

**PROTOTIPO DE VIVIENDA SOSTENIBLE A IMPLEMENTAR EN LA
VEREDA GRANJAS DEL CORREGIMIENTO DE CHILLURCO – HUILA.**



**AUTOR
JHONATAN STEVEN RAMIREZ MONTENEGRO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO CIVIL

Director:
ALEJANDRO QUIJANO ARDILA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD ESTUDIOS A DISTANCIA
INGENIERIA CIVIL
BOGOTA D.C 23 JULIO 2025**

Tabla de Contenidos

2

Planteamiento del problema	6
Objetivos	12
General	12
Específicos	12
Antecedentes	13
Marco teórico y estado del arte	18
Justificación.....	22
Alcance.....	24
Delimitación	25
Geográfica	25
Conceptual.....	26
Metodología propuesta.....	28
Análisis de Resultados	30
Referencias	1

Tabla de Contenidos	3
<i>Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto</i>	26

Glosario

- ***Bahareque encementado:*** es una técnica donde los muros están compuestos por una estructura de guadua, reforzado con diagonales en “V” en los extremos para mejorar la rigidez, revestidos con esterilla de guadua y malla metálica con vena y posteriormente se aplica un mortero de cemento, arena y agua, sin utilizar tierra como material de relleno.
- ***Bioconstrucción:*** es una clase de construcción que usa materiales naturales, para disminuir el daño ambiental ocasionado por los procesos del sector de la construcción; así como también busca brindar un ambiente saludable para quienes habitaran dicha vivienda. (Marín, 2023)
- ***Caficultura:*** Hace referencia al cultivo, producción y venta del café.
- ***Cascarilla de café:*** Se refiere a la capa externa del fruto del café.
- ***Déficit habitacional:*** no solo se refiere a la ausencia o la falta de una vivienda, sino que mide condiciones en la que habita un hogar.
- ***Diseños pasivos:*** hace referencia al aprovechamiento de las condiciones naturales del área donde se implantará la vivienda, tales como la luz solar, el viento y la vegetación, buscando mantener el clima apropiado dentro de la vivienda, con el fin de disminuir o evitar el uso de aire acondicionado o iluminación artificial.
- ***Economía circular:*** es un mecanismo que busca el aprovechamiento de los recursos con el fin de reducir, reciclar y reutilizar para darles nueva vida y retornarlos al mercado bajo otra forma.
- ***Eficiencia térmica:*** hace referencia al uso de la energía que se consume en una vivienda, descartando el uso de energías tradicionales.
- ***Huella de carbono:*** es el indicador que muestra la cantidad de gases efecto invernadero ocasionados por una persona.

- ***Monocultivos:*** hace referencia a la práctica agrícola donde se cultiva una sola especie en la mayor parte del terreno.
- ***Paneles aislantes:*** Son laminas o placas de diferentes materiales, que sirven para reducir la temperatura al interior de una vivienda.
- ***Prototipo:*** es un primer modelo que sirve para simular el producto terminado.
- ***Residuos de construcción y demolición (RCD):*** hace referencia a los residuos que resultan en los procesos constructivos.
- ***Tapia pisada:*** es un proceso constructivo con tierra arcillosa húmeda que se va ubicando en un encofrado de madera y compactando.

Prototipo de vivienda sostenible a implementar en la vereda Granjas del corregimiento de Chillurco – Huila.

6

Palabras clave: Sostenibilidad, bioclimática, sistemas pasivos, materiales, ecoeficiencia

Planteamiento del problema

Manzi (2020) afirma que “*tres de cada cuatro personas que viven en situación de pobreza y aguantan hambre viven en la zona rural*”; lo anterior debido a la falta de oportunidades, a la tala indiscriminada de árboles, al bajo rendimiento económico de los cultivos y a situaciones de orden público. Esto motiva la migración de la población del área rural hacia la zona urbana buscando mejorar su calidad de vida, empujándolos a un círculo vicioso de escasez y necesidades. Al llegar a las ciudades y no encontrar empleo formal, muchos terminan en condiciones de vida aún más precarias que aquellas que los motivaron a desplazarse.

La situación es tan preocupante que el Banco Mundial proyecta que para el año 2050 los centros urbanos contarán con el doble de la población actual, a causa del aumento de habitantes de la zona rural migrando hacia las ciudades. Este fenómeno no solo incrementa la presión sobre la infraestructura y los servicios urbanos, generando problemas de vivienda, empleo y saneamiento, sino que también conlleva una notoria disminución de mano de obra en la zona rural, afectando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad del campo colombiano; comprometiendo la autosuficiencia alimentaria del país, aumentando su dependencia de importaciones y generando un desequilibrio en la economía del país.

Colombia ha sido históricamente un exportador neto de productos agrícolas, desempeñando un papel clave en la economía nacional. Según Villanueva (2018), en su estudio

"Análisis de la situación y recomendaciones de política de bioeconomía", factores como la crisis económica mundial, el incremento de las divisas y fenómenos climáticos extremos han afectado la producción agrícola del país. Estas problemáticas han generado un impacto directo en la estabilidad del sector agropecuario, aumentando los precios de producción y disminuyendo la participación en el mercado internacional. 7

Finagro (2012), en su informe *"Perspectiva del sector agropecuario colombiano"*, indica que para el año 2012 el cultivo de café generó más de 807.000 empleos directos a nivel nacional, consolidando a Colombia dentro de los principales países productores de café a nivel mundial. Para el primer semestre del año 2022, la producción de café en el país disminuyó en un 5%, según la Federación Nacional de Cafeteros (FNC, 2022), afectando directamente al sector caficultor, reduciendo sus ingresos y limitando su capacidad de inversión en mejoras productivas y tecnológicas.

Adicionalmente, los efectos del cambio climático han intensificado las dificultades en el sector agrícola, alterando los patrones de lluvia y elevando las temperaturas, lo que compromete la productividad de los cultivos; debido a la ausencia de estrategias de adaptación climática, sumada a la baja tecnificación del sector, ha llevado a una mayor vulnerabilidad de los productores rurales, quienes enfrentan pérdidas económicas recurrentes y ven limitada su capacidad de sostenibilidad a largo plazo. La dependencia de monocultivos y el uso excesivo de insumos químicos han generado problemas adicionales, como el deterioro del suelo y la contaminación de fuentes de agua cercanas, impactando negativamente el equilibrio ecológico en las regiones cafeteras del país.

