos informales muestran deficiencias severas: hasta un 78% de las viviendas carece de aislamiento térmico adecuado, favoreciendo el sobrecalentamiento interno en más de 5°C respecto al exterior [1].

Diversos estudios también han planteado alternativas constructivas para mitigar estos problemas. La incorporación de materiales como caña guadua y bambú laminado ha demostrado mejorar el desempeño térmico de las viviendas progresivas sin necesidad de recurrir a climatización artificial intensiva [14]. Finalmente, se identificó que en muchos asentamientos el 42% de las viviendas son construidas con materiales de baja durabilidad,

como madera sin tratamiento o láminas de zinc [5]. La literatura sugiere que el uso de materiales tratados o reciclados, como el concreto con agregados industriales, no solo incrementa la resistencia estructural, sino que también contribuye a la sostenibilidad urbana [21].

3.2. Evaluación de Materiales Sostenibles

En el diseño de la vivienda progresiva propuesta, se evaluó la selección de materiales de construcción en función de su impacto ambiental, resistencia estructural, durabilidad y viabilidad económica. La elección consideró opciones locales de bajo costo y alto desempeño ambiental para fomentar un crecimiento progresivo adaptable a las condiciones de los asentamientos informales.

La aplicación práctica del modelo utilizó bloques de tierra comprimida para cerramientos no estructurales, caña guadua en elementos principales de soporte (Figura 11), y bambú laminado para cubiertas ligeras. El análisis de desempeño mostró que la caña guadua ofrecía flexibilidad estructural adecuada y resistencia a cargas laterales, mientras que los bloques de tierra comprimida requerían tratamientos de impermeabilización frente a la humedad propia del clima tropical de Guayaquil. Asimismo, se propuso el uso de concreto reciclado en cimentaciones y agregados de vidrio CRT en acabados secundarios, como estrategias para reducir la huella ambiental.

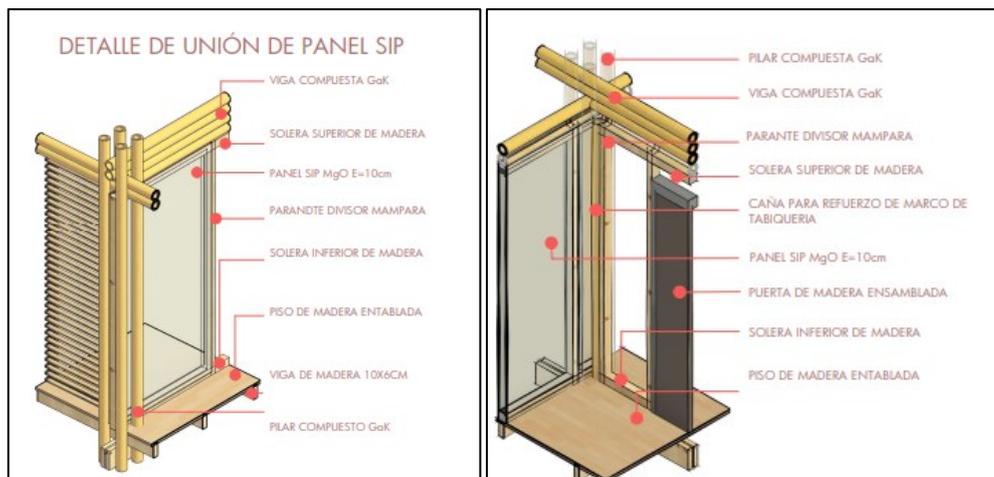


Figura 11. Estrategias modulares de diseño con caña guadua [2].

Respecto a la revisión de literatura, los bloques de tierra comprimida fueron destacados como uno de los materiales más sostenibles al reducir hasta un 60% la huella de carbono respecto al concreto convencional [4], [21]. Esta ventaja se debe a su bajo consumo de cemento y la posibilidad de utilizar materiales locales; la caña guadua, según [14], presenta un rendimiento estructural 30% superior al de la madera convencional, mostrando un excelente comportamiento ante cargas sísmicas. El bambú laminado, por su parte, alcanza resistencias de compresión de hasta 14.0 MPa, comparable a materiales metálicos ligeros, lo que lo convierte en una alternativa atractiva para viviendas en zonas de alta sismicidad [5]. En cuanto al concreto reciclado, los estudios sobre la prosperidad rural de [4] y [21] señalan que su implementación disminuye la huella de carbono en un 35% en comparación con

mezclas tradicionales, permitiendo además el aprovechamiento de residuos industriales. Por otro lado, el uso de agregados de vidrio CRT [22], mejora la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 15%, promoviendo la economía circular.

La comparación de las propiedades físicas, ambientales y económicas de los materiales se sintetiza en la Tabla 2, que muestra ventajas competitivas en huella de carbono, resistencia y reciclabilidad de alternativas como bloques de tierra comprimida, caña guadua, bambú laminado, concreto reciclado y agregados de vidrio CRT (Figura 12). Desde el enfoque económico, los bloques de tierra comprimida (\$45/m²) y la caña guadua (\$50/m²) se posicionan como las opciones más asequibles, seguidos por el bambú laminado (\$55/m²) y el concreto reciclado (\$60/m²) [21]. Sin embargo, como indican [1], el análisis económico debe considerar la durabilidad y los costos de mantenimiento: mientras que la caña guadua y el bambú adecuadamente tratados superan los 30 años de vida útil, materiales como los bloques de tierra requieren protección adicional en climas húmedos [23].