De acuerdo con Vargas (2022) *"El departamento del Huila se cataloga como el segundo mayor productor de café en Colombia, donde el municipio de Pitalito aporta el 1,9 % de la*

producción nacional y el 12,7 % de la departamental”. Esta región se ha posicionado por 8
producir café de alta calidad, gracias a las condiciones climáticas y a las propiedades del suelo que son favorables para este tipo de cultivos. A partir del año 2018, la FNC ha desarrollado estrategias sostenibles para fortalecer el sector cafetero en la región, implementando programas de capacitación y promoción del comercio justo, con el fin de mejorar la competitividad de los caficultores.

Sin embargo, ante la creciente preocupación por el desplazamiento de los campesinos a la zona urbana , se ha identificado que la Vereda Las Granjas, del corregimiento Chillurco en el Municipio de Pitalito – Huila, enfrenta una serie de problemáticas que amenazan la sostenibilidad de su comunidad; tales como la falta de acceso a vivienda adecuada, el aumento de terrenos deforestados causados por prácticas agrícolas intensivas, la disminución de la rentabilidad de la caficultura y la falta de oportunidades económicas diversificadas, lo que pone en riesgo la permanencia de las familias en la región.

Actualmente, la Vereda Las Granjas cuenta con 230 habitantes distribuidos en 40 viviendas, donde residen 45 familias dedicadas principalmente al cultivo de café, la ganadería y, en menor escala, otros cultivos como plátano, yuca y caña. A pesar de su vocación agrícola, enfrenta una problemática ambiental derivada de prácticas de producción no sostenibles, las cuales, de no tomarse medidas oportunas, afectarán gravemente la zona a largo plazo. Entre los principales desafíos se encuentran la degradación del suelo debido al uso intensivo de agroquímicos, la deforestación para ampliar la frontera agrícola y la falta de técnicas de conservación de los recursos hídricos. Además, el manejo inadecuado de residuos agrícolas y pecuarios contribuye al aumento de fuentes hídricas contaminadas y al deterioro del ecosistema local; debido a que desarrollan sus actividades económicas de forma descontrolada, sin acogerse

a principios de sostenibilidad (CAM, 2012), poniendo en riesgo la biodiversidad y la capacidad 9
de resiliencia del territorio ante fenómenos climáticos extremos.

El cultivo de café, aunque es la principal actividad económica, es también la mayor causa de contaminación de las fuentes hídricas. Según Fernández (2020), los desechos de la pulpa de café afectan significativamente el ecosistema local, reduciendo la capacidad de recuperación del recurso hídrico y alterando la biodiversidad acuática debido a la acumulación de cascarilla de café en descomposición. La alta demanda de agua para el procesamiento del grano genera un impacto negativo en los caudales de las quebradas y ríos cercanos, afectando a las comunidades que dependen de estas fuentes hídricas para consumo y riego agrícola.

López (2020) señala que la ganadería extensiva ha provocado la transformación del bosque en pastizales, lo que ha llevado a la desaparición de zonas de reserva forestal en la Vereda Las Granjas. Esta transformación ha incrementado el riesgo de deslizamientos y remociones en masa. Además, la compactación del suelo por el sobrepastoreo aumenta la erosión en el terreno; como consecuencia, el terreno se vuelve más vulnerable a fenómenos climáticos extremos, reduciendo su capacidad de adaptación y afectando la sostenibilidad de las actividades agrícolas y pecuarias a largo plazo.

Figura 1: Vereda Chillurco.

Tomado: <https://www.google.com/maps/@1.890951,-76.143496>



El 13 de noviembre de 2020 se registró una avalancha en el Corregimiento de Chillurco, provocado por fuertes lluvias, el cual dejó una vivienda sepultada por rocas y ocasionó daños en la vía, dejando al sector incomunicado.

Sumado a lo anterior, se identifica un grave déficit habitacional que impacta negativamente a la población que habita en la Vereda Las Granjas. Actualmente, el 11% de la población se encuentra en condición de hacinamiento, lo que genera problemas de salubridad, falta de privacidad y dificultades para desarrollar de manera adecuada las actividades familiares y comunitarias. Además, el resto de la población no cuenta con una vivienda adecuada que se ajuste a las condiciones mínimas de habitabilidad, tales como acceso a infraestructura básica, seguridad estructural y confort térmico. Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), en el manual operativo del Programa de Mejoramiento de Vivienda Urbana “Casa Digna, Vida Digna”, una vivienda apropiada se define como:

“Más que un simple techo. Representa privacidad, espacios apropiados, seguridad, estabilidad y condiciones apropiadas que brinden tranquilidad y confort como lo son

estructurales, iluminación, ventilación y calefacción; también involucra infraestructura básica¹¹ apropiada, tal como el suministro de agua, servicios sanitarios y manejo de residuos.”.

En consecuencia, nace la necesidad de brindar soluciones habitacionales sostenibles que mejoren el modo de vida de los residentes de la Vereda Las Granjas, previniendo la migración forzada hacia las ciudades y promoviendo la permanencia en el territorio. Se plantea implementar un prototipo de vivienda fundamentado en la bioconstrucción, donde el uso de los recursos naturales y la rehabilitación del entorno desempeñen un papel fundamental en su desarrollo.

Este enfoque permitirá disminuir el impacto ambiental causado por las prácticas agrícolas y ganaderas tradicionales y fomentará la adaptación comunitaria al cambio climático y garantizará un entorno más saludable para sus habitantes. Asimismo, la bioconstrucción se presenta como una posible solución para disminuir el uso de materiales industriales costosos, favoreciendo el uso de insumos locales y reciclados que minimicen la huella ecológica de la construcción. En este sentido, el incluir cascarilla de café en los procesos constructivos representa una oportunidad innovadora para reutilizar residuos agroindustriales y convertirlos en insumos eficientes. Su aplicación en la fabricación de paneles aislantes, ladrillos ecológicos y recubrimientos interiores permitirá mejorar la eficiencia térmica de las viviendas, minimizar no solo costos de producción, sino también el impacto ambiental generado por su disposición inadecuada en el sector cafetero.

Dado este panorama, el interrogante principal que orienta este estudio es:

¿Cuáles son las técnicas constructivas más importantes y los materiales más empleados en la bioconstrucción?

Objetivos

General:

- Desarrollar un prototipo de vivienda sostenible para la Vereda Las Granjas, en el Corregimiento de Chillurco –Huila aprovechando la cascarilla de café y técnicas bioclimáticas para optimizar el confort térmico y la eficiencia ambiental.

Específicos:

- Identificar los principios y materiales clave de la bioconstrucción, priorizando el uso de la cascarilla de café.
- Describir el proceso constructivo de la vivienda sostenible, integrando técnicas bioclimáticas y tecnologías innovadoras.
- Evaluar los beneficios ambientales, económicos y sociales de la implementación de sistemas de construcción sostenible en comunidades rurales.

- Diseñar una vivienda típica con medidas, tipo y cantidad de materiales a utilizar¹³ en la zona de estudio.
- Indicar un tiempo de autoconstrucción y un costo aproximado para la zona definida

Antecedentes

El sector de la construcción es de los que mayor impacto ambiental causan debido al volumen de residuos resultantes del proceso constructivo (RCD). Según Barrientos (2016), este sector es responsable de una significativa contaminación ambiental. Pogotech (2017) estima que *“anualmente se originan cerca de 6.5 mil millones de toneladas de residuos, donde 3 mil millones corresponden a RCD, que, en su mayoría, no cuentan con una adecuada gestión y terminan en vertederos, afectando el suelo y los cuerpos de agua”*.

Para abordar esta problemática, en 2015 se firmó el Acuerdo de París, un tratado internacional en el que los países participantes se comprometieron a mitigar el impacto ambiental mediante estrategias de desarrollo sostenible (ONU, 2015). Como resultado, el sector de la construcción ha adoptado enfoques innovadores que incluyen el uso de materiales reciclados y técnicas sostenibles que buscan minimizar la huella de carbono y optimizar el uso de recursos naturales (Gómez & Pérez, 2018).

Uno de los conceptos que ha cobrado relevancia en la construcción sostenible es la *Baubiologie*, un término originario de Alemania que se enfoca en la bioconstrucción y considera a los edificios como organismos vivos que pueden influir en la salud de sus habitantes (Yahyane,

2019). La bioconstrucción busca minimizar el impacto ambiental y mejorar el bienestar humano mediante el uso de materiales naturales y técnicas ancestrales. Este concepto ha sido desarrollado en diversas iniciativas a lo largo del tiempo. En 1930, el arquitecto Hassan Fathy fue pionero en la construcción sostenible mediante el uso de materiales como arcilla y paja para la edificación de bóvedas y cúpulas (Arquitectura Sostenible, 2021). Posteriormente, en 1976, se fundó en Alemania el *Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN*, promoviendo la bioconstrucción y la sostenibilidad (Schneider, 2020). En España, la organización GEA, fundada en 1991, ha destacado la importancia de la biohabitabilidad para evaluar la salud y el confort de los espacios habitados (Martínez & Pérez, 2018).

14

En los últimos años, uno de los enfoques más innovadores en la bioconstrucción ha sido el involucrar materiales reciclados y desechos agroindustriales en el proceso constructivo de viviendas sostenibles. Vélez (2012) sostiene que la reutilización de materiales no solo disminuye el volumen de residuos, sino que también minimiza los costos y el impacto ambiental. Un material que ha demostrado ser una alternativa viable en la construcción sostenible es el *Wood Plastic Composite* (WPC), compuesto de fibras naturales y polímeros reciclados (Lerolle Beltrán, 2021).

Dentro de esta línea, el uso de la cascarilla de café en la construcción ha surgido como una innovación sostenible. Según Ruiz y Del Castillo (2022), “*la cascarilla de café se obtiene tras la trilla del grano y que puede ser reutilizado para diferentes aplicaciones industriales, incluyendo materiales de construcción*”.

Rodríguez et al. (2020) explican que la combinación de residuos como la cascarilla de café con polímeros reciclados ha permitido desarrollar materiales resistentes y duraderos, ideales para viviendas ubicadas en zonas cafeteras. Debido a que este material, además de su resistencia mecánica y térmica, presenta beneficios adicionales como la reducción de la dependencia de la madera y otros recursos no renovables, contribuyendo así a la conservación de los bosques y la biodiversidad (Fernández & López, 2021).

Por su parte, Coral (2019), Magíster en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia, realizó un estudio donde evaluó las propiedades y los comportamientos físicos del concreto mezclado con la cascarilla de café, donde determinó que cumple con las condiciones de trabajabilidad, ya que este último material es rico en silicio, lo cual le da mayor resistencia al concreto; haciéndolo apropiado para ser usado en pisos y fachadas.

Figura 2: Muestra de concreto con cascarilla de café -

Tomado de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/concreto-sostenible-con-cascarilla-de-cafe#g=1&slide=1>



como el WPC (Wood Plastic Composite) mejora significativamente la impermeabilidad, evitando daños por humedad y aumentando la vida útil de las estructuras. De igual manera, Caballero (2021) manifiesta que su combinación con plásticos reciclados permite la fabricación de paneles para muros divisorios, reduciendo la dependencia de materiales tradicionales y favoreciendo la sostenibilidad de los proyectos constructivos. Asimismo, su uso contribuye a minimizar la huella de carbono, fomentando la reutilización de residuos agroindustriales y disminuyendo la demanda de recursos naturales vírgenes (López & Ramírez, 2023).

Estudios han demostrado que la cascarilla de café puede utilizarse como reemplazo parcial del cemento en la elaboración del concreto, logrando tasas de sustitución del 20 al 30% sin afectar significativamente sus propiedades mecánicas (Paredes, 2024). Este tipo de innovaciones contribuyen a reducir la emisión de CO₂ derivada de la producción de cemento, alineándose con los principios del desarrollo sostenible y la economía circular

En Colombia, la empresa Woodpecker ha sido pionera en el uso de este material para viviendas prefabricadas, ofreciendo soluciones habitacionales de bajo costo y rápida instalación, especialmente en comunidades rurales y zonas afectadas por desastres naturales (Olsen, 2021); debido a la facilidad de ensamblaje, junto con su resistencia a plagas y humedad, ha permitido su implementación en diversas regiones del país. Dentro de su portafolio, destacan las Casas Kit Woodpecker WPC, modelos estándar de construcción que se ensamblan en poco tiempo y ofrecen una calidad superior a las viviendas prefabricadas convencionales.