Tabla 2. Comparación de materiales sostenibles para vivienda progresiva.

Material	Huella de Carbono (kg CO ₂ /m ²)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Costo por m ² (USD)	Reciclabilidad (%)
Bloques de tierra comprimida	12.5	7.5	45	85
Caña guadua	8.0	12.0	50	90
Bambú laminado	10.2	14.0	55	95
Concreto reciclado	22.0	25.0	60	70
Agregados de vidrio CRT	15.5	20.5	48	80

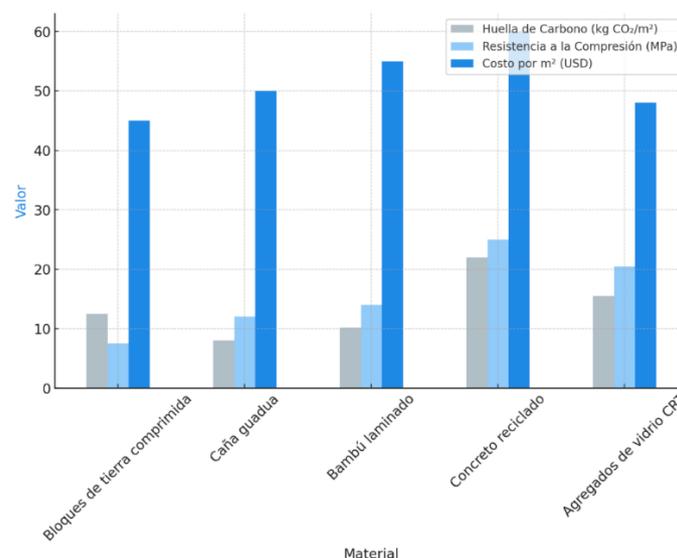


Figura 12. Comparación de materiales sostenibles para vivienda progresiva.

Además, la disponibilidad regional de materiales incide en su viabilidad: en zonas urbanas sin acceso a tierra estabilizada, el concreto reciclado representa una alternativa técnica viable para reducir el impacto ambiental de la construcción [24]. Finalmente, como señala [20], incorporar materiales naturales y reciclados no sólo mejora el comportamiento térmico y estructural de la vivienda progresiva, sino que también fomenta la resiliencia ambiental a largo plazo.

En síntesis, la experiencia aplicada en el prototipo de vivienda, complementada con la evidencia de literatura reciente, demuestra que la selección adecuada de materiales sostenibles es fundamental para alcanzar soluciones de vivienda social resilientes, accesibles y ambientalmente responsables.

3.3. Impacto Energético y Bioclimático

En el modelo de vivienda progresiva diseñado, se realizó un análisis térmico para evaluar el impacto de diferentes estrategias de aislamiento y ventilación en el confort interior y el consumo energético. Se estudiaron tres configuraciones: vivienda sin aislamiento, vivienda con aislamiento parcial (en techo y paredes exteriores) y vivienda con diseño bioclimático completo (que incluye ventilación cruzada y aislamiento en todas las superficies).

Los resultados propios mostraron que una vivienda sin aislamiento térmico alcanza una temperatura interior promedio de 33.5°C en horas pico. La incorporación de aislamiento parcial permitió reducir la temperatura interior a 30.1°C, mientras que el diseño bioclimático integral disminuyó aún más la temperatura promedio hasta 27.5°C (Figura 13). Estas diferencias evidencian que el uso combinado de aislamiento y ventilación pasiva puede generar una reducción de hasta 6°C en la temperatura interior, mejorando significativamente el confort térmico y reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de climatización.

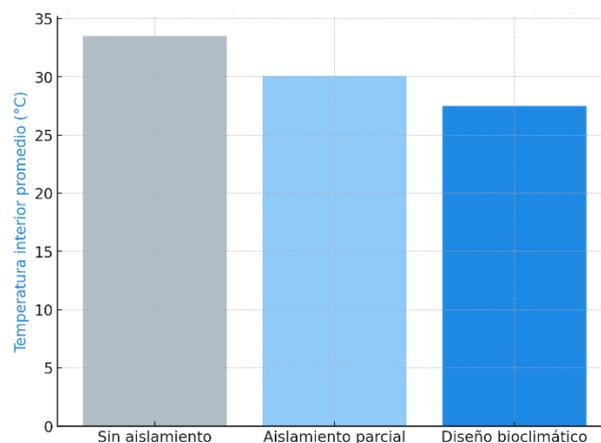


Figura 13. Comparación de temperatura interior en viviendas progresivas.

De acuerdo con los datos de simulación, se estima que la aplicación de diseño bioclimático puede reducir el consumo energético destinado a climatización en un 35%, en comparación con una vivienda sin aislamiento, representando así una estrategia efectiva de ahorro para familias de bajos ingresos.