Figura 3: Casas Kit Woodpecker WPC
 Tomado de: <https://woodpecker.com.co/imagenes/>



Otra iniciativa relevante en la bioconstrucción es el modelo de *ecoaldeas*, comunidades autosostenibles que integran autoconsumo, energías renovables y materiales ecológicos que busca mejorar las condiciones de vida de la población en la zona rural (Canto, 2014). Según la Red Global de Ecoaldeas (2020), actualmente existen más de 10.000 comunidades ecológicas en 114 países, lo que evidencia un creciente interés en modelos habitacionales sostenibles; la cual está basada en la creación de edificios energéticamente eficientes, flexibles y con una larga vida útil. Según Edwards y Hyett (2008), la adopción de tecnologías más eficientes y el uso de materiales reciclados puede reducir significativamente la huella ambiental del sector de la construcción (Segarra, 2020)

Basado en estos antecedentes, el presente estudio busca desarrollar un prototipo de vivienda sostenible en la Vereda Las Granjas, Pitalito – Huila, aplicando los principios de la bioconstrucción y el aprovechamiento de la cascarilla de café, para reducir el impacto ambiental.

La bioconstrucción se presenta como una alternativa sostenible a la edificación convencional, promoviendo usar materiales naturales y técnicas constructivas más amigables con el medio ambiente. Rubio (2019) la define como un enfoque que prioriza el empleo de recursos renovables y materiales locales en contraste con la construcción industrializada, caracterizada por el alto consumo de energía y la generación masiva de residuos. Esta metodología no solo reduce la huella ecológica de las edificaciones, sino que también fomenta la autosuficiencia y la integración con el entorno natural, favoreciendo un mejor modo de vida.

El uso de materiales sostenibles ha permitido evaluar opciones para optimizar la construcción sin comprometer la resistencia estructural ni la funcionalidad de las edificaciones. Dentro de estas innovaciones destacan el Wood Plastic Composite (WPC) y la cascarilla de café, ambos con importantes beneficios en términos de sostenibilidad, economía y durabilidad. El WPC es un material compuesto por fibras naturales y plástico reciclado, el cual se ha implementado con éxito durante la construcción de viviendas de interés social (VIS) en el país. Según Monsalve (2019), su uso presenta ventajas como alta resistencia a la humedad, bajo mantenimiento y menor impacto ambiental, al disminuir la tala de árboles y el uso de materiales con alta energía incorporada; en consecuencia, este material ha sido adoptado en proyectos certificados bajo estándares de construcción sostenible como LEED, EDGE y CASA Colombia.

Por su parte, la cascarilla de café ha demostrado tener propiedades aislantes térmicas y acústicas. Paredes (2024) destaca su potencial en la fabricación de paneles constructivos y

ladrillos ecológicos, reduciendo así la dependencia de materiales convencionales y

19

disminuyendo la contaminación derivada de los residuos agroindustriales. Además de contribuir a la economía circular, su uso en la bioconstrucción permite optimizar la eficiencia energética de las viviendas, mejorando el confort térmico de los habitantes.

La combinación de técnicas tradicionales con innovaciones tecnológicas ha demostrado ser una estrategia efectiva en la bioconstrucción. Dobón (2018) enfatiza la importancia de reutilizar materiales locales como la tierra compactada, la guadua y la madera reciclada para minimizar el impacto ambiental. Por otro lado, Schneider (2010) advierte sobre la necesidad de adoptar métodos constructivos eficientes, dado el alto consumo de energía y la producción de desechos generados por la construcción moderna. En este contexto, la integración de materiales reciclados, junto con técnicas de diseño bioclimático, ha permitido el desarrollo de edificaciones autosuficientes que optimizan el uso de energía y reducen la dependencia de infraestructuras convencionales.

La construcción de viviendas con técnicas de ventilación natural, aprovechamiento del agua lluvia y tecnologías de bajo consumo energético refuerzan la sostenibilidad del modelo de bioconstrucción. Además, el empleo de materiales como el adobe, la paja y la guadua, junto con la incorporación de estrategias de enfriamiento pasivo y el uso de energías alternativas, como los paneles solares y turbinas eólicas, permiten reducir la huella ecológica y mejorar la calidad de vida de sus habitantes al proporcionar ambientes térmicamente confortables y sostenibles. Según Uribe (2012), el diseño bioclimático permite reducir significativamente el consumo energético mediante la orientación adecuada de las edificaciones, la optimización del asoleamiento y el uso

de materiales con alta inercia térmica; destacando así su capacidad de adaptación al ambiente 20 donde se desarrolle el proyecto.

De acuerdo con Winchester (2008) en zonas rurales de América Latina, la vivienda digna sigue siendo un desafío debido a la precariedad en infraestructura, la falta de acceso a servicios básicos y el uso de materiales inadecuados. Por su parte Monsalve (2019) señala que la aplicación de materiales sostenibles en la construcción de viviendas no solo mejora la calidad de vida al reducir costos de construcción y optimizar el desempeño térmico y estructural de las mismas, mejorando la eficiencia energética y promoviendo la convivencia comunitaria. Schettini, Loor & Arvelo (2024), manifiestan que la incorporación de materiales de bajo impacto ambiental permite generar un modelo de construcción viable y sostenible para poblaciones vulnerables, asegurando su replicabilidad en otras comunidades. Asimismo, Arroyave et al (2011) expresan que el uso de tecnologías de saneamiento ecológico puede mejorar significativamente las condiciones de salud pública y la gestión de recursos hídricos en estos entornos.

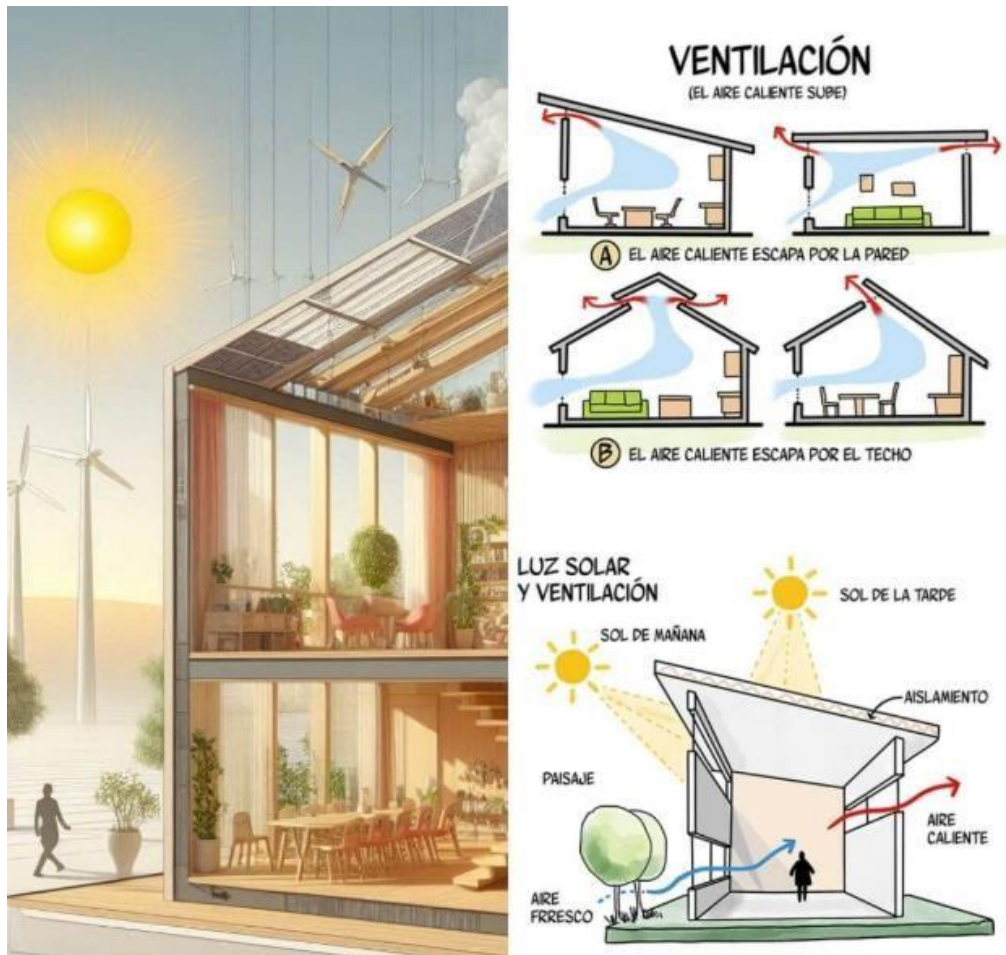
Ortiz & Hernández (2024) indican que la incorporación de modelos de economía circular, como la reutilización de residuos orgánicos en sistemas de compostaje y biodigestores, fortalecen la autonomía de las comunidades y fomenta prácticas de vida sustentables; permitiendo que los habitantes de la zona donde se plantea implementar el proyecto, se involucren activamente en su construcción, reforzando con esto el sentido de pertenencia y promoviendo el intercambio de conocimientos técnicos y tradicionales.

Del Cisne (2020) destaca la importancia del diseño bioclimático, el cual permite optimizar los recursos naturales disponibles y mejorar la eficiencia energética de las viviendas. Este enfoque considera factores como la orientación de la vivienda, el uso de materiales con alta inercia térmica y la integración de sistemas de ventilación pasiva para disminuir el gasto de energía.

21

Ilustración 4 : Los principios de la arquitectura bioclimática: Guía esencial

Tomado de: https://elarquimx.com/los-principios-de-la-arquitectura-bioclimatica/#google_vignette



Justificación

Con el fin de prevenir la migración de la población rural a las ciudades, es fundamental brindar soluciones de habitabilidad a los residentes de la Vereda Las Granjas del Municipio de Pitalito –Huila. Es por ello que basado en el estudio realizado por la Magister en Construcción Jenny Coral (2019) sobre concreto sostenible con cascarilla de café, se busca que, desde el campo de la ingeniería civil, se desarrolle un modelo de vivienda que haga buen uso de los recursos naturales y permita la rehabilitación del entorno.

La Federación Nacional de cafeteros (2018) manifestó que *“para el año 2018 Colombia produjo cerca de 13,5 millones de bultos de café de 60 kilos, donde aproximadamente el 44% del peso del fruto es Pulpa”* indicando así, la gran cantidad de residuos que resultan del proceso de separación de la cascarilla y de la pulpa; los cuales son altamente contaminantes, debido a su grado de acidez, por lo anterior con el fin de no contaminar las fuentes hídricas ni los suelos, se precisa implementar un sistema que permita el aprovechamiento de dicho residuo.

Esta iniciativa fomenta la creación de comunidades sostenibles a través de economías responsables, contribuyendo a mitigar el cambio climático y el impacto ambiental generado por la construcción convencional; toda vez, que según Coral (2019) la cascarilla de café, es rica en silicio, el cual le da resistencia al concreto.



Según Hernández y colaboradores (2000), la justificación de un proyecto debe abordar los siguientes aspectos clave:

- **Conveniencia:** Con este prototipo de vivienda se busca disminuir el déficit habitacional de los habitantes de la Vereda Las Granjas y, al mismo tiempo, minimizar la contaminación ambiental que resulta de los procesos constructivos y de los residuos generados de la caficultura. Para ello, se propone el uso de la cascarilla de café, la cual ha demostrado ser una alternativa ecológica con excelentes propiedades, que le aporten resistencia al concreto. Además, la incorporación de este material permite reducir la contaminación ambiental, la dependencia de recursos no renovables y a su vez, disminuir la huella de carbono.

- **Relevancia social:** A través de la implementación de este prototipo de vivienda, se busca brindar ambientes apropiados y disminuir el déficit habitacional en cinco familias que actualmente se encuentran en situación de hacinamiento en la vereda Granjas en el corregimiento de Chillurco. Además, se busca establecer un modelo replicable que permita a otras comunidades

rurales productoras de café, adoptar soluciones constructivas basadas en el aprovechamiento de la cascarilla del café; ya que la integración de técnicas de autoconstrucción y el uso de materiales disponibles localmente fortalecerán el sentido de pertenencia y el empoderamiento comunitario. Este enfoque no solo permite la reducción de costos de construcción, sino que también fomenta la generación de empleo local y la transmisión de conocimientos tradicionales sobre construcción sostenible. Asimismo, se busca que al contar con la ayuda de los demás miembros de la comunidad durante la construcción de la vivienda se refuerce la unión social y promueva un mayor compromiso con el mantenimiento y preservación de las estructuras a largo plazo

• ***Implicaciones prácticas:*** La identificación y aplicación de métodos constructivos acordes con los principios de la bioconstrucción permite el desarrollo de viviendas más eficientes y sostenibles; debido a que el uso de cascarilla de café en la construcción reducirá la dependencia de materiales convencionales y fomentará la economía circular dentro de la industria cafetera. Además, la integración de estos materiales permite mejorar la eficiencia energética de las viviendas, optimizando su desempeño térmico en distintas condiciones climáticas y reduciendo el consumo de energía.