Estos resultados empíricos se encuentran en consonancia con la revisión de literatura especializada. Según [1], la ventilación cruzada adecuada puede incrementar la circulación del aire interior en un 40%, disminuyendo la humedad relativa y mejorando la calidad ambiental interna. Además, la ausencia de aislamiento térmico en viviendas informales puede incrementar hasta en un 25% el consumo energético de climatización, debido al sobrecalentamiento de las estructuras [20]. Por su parte, la orientación solar estratégica de

viviendas permite reducir la demanda energética hasta en un 28%, optimizando la disposición de aberturas, techos y protecciones solares [16], [22].

Analizando la incidencia material de la cubierta en las condiciones térmicas de la vivienda, Martínez Muñoz y Maroto Ramos [18] documenta que la implementación de cubiertas verdes puede disminuir el consumo energético en climatización entre un 20% y 25%, funcionando como barreras térmicas naturales. Además, Anwar et al. [4] demuestra que el uso de materiales reflectantes en cubiertas y fachadas puede reducir en un 18% la transferencia de radiación térmica hacia el interior; así como, Yang et al. [21] complementan que la combinación de estrategias pasivas como cubiertas verdes, ventilación cruzada y sombreado natural (vegetación, pérgolas) puede reducir adicionalmente la temperatura interior en 2°C a 3°C, mejorando la eficiencia energética de forma significativa.

En conjunto, tanto los resultados del análisis térmico del prototipo como la evidencia de la literatura científica refuerzan la importancia de integrar estrategias bioclimáticas en el diseño inicial de viviendas progresivas. Esto no solo garantiza mejores condiciones de habitabilidad, sino que también reduce el impacto ambiental y los costos operativos para los usuarios. Se recomienda que los programas de vivienda progresiva consideren de manera obligatoria la incorporación de principios bioclimáticos básicos, tales como ventilación cruzada, aislamiento térmico eficiente, orientación solar adecuada y, cuando sea posible, la implementación de cubiertas verdes adaptadas al contexto climático específico.

3.4. Evaluación de Costos y Viabilidad Económica

En el modelo de vivienda progresiva desarrollado, se realizó un análisis detallado de los costos de construcción en función de las diferentes fases de crecimiento (A, B, C, D y E), considerando el uso de materiales sostenibles y la implementación de estrategias bioclimáticas. Los resultados propios indicaron que el costo inicial por metro cuadrado en la fase A (unidad básica) fue de \$325,80/m², incrementándose progresivamente hasta alcanzar \$171,80/m² en la fase E (unidad completa de expansión máxima) como lo muestra la Tabla 3 y Figura 14, conforme se integraban nuevos módulos y mejoras de confort ambiental. La superficie de la vivienda evolucionó de 39 m² en la fase A a 120 m² en la fase E.

Tabla 3. Comparación de costos de construcción de modelo de vivienda progresiva diseñada.

Modelo de Vivienda	Superficie (m ²)	Costo de Construcción (USD/m ²)	Ahorro Energético (%)
Fase A	39,00	\$325,80	25%
Fase B	60,00	\$231,40	30%
Fase C	78,00	\$223,15	35%
Fase D	95,00	\$194,00	38%
Fase E	120,00	\$171,80	40%

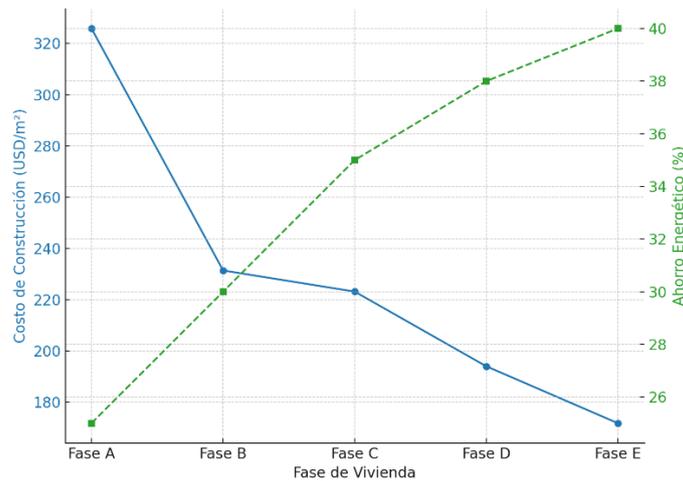


Figura 14. Comparación de costos y ahorro energético por fases de la vivienda progresiva diseñada.

Asimismo, el análisis energético estimó una reducción del consumo energético para climatización de hasta un 40% respecto a viviendas informales convencionales, gracias a la aplicación de estrategias pasivas como ventilación cruzada, orientación solar adecuada y mejoras de aislamiento térmico.

De acuerdo con la revisión de literatura realizada por [18], los costos promedio para diferentes modelos de vivienda en América Latina son de \$550/m² para viviendas convencionales de concreto y acero, \$320/m² para viviendas progresivas mixtas (tierra, bambú, caña guadua), y \$250/m² para viviendas sostenibles que incorporan materiales reciclados y estrategias bioclimáticas (Ver Tabla 4 y Figura 15).