Alcance

El alcance de este trabajo es de naturaleza cualitativa, ya que se busca analizar los principios de la bioconstrucción, sus procesos constructivos y la selección de materiales basado en sus propiedades. La investigación busca desarrollar un prototipo de vivienda sostenible que

pueda ser implementado en la Vereda Las Granjas del Municipio de Pitalito –Huila, con el fin 25 de brindar mejores condiciones de habitabilidad y disminuir el traslado de la población rural hacia la zona urbana.

Este estudio se orienta hacia la formulación de soluciones habitacionales que hagan buen uso de los recursos naturales de la zona y promuevan la rehabilitación del entorno, enmarcándose en estrategias de construcción sostenible. La investigación incluye una revisión de literatura sobre bioconstrucción, el análisis de experiencias previas en proyectos similares y el análisis de residuos como la cascarilla de café, para determinar su viabilidad en el diseño del prototipo de vivienda. Asimismo, se analizó las condiciones climáticas y geográficas de la zona para asegurar que el prototipo cumpla con los criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y adaptabilidad a las condiciones locales; sirviendo como base para ser implementado en comunidades rurales productoras de café, permitiendo su adaptación y aprovechamiento de los recursos disponibles.

Delimitación

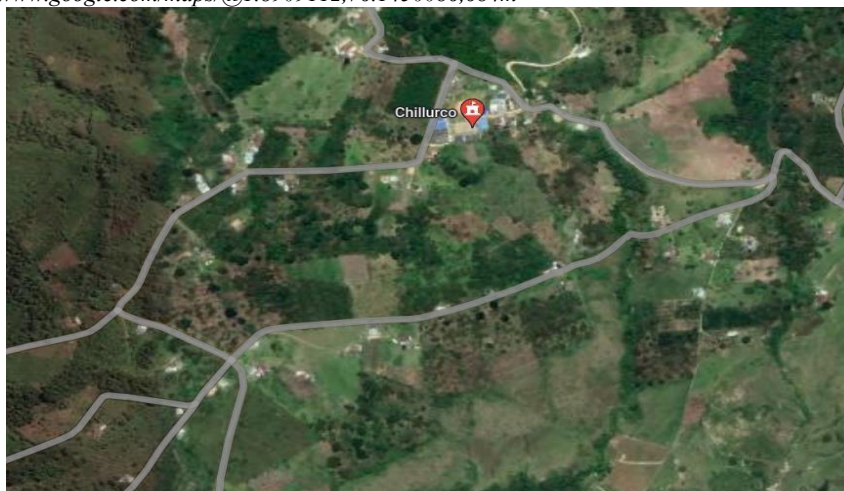
Geográfica

El municipio de Pitalito se encuentra ubicado al suroriente del departamento del Huila, cuya temperatura oscila entre 18° y 21°. Dentro de su conformación política, Pitalito cuenta con ocho (8) corregimientos, siendo Chillurco uno de ellos.

La Vereda Las Granjas hace parte del corregimiento Chillurco y se ubica a una altitud de 1.322 msnm, al norte del casco urbano del municipio de Pitalito. Actualmente, cuenta con una población de 230 habitantes distribuidos en 40 viviendas, donde residen 45 familias dedicadas principalmente a la ganadería y al cultivo del café.

Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto.

Tomado de: <https://www.google.com/maps/@1.8909112,76.1450086,684m>

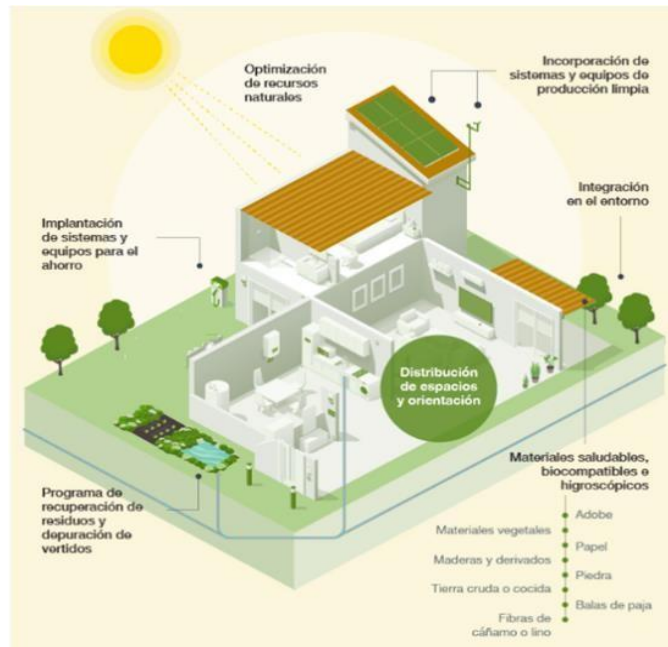


Conceptual

Se plantea desarrollar un prototipo de vivienda que incluya los principios de la bioconstrucción, mediante el buen uso de los recursos naturales, especialmente, la cascarilla de café, fomentando el fortalecimiento de comunidades sostenibles.

Para ello, es fundamental definir algunos conceptos clave:

- **Bioconstrucción:** Según Aizpurúa (2025) se entiende como un enfoque de edificación que prioriza el uso de materiales naturales, reciclables o reutilizables, para minimizar el daño causado al medio ambiente y promover un equilibrio con el entorno. Este modelo constructivo se basa en principios como la eficiencia energética, el uso de recursos locales y la reducción de desechos.



- **Habitabilidad:** Según Guevara & Domínguez (2025), Hace referencia a las condiciones óptimas que debe tener una vivienda para garantizar el bienestar de sus habitantes, incluyendo aspectos como ventilación, iluminación, confort térmico y accesibilidad.
- **Diseño bioclimático:** Según Rodríguez et al (2021) son estrategias arquitectónicas que buscan aprovechar las condiciones climáticas del entorno para reducir la demanda energética de la vivienda. *“Incluye la ubicación apropiada, el uso de materiales con alta inercia térmica y sistemas de ventilación natural”*.
- **Sostenibilidad en la construcción:** Según Acevedo & Ramírez (2012) Se refiere al desarrollo de edificaciones con un enfoque ecológico, priorizando la eficiencia en el uso

de materiales, así como la reducción del daño ambiental durante el ciclo de vida de la construcción. 28

- **Residuos agroindustriales aplicados a la construcción:** De acuerdo con Joza (2022), La reutilización de subproductos de la producción agrícola, como la cascarilla de café, y la cascarilla de arroz permite reducir la cantidad de desechos y desarrollar materiales innovadores con propiedades aislantes, mejorando la sostenibilidad de las edificaciones.