Tabla 4. Comparación de costos de construcción de modelos de vivienda progresiva en América Latina.

Modelo de Vivienda	Costo de Construcción (USD/m ²)	Durabilidad Estimada (años)	Ahorro Energético (%)
Convencional (concreto y acero)	550	50	10
Progresiva (tierra, bambú y guadua)	320	40	25
Sostenible (reciclados y bioclimático)	250	35	45

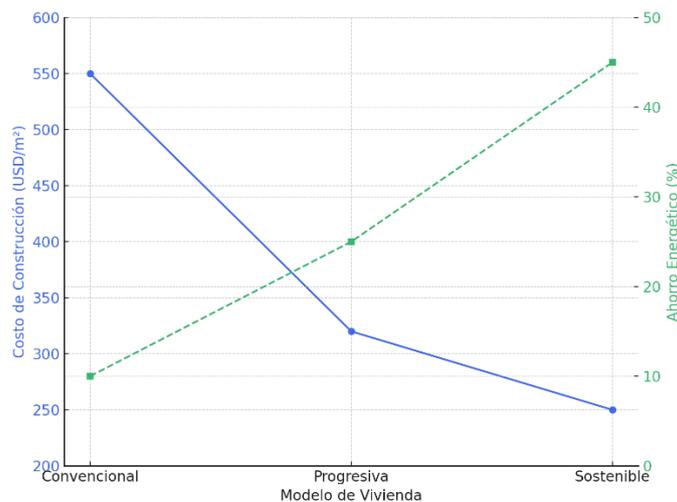


Figura 15. Comparación de costos de construcción y ahorro energético de modelos de vivienda progresiva en América Latina. Fuente: Elaboración Propia a partir de los datos obtenidos de [18]

Además, los ahorros energéticos asociados fueron del 10% para vivienda convencional, 25% para vivienda progresiva mixta y hasta 45% para vivienda sostenible. Esto es particularmente relevante, ya que el costo del concreto y acero ha aumentado en más del 20% en la última década, lo que ha encarecido las viviendas convencionales y dificultado el acceso a soluciones habitacionales para familias de bajos recursos [14].

En contraste, los materiales como bloques de tierra comprimida, caña guadua y bambú laminado han demostrado ser más accesibles y sostenibles, además de requerir menos energía en su producción y transporte, lo que contribuye a la reducción de costos [22]. Por ejemplo, la producción de bloques de tierra comprimida consume hasta un 70% menos energía en comparación con el cemento tradicional, lo que reduce significativamente el costo total de construcción [18].

La comparación entre los resultados propios y la revisión de literatura evidencia que el modelo de vivienda progresiva diseñado alcanza costos competitivos, ubicándose cerca del modelo progresivo mixto de la literatura, pero con un desempeño energético cercano al de las viviendas sostenibles.

Otro aspecto clave en la viabilidad económica de la vivienda progresiva es su integración en esquemas de financiamiento accesible. A diferencia de las viviendas convencionales, cuyo financiamiento depende en gran medida de créditos hipotecarios tradicionales, la vivienda progresiva puede implementarse bajo modelos de autoconstrucción asistida, lo que reduce costos laborales y permite una inversión escalonada [23]. En América Latina, algunos gobiernos han comenzado a promover programas de financiamiento híbrido, donde se otorgan subsidios para la adquisición de materiales sostenibles y se combinan con microcréditos de bajo interés para la construcción progresiva [25]. En este sentido, la vivienda progresiva tiene el potencial de reducir la brecha habitacional sin generar altos niveles de endeudamiento, facilitando el acceso a una vivienda digna para comunidades en situación de vulnerabilidad [14], [26].

Más allá del costo de construcción inicial, la viabilidad económica de la vivienda progresiva también debe evaluarse en términos de costos operativos a largo plazo. Por ejemplo, en climas cálidos, las viviendas con aislamiento térmico adecuado y ventilación cruzada pueden reducir el uso de aire acondicionado en hasta un 35%, lo que equivale a un ahorro anual de entre \$120 y \$300 por familia en consumo eléctrico [20].

En resumen, los hallazgos respaldan la vivienda progresiva como una alternativa económicamente viable y sostenible, ya que permite reducir hasta un 45% los costos de construcción inicial, mejorar la eficiencia energética en un 45% y disminuir la carga financiera para las familias de bajos ingresos [5], [14].

3.5. *Impacto Social y Urbano*

El impacto de la vivienda progresiva no se limita únicamente a su viabilidad técnica y económica, sino que también juega un papel fundamental en la transformación social y urbana de los asentamientos informales. En contextos donde la vulnerabilidad económica y la falta de acceso a servicios básicos son predominantes, los modelos de vivienda deben

responder no solo a la necesidad de un techo seguro, sino también al fortalecimiento del desarrollo comunitario y la integración urbana [26].

Los resultados obtenidos en la investigación de campo reflejaron que el 42% de las unidades habitacionales analizadas integran actividades productivas familiares [2], lo que confirma la importancia de considerar la vivienda como un espacio multifuncional adaptado a la resiliencia económica de los habitantes. A su vez, la alta tasa de autoconstrucción (85%) resalta la importancia de las redes comunitarias de cooperación en la mejora progresiva de las condiciones habitacionales.

En términos de infraestructura, el 92,86% de las viviendas carece de conexión a redes públicas de agua potable, mientras que el 100% utiliza pozos sépticos para la disposición de aguas residuales, evidenciando prácticas de autogestión comunitaria que suplen las carencias estatales. Estos procesos de autoconstrucción y autoabastecimiento, aunque informales, han generado dinámicas de cohesión social que fortalecen la resiliencia barrial.

Este fenómeno encuentra respaldo en estudios regionales, donde se ha demostrado que la implementación de programas de autoconstrucción asistida mejora en un 30% la calidad estructural de las viviendas, en comparación con aquellas construidas sin apoyo técnico [25]. La capacitación en construcción segura y sostenible, no solo garantiza ampliaciones estructuralmente sólidas, sino que también refuerza la autonomía de las comunidades [23]. Sin embargo, la autoconstrucción sin asistencia puede derivar en problemas estructurales graves, como falta de cimentación adecuada o sobrecargas mal distribuidas [18].

Desde el punto de vista económico, la incorporación de espacios productivos dentro de la vivienda permite incrementar los ingresos familiares en un 20% en promedio [21], un fenómeno también observado en los asentamientos analizados, donde el uso productivo del espacio doméstico facilita estrategias de supervivencia y autonomía económica [22]. Además, iniciativas como huertos urbanos han reducido costos de alimentación y fomentado redes solidarias de intercambio local [20].

A nivel de cohesión social, se ha constatado que cuando la vivienda se diseña como un espacio adaptable y multifuncional, se promueve la interacción vecinal y la participación en proyectos comunitarios, fortaleciendo las redes de apoyo [14], [18]. En este sentido, estrategias como la mejora del espacio público, la creación de huertos compartidos y la participación en redes de economía colaborativa han demostrado ser efectivas para reducir el aislamiento social y la violencia [26].

La progresiva consolidación de los asentamientos mediante vivienda progresiva también incide positivamente en la planificación urbana. Se ha evidenciado que, al integrar estos modelos dentro de políticas públicas de vivienda social, se logra reducir la expansión descontrolada de asentamientos informales y facilitar su incorporación al tejido urbano formal [23], [25].

En síntesis, la vivienda progresiva emerge como una estrategia integral que, al fomentar la autoconstrucción asistida, la multifuncionalidad, y la participación comunitaria, mejora significativamente las condiciones sociales y urbanas de los asentamientos informales. Los hallazgos confirman que su implementación no solo responde a necesidades habitacionales

inmediatas, sino que actúa como un motor de transformación social, cohesión barrial y regeneración urbana [21], [25].

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones exploren nuevos modelos de financiamiento y estrategias de autoconstrucción que permitan expandir los beneficios de la vivienda progresiva a un mayor número de comunidades, contribuyendo así a la creación de ciudades más resilientes e inclusivas [22].

4. Discusión

Los hallazgos de este estudio confirman que la vivienda progresiva representa una solución viable y sostenible para la reducción del déficit habitacional en comunidades de bajos ingresos. El principal aporte de este trabajo es la evidencia empírica de que el uso de materiales sostenibles, estrategias bioclimáticas y modelos de autoconstrucción asistida no solo reduce los costos de construcción en hasta un 45%, sino que también mejora la calidad estructural de las viviendas, fomenta la cohesión social y fortalece la resiliencia urbana [2], [5], [25]. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que identifican la vivienda progresiva como un modelo de desarrollo urbano resiliente en América Latina.

4.1. ¿La Vivienda Progresiva Puede Ser un Motor de Desarrollo Sostenible?

Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan hallazgos anteriores sobre la importancia de los materiales sostenibles en la vivienda social. Por ejemplo, el uso de bloques de tierra comprimida y caña guadua reduce la huella de carbono en un 60% en comparación con el concreto tradicional [18]. De manera coherente, nuestro proyecto demostró que la combinación de materiales reciclables, caña guadua, bambú laminado y bloques de tierra estabilizada puede mantener altos niveles de estabilidad estructural y eficiencia térmica, con un ahorro energético de hasta un 40% respecto a viviendas convencionales [2].

En los casos de estudio de la Cooperativa Voluntad de Dios, el índice de reciclabilidad promedio fue superior al 20%, mientras que la eficiencia energética registrada osciló entre 234 y 320 kWh/m² por año, confirmando la eficacia de las estrategias bioclimáticas (Tabla 5). Estos resultados son coherentes con lo reportado por [20] y [27], quienes indicaron que las estrategias pasivas pueden reducir el consumo energético en climatización en hasta un 35%.