Estos conceptos enmarcan el desarrollo del prototipo de vivienda en un contexto de construcción eficiente y alineado con las necesidades ambientales y sociales de la comunidad de la Vereda Las Granjas. Además, la integración de estos principios favorece la implementación de estrategias de autosuficiencia energética y el aprovechamiento de recursos locales, como la cascarilla de café, promoviendo un modelo de construcción que no solo responde a las necesidades habitacionales de la comunidad, sino que también impulsa el desarrollo económico y la resiliencia ante el cambio climático.

Metodología propuesta

El estudio adopta un enfoque cualitativo y exploratorio, con el propósito de analizar la viabilidad de la bioconstrucción en comunidades rurales mediante el uso de materiales sostenibles. Se estructurará en cuatro fases, permitiendo la recopilación, evaluación y aplicación de información relevante para el diseño del prototipo de vivienda en la Vereda Las Granjas.

1. **Revisión de literatura:** Se realizó una búsqueda en bases de datos científicas, revistas especializadas y repositorios institucionales para identificar avances en:

- Principios y fundamentos de la bioconstrucción.
- Técnicas de construcción sostenible.
- Propiedades y usos de la cascarilla de café.

La información recopilada permitió establecer el desarrollo del prototipo de vivienda.

2. **Análisis de casos de estudio:** Se investigó experiencias previas de proyectos de bioconstrucción en Colombia y otros países con características climáticas y geográficas similares a las de la Vereda Las Granjas.
3. **Evaluación de materiales alternativos:** Se analizó la viabilidad del uso de la cascarilla de café como material de construcción, considerando su resistencia mecánica, capacidad de aislamiento térmico y acústico, durabilidad y facilidad de implementación.
4. **Propuesta de diseño del prototipo de vivienda:** se desarrolló un modelo conceptual de vivienda sostenible, integrando estrategias de diseño bioclimático, buscando reducir la huella ecológica del proceso constructivo y de la producción del café.

Este enfoque metodológico permite crear una base concreta para desarrollar un modelo ³⁰ de vivienda sostenible, que abarque los principios de la bioconstrucción, promoviendo alternativas habitacionales viables; que mitiguen el déficit habitacional que enfrentan las zonas rurales de las regiones cafeteras del país.

Análisis de Resultados

A partir de la investigación realizada, se analizó los aspectos clave de la bioconstrucción, centrándose en la selección de materiales sostenibles, la integración de técnicas bioclimáticas y la evaluación económica y social del modelo de vivienda propuesto para la Vereda Las Granjas.

1. Principios y fundamentos de la bioconstrucción.

Según Solano & Testa (2022) *“la bioconstrucción se fundamenta en el uso de materiales naturales y reciclados, para disminuir el impacto ambiental y brindar eficiencia energética al interior de las viviendas.”* Este enfoque prioriza el empleo de recursos renovables y técnicas de construcción adaptadas al entorno, promoviendo la autosuficiencia y la sostenibilidad a largo plazo. Entre sus principios fundamentales destacan:

- **Uso de materiales locales y de bajo impacto ambiental:** Según Arellano (2020), Se busca reducir la dependencia de insumos industriales que requieren altos niveles de energía para su producción y transporte; dentro de los cuales encontramos:

- **Madera:** material usado en la construcción sostenible debido a su capacidad 31 de adaptación, sostenibilidad y a su condición natural que le permite regular la humedad. En comparación con materiales estructurales tradicionales como el mortero y el acero, la madera es más ligera, lo que reduce las cargas de la edificación y minimiza las necesidades de cimentación. Además, su uso en estructuras permite una construcción más rápida y eficiente en comparación con sistemas convencionales. En noviembre de 2022, el departamento del Huila fue certificado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como el primer departamento en mitigar la deforestación del país; ya que en el departamento se encuentran 74 empresas que han implementado procesos adaptados al “*manual de buenas prácticas forestales*”, con el fin del aprovechamiento de forma sostenible de las diferentes especies maderables; trabajo realizado en conjunto con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM .

Las especies encontradas en la región, son el algarrobo, roble o nazareno, el cual se usa para vigas y pisos, ya que es una madera muy dura y pesada.

De igual manera, se encuentra que el dinde o fustete, el ocobo o roble morado y el guamo, también son maderas recomendadas ya que, al ser de tipo pesada, se puede usar en el proceso constructivo. (CAM, 2009).

-**Guadua:** De acuerdo con Contreras y Vaglianti (2018), “*la guadua es un material sustentable ampliamente usado para la construcción de viviendas y muebles debido a su resistencia y flexibilidad*”. De igual manera, Hernández &

Parra (2015) resaltan “*la resistencia a la compresión y al corte paralelo, lo cual convierte a la guadua en un recurso apropiado para ser usado en la construcción de viviendas sostenibles, ya que se encuentra catalogada como un material estructural sismo-resistente*”. 32

En el año 2020, el Arquitecto Juan Salamanca Balen diseñó el Centro etnoeducativo Walirumana en Uribia – Guajira; el cual utilizó elementos naturales en la construcción del centro, tales como tierra prensada para algunas paredes y guadua en tiras tejidas para puertas y como complemento de algunas paredes; este proyecto recibió un reconocimiento como el proyecto del año en 2022 en la Bienal Colombiana de Arquitectura y Urbanismo. Sin embargo, Hollander (2023) afirma que, a pesar de lo tradicional y sostenible de los materiales utilizados, estos no son propios de la región; la guadua, más asequible que otras maderas en Colombia, fue transportada desde el centro del país para este proyecto. Sin embargo, su uso en un clima árido presenta desafíos, ya que es una planta de clima menos agrestes, que tiende a secarse en condiciones extremas, incluso con tratamientos protectores. Además, importar materiales de construcción al desierto aumenta costos, la huella de carbono y puede afectar la durabilidad de la estructura, al no tener la adaptación esperada.

Tomado de: <https://arquitecturaviva.com/obras/centro-etnoeducativo-walirumana>



En el año 2013, Se construyó el “*Centro de Desarrollo Infantil el Guadual en el Municipio de Villa Rica -Cauca*”, el cual es un proyecto constructivo de baja tecnología, sostenible y duradero, que integra estrategias de captación de agua, iluminación y ventilación natural, además del uso de materiales propios de la zona y el uso de prácticas tradicionales. La textura de esterilla de guadua en las paredes de concreto evoca las antiguas construcciones de tapia pisada, mientras que las botellas recicladas, recolectadas por la comunidad, protegen las guaduas del cerramiento frente a la lluvia.

Ilustración 8: Centro de Desarrollo Infantil El Guadual.