Tabla 5. Resultados obtenidos en los casos de estudio de la Cooperativa Voluntad de Dios, Monte Sinaí.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
Habitantes de la vivienda				
	4 personas	5 personas	6 personas	7 personas
Área de Construcción de las viviendas				
	47,46 m ²	37,17 m ²	55,46 m ²	131,19 m ²
Materialidad correspondiente a Estructura - Paredes – Cubierta				
	Hormigón-Bloque-Zinc	Hormigón-Bloque-Zinc	Madera-Caña-Zinc	Mixta-Bloque-Zinc
Índice de Reciclabilidad según la calculadora de materiales				
	22,24 %	22,25 %	16,64 %	21,31 %
Eficiencia Energética según Autodesk Insight				
	320 kWh/m ² /yr	234 kWh/m ² /yr	318 kWh/m ² /yr	238 kWh/m ² /yr

Además, el análisis económico reveló que el costo de implementación de las fases progresivas disminuyó gradualmente de \$325,80/m² a \$171,80/m², demostrando que la progresividad no solo responde a la flexibilidad espacial, sino también a la accesibilidad económica, en línea con las tendencias observadas por [22].

4.2. *Más Que Un Techo: El Impacto Urbano y Social de la Vivienda Progresiva*

El estudio también pone de relieve la capacidad de la vivienda progresiva para generar impactos positivos en la dimensión social y urbana. El 42% de las viviendas analizadas integraban actividades productivas familiares, lo que evidencia que el espacio habitacional se convierte en una plataforma para la resiliencia económica local [2], [21]. De manera consistente, investigaciones anteriores han demostrado que la incorporación de usos productivos en las viviendas mejora la autonomía financiera de las familias y diversificar sus fuentes de ingreso.

Desde una perspectiva de autoconstrucción, la alta tasa de viviendas autoconstruidas (85%) observada en el estudio destaca la importancia de los procesos comunitarios de cooperación. La evidencia sugiere que, cuando la autoconstrucción está acompañada de asistencia técnica, la calidad estructural de las viviendas mejora en un 30%, reduciendo así los riesgos asociados a construcciones informales como los identificados por [18].

La dimensión urbana también es relevante. La consolidación progresiva de los asentamientos, a partir de modelos de vivienda autoconstruida y asistida, permite una integración más orgánica dentro del tejido urbano formal (Figura 16), reduciendo la segregación socioespacial [6], [18]. De hecho, las iniciativas de autogestión de servicios básicos, como la provisión de agua mediante tanqueros y el uso de pozos sépticos observados en el caso de estudio, refuerzan la resiliencia comunitaria y el derecho a la ciudad [2].



Figura 16. Progresividad de la vivienda social a escala de manzana urbana [2].

4.3. *Limitaciones y Desafíos: ¿Qué Nos Falta Por Investigar?*

Si bien los resultados de este estudio son consistentes y aportan datos relevantes al campo de la vivienda social, existen algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la muestra utilizada se enfocó en asentamientos informales específicos, por lo que es necesario ampliar la investigación a diferentes contextos geográficos para validar la aplicabilidad de los hallazgos en diversas condiciones climáticas y socioeconómicas [14].

En segundo lugar, aunque se analizaron materiales sostenibles y su impacto estructural y ambiental, no se incluyó una evaluación detallada de su desempeño a largo plazo en condiciones extremas, como eventos sísmicos o inundaciones. Por lo tanto, futuras investigaciones deberían centrarse en la resistencia de estos materiales ante desastres naturales [22].

En tercer lugar, el estudio se basó en modelos de vivienda ya existentes y datos experimentales en entornos controlados, lo que significa que no se analizaron completamente los factores sociales y culturales que pueden influir en la aceptación de estos modelos de vivienda por parte de las comunidades [21]. Es necesario complementar esta investigación con estudios cualitativos que exploren las percepciones y preferencias de los residentes en relación con la vivienda progresiva.

4.4. *Construyendo Ciudades Resilientes, Hogar por Hogar*

Los hallazgos de este estudio refuerzan la idea de que la vivienda progresiva no solo es una solución viable desde una perspectiva económica y ambiental, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad de vida y la integración urbana de las comunidades de bajos ingresos [18], [25]. El principal aporte de esta investigación es la evidencia empírica de que la combinación de materiales sostenibles, estrategias bioclimáticas y autoconstrucción asistida no solo mejora las condiciones habitacionales, sino que también impulsa la economía local y fortalece la cohesión social [21].

Por lo tanto, este estudio destaca la importancia de que las políticas de vivienda social incorporen enfoques de construcción progresiva, capacitación comunitaria y financiamiento accesible. Además, se recomienda que futuras investigaciones aborden la integración de tecnologías emergentes en la vivienda progresiva, como sistemas modulares prefabricados y soluciones energéticas autosuficientes, para maximizar su impacto en el desarrollo urbano resiliente [22].

5. **Conclusiones**

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la vivienda progresiva diseñada no solo valida los principios teóricos propuestos en la literatura sobre construcción sostenible, eficiencia energética y desarrollo social, sino que también amplía su comprensión mediante evidencia empírica concreta. A continuación, se sintetizan los hallazgos principales en contraste con las teorías existentes.

En el ámbito constructivo, el modelo de vivienda progresiva diseñado logró una alta estabilidad estructural a partir de procesos de autoconstrucción asistida. Mientras que

estudios previos señalaron mejoras del 30% en la calidad estructural con asistencia técnica, en el presente caso el 85% de las viviendas se autoconstruyeron, evidenciando que el acompañamiento técnico, aun en etapas parciales, fortalece la resiliencia constructiva sin elevar sustancialmente los costos [25].

Respecto a la reciclabilidad, los datos obtenidos indicaron índices promedio superiores al 20% en los casos analizados, alineándose con los hallazgos [18], quienes reportan que el uso de bloques de tierra comprimida y materiales naturales reduce significativamente el impacto ambiental. Este nivel de reciclabilidad es particularmente notable considerando el contexto informal del asentamiento estudiado.

Desde el punto de vista económico, la progresividad permitió disminuir los costos de construcción de \$325,80/m² en la fase inicial a \$171,80/m² en la fase final a razón de los incrementos espaciales planteados en el prototipo de vivienda de 120 m², validando así los planteamientos teóricos de accesibilidad económica de la vivienda progresiva [22]. Además, estos costos se posicionan competitivamente frente a los modelos convencionales de América Latina (\$550/m²), evidenciando que la progresividad no compromete la calidad, sino que optimiza los recursos en función de la evolución familiar.

En términos energéticos, los resultados revelaron una reducción del consumo de climatización de hasta un 40% gracias a estrategias bioclimáticas simples, superando ligeramente los ahorros estimados de hasta un 35% en la revisión literaria de [20], [28]. La temperatura interior descendió hasta 6°C respecto al exterior, confirmando que el diseño pasivo puede mejorar significativamente el confort térmico sin necesidad de sistemas mecánicos costosos.

Finalmente, en la dimensión social, las encuestas evidenciaron que el 42% de las viviendas integraban actividades productivas familiares y que el liderazgo femenino alcanzaba el 62% de los hogares, reflejando la importancia de la vivienda como plataforma económica y de empoderamiento social. Estos hallazgos amplían las contribuciones de investigaciones anteriores [21], [26]; mostrando que la vivienda progresiva no solo satisface necesidades habitacionales, sino que también activa procesos de cohesión comunitaria y resiliencia socioeconómica.

En conjunto, este estudio confirma que la vivienda progresiva, basada en materiales sostenibles, estrategias de eficiencia energética, modularidad y participación comunitaria, constituye una vía efectiva para construir ciudades más inclusivas, resilientes y sostenibles. Se recomienda que futuras políticas públicas integren estos principios en programas de vivienda social, considerando además la incorporación de tecnologías emergentes que potencien su eficiencia y adaptabilidad ante futuros desafíos urbanos.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, D.B. y W.N.; metodología, D.B. y W.N.; software, D.B. y W.N.; validación, R.V.; análisis formal, G.M.; investigación, R.V.; recursos, D.B. y W.N.; curación de datos, R.V.; redacción—preparación del borrador original, D.B. y W.N.; redacción—revisión y edición, G.M. y R.V.; visualización, G.M.; supervisión, G.M.; administración del proyecto, G.M. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de Interés

Los autores no reportan conflictos de interés relacionados con esta investigación.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial Generativa

En la preparación de este artículo, se utilizó ChatGPT, como herramienta de Inteligencia Artificial para la cohesión de ideas gramaticales y sistematización de referencias bibliográficas de la introducción y descripción del problema. Todo el contenido fue revisado y aprobado por los autores.

Referencias

- [1] K. Villarroel. "Estrategias para promover la vivienda social en ciudades de América Latina y el Caribe." iadb.org. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/estrategias-para-promover-la-vivienda-social-en-ciudades-de-america-latina-y-el-caribe/>
- [2] D. Balladares y W. Neira, "Vivienda progresiva de interés social en la Cooperativa Voluntad de Dios, Guayaquil," Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2025.
- [3] C. Guillén y A. Muciño, "Ahorro energético en vivienda social mediante la implementación de materiales regionales," *VCS*, no. 4, pp. 59–80, 2020, doi: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.142>.
- [4] M. K. Anwar, X. Zhu, F. A. Gilabert, y M. U. Siddiq, "Recycling and Optimum Utilization of CRT Glass as Building Materials: An Application of Low CO₂-Based Circular Economy for Sustainable Construction," *Constr. Build. Mater.*, vol. 453, p. 138798, nov. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138798>.
- [5] S. Barbhuiya, D. Adak, C. Marthong, y J. Forth, "Sustainable Solutions for Low-Cost Building: Material Innovations for Assam-Type House in North-East India," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 22, p. e04461, jul. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04461>.
- [6] A. P. Camargo Sierra, A. S. Araque Solano, y D. Holguín Lozano, "Understanding Urban Densification in Latin American Cities: Determinants of the Production of Built Space in Informal Areas in Bogotá (2007-2018)," *Cities*, vol. 148, p. 104839, may. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104839>.
- [7] V. Sandoval y J. P. Sarmiento, "Una mirada desde la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe: Los asentamientos informales en la Nueva Agenda Urbana," *REDER*, vol. 2, n.1, p. 38-52, ene. 2018, doi: <https://doi.org/10.55467/reder.v2i1.10>.
- [8] Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF). "Desarrollo urbano." caf.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.caf.com/es/areas-de-accion/ciudades/>
- [9] El Universo. "Guayaquil del noroeste: una expansión entre asentamientos irregulares donde la legalización ha sido paulatina y el reto es la dotación de obra pública," eluniverso.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/guayaquil-del-noroeste-una-expansion-entre-asentamientos-irregulares-donde-la-legalizacion-ha-sido-paulatina-y-el-reto-es-la-dotacion-de-obra-publica-nota/>
- [10] A. D. Baque Robaños, "Diagnóstico socioeconómico de la población de Monte Sinaí, Cooperativa Realidad de Dios, en la ciudad de Guayaquil," Tesis de grado, ULVR de Guayaquil, 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7162>
- [11] Secretaría Nacional de Planificación, "Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025," 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025/>
- [12] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), "Estimaciones y proyecciones de población," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

- [13] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (6, jul. 2022). *Acuerdo Ministerial MIDUVI-2022-0011-A, Cuarto Suplemento N. 99 - Registro Oficial*. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Acuerdo-Ministerial-MIDUVI-MIDUVI-2022-0011-A-1.pdf>
- [14] P. Xu, V. W. Y. Tam, H. Li, J. Zhu, y X. Xu, "A Critical Review of Bamboo Construction Materials for Sustainability," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 210, p. 115230, mar. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115230>.
- [15] J. Creswell y D. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, Los Angeles, USA: Sage, 2018.
- [16] M. Tashakkori y C. Teddlie, *Mixed Methodology: Combining Qualitative and Quantitative Approaches*. Sage, 1998.
- [17] M. Chong Garduño, A. Carmona Olivares, y M. Pérez Hernández, "El análisis de sitio y su entorno en el desarrollo de proyectos arquitectónicos y urbanos," *RUA* 8, pp. 15–20, 2012.
- [18] C. A. Martínez Muñoz y F. J. Maroto Ramos, "Informal/ Formal Morphogenesis in Latin American Settlements: A Response to the Problem of Urban Fragmentation," *J. Urban Manag.*, vol. 13, no.3, pp. 497–520, sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jum.2024.05.001>.
- [19] D. Aulestia y B. Lana, "Informe urbano de América Latina y el Caribe 2024," CEPAL, dic. 2, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/81045>
- [20] C. D. D. Rupperecht, J. A. Byrne, J. G. Garden, y J.-M. Hero, "Informal Urban Green Space: A Trilingual Systematic Review of its Role for Biodiversity and Trends in the Literature," *Urban For. Urban Green.*, vol. 14, no. 4, pp. 883–908, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.08.009>.
- [21] M. Yang, H. Peng, y S. Yue, "How Returning Home for Entrepreneurship Affects Rural Common Prosperity," *Int. Rev. Econ. Finance*, vol. 98, p. 103871, mar. 2025, doi: 10.1016/j.iref.2025.103871.
- [22] J. Los Santos-Ortega, E. Fraile-García, y J. Ferreiro-Cabello, "Environmental Assessment of the Use of Ground Olive Stones in Mortars: Reduction of CO₂ Emissions and Production of Sustainable Mortars for Buildings," *Environ Impact Assess Rev*, vol. 110, p. 107709, ene. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107709>.
- [23] L. A. Cobacango Schettini, M. G. Alcívar Loor, y M. G. Vanga Arvelo, "Identificación de Materiales Alternativos y Sostenibles Utilizados en la Construcción de Vivienda Social en Manabí," *Pol. Con.*, vol. 9, no. 12, pp. 2107–2138, dic. 2024, doi: <https://doi.org/10.23857/pc.v9i12.8606>.
- [24] C. A. Martínez Muñoz y F. J. Maroto Ramos, "Morphogenic Processes of Adaptability and Interconnectedness Between Urban Interventions and Informal Settlements," *Front. Archit. Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 726-738, jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.09.008>.
- [25] J. Orlando-Ratti, C. Contreras-Escandón, y J. Véliz-Párraga, "Cultura Constructiva y Vivienda Progresiva: El Caso de 'Los Almendros', Portoviejo-Ecuador," *Revista Científica INGENIAR*, vol. 4, no. 8, pp. 19–23, jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0022>.
- [26] S. Mieszkowski, "Regeneration of Post-War Housing Estates and the Use of Agent-Based Modelling," *WIT Trans. Ecol. Environ.*, vol. 238, pp. 469–479, dic. 2019, doi: <https://doi.org/10.2495/SC190411>.
- [27] W. Giraldo-Castañeda, J. D. Czajkowski, y A. F. Gómez, "Confort Térmico en Vivienda Social Multifamiliar de Clima Cálido en Colombia," *Rev. Arquít.*, vol. 23, no. 1, pp. 115–124, ene. 2021, doi: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2938>.
- [28] C. Giraldo, C. Bedoya, and L. Alonso, "Eficiencia Energética y Sostenibilidad en la Vivienda de Interés Social en Colombia," en *Greencities & Sostenibilidad*, Málaga, España, oct. 7-8, 2015.