Tomado de: <https://arquitecturaviva.com/obras/centro-de-desarrollo-infantil-el-guadual>



-Piedra: Molina & Fernández (2013) manifiestan que la piedra ha sido fundamental en la historia de la construcción por su gran capacidad para soportar cargas y su alta durabilidad con mínimo mantenimiento. Su resistencia a la compresión la hace ideal para estructuras, aunque suele combinarse con materiales como la madera para mejorar su desempeño; ya que su costo es elevado, porque se requiere mano de obra capacitada, actualmente se usa principalmente como revestimiento, destacando en fachadas ventiladas por sus propiedades térmicas y acústicas. Aunque no es un recurso renovable, es un material natural con beneficios en sostenibilidad y eficiencia energética.



- **Tierra apisonada o tapial:** El tapial es una técnica constructiva tradicional utilizada en edificaciones antiguas y en proyectos modernos de bioconstrucción, destacándose por su eficiencia térmica y acústica en climas templados. Su construcción requiere un proceso manual intensivo, aunque ha evolucionado con mejoras que optimizan calidad y velocidad (Duarte & Correia, 2018).

Se emplea tierra del sitio, correctamente dosificada con un mínimo de arcilla, agua y pequeñas cantidades de estabilizantes como cal o cemento. La estructura se forma con un encofrado ligero, que facilita su manejo, y un pisón que compacta la tierra en capas. Actualmente, los pisones tradicionales de madera han sido reemplazados por versiones neumáticas para mayor rapidez y menor costo. La técnica consiste en mover progresivamente el encofrado lateral y verticalmente para conformar el muro tramo a tramo. De acuerdo con Afanador & Bayona (2013) el tapial es un tipo de construcción más lento que otros, donde el tiempo de

fraguado depende del área del sitio y del material, el cual cuando es arenoso arcilloso se espera que sea de 16 días. Al ser un proceso más artesanal, los resultados son realmente llamativos, lo cual lo hace ideal para implementar en viviendas ecológicas y sostenibles.

Ilustración 10: Construcción antigua con tierra apisonada o tapial.
Tomado de: <https://construyediferente.com/tapial-tecnica-antigua-nueva/>



Ilustración 11: Técnica constructiva Tapial.
Tomado de: <https://construyediferente.com/tapial-tecnica-antigua-nueva/>

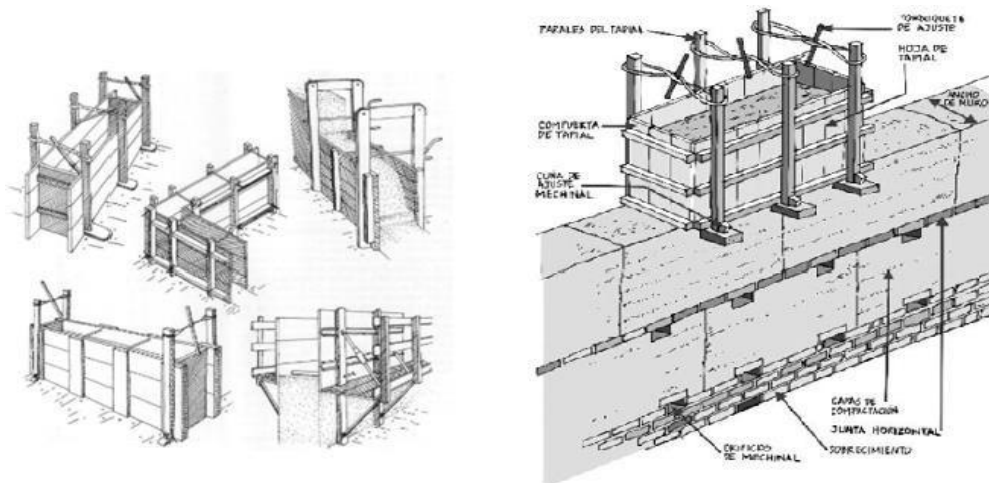


Ilustración 12: Proceso de construcción de un muro tapial.

Tomado de: <https://construyediferente.com/tapial-técnica-antigua-nueva/>

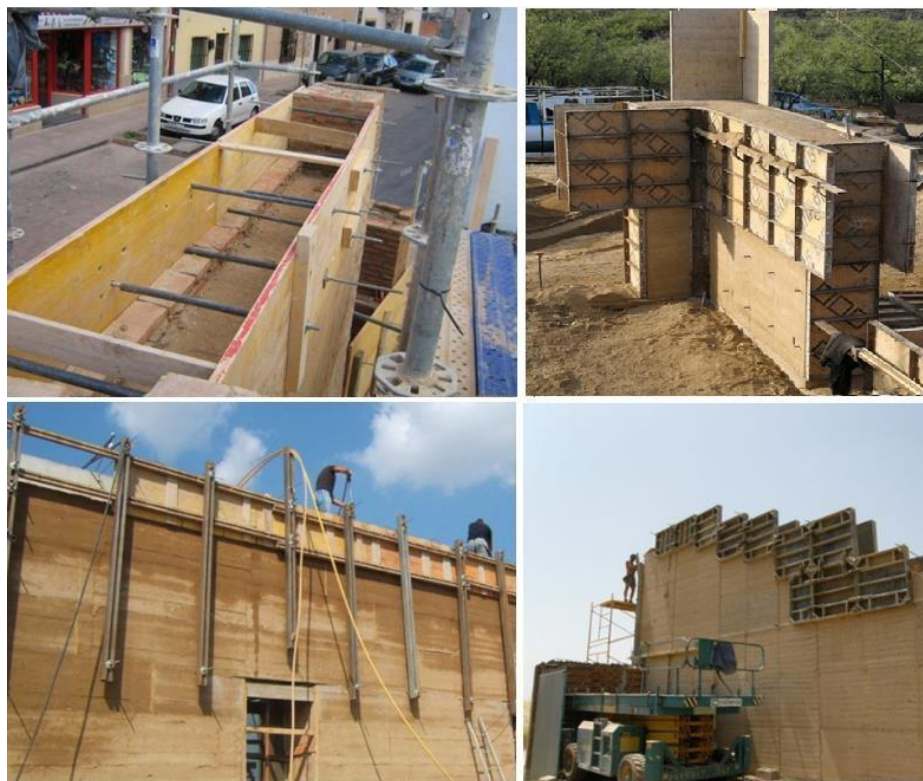


Ilustración 13: Construcción moderna con tierra apisonada o tapial.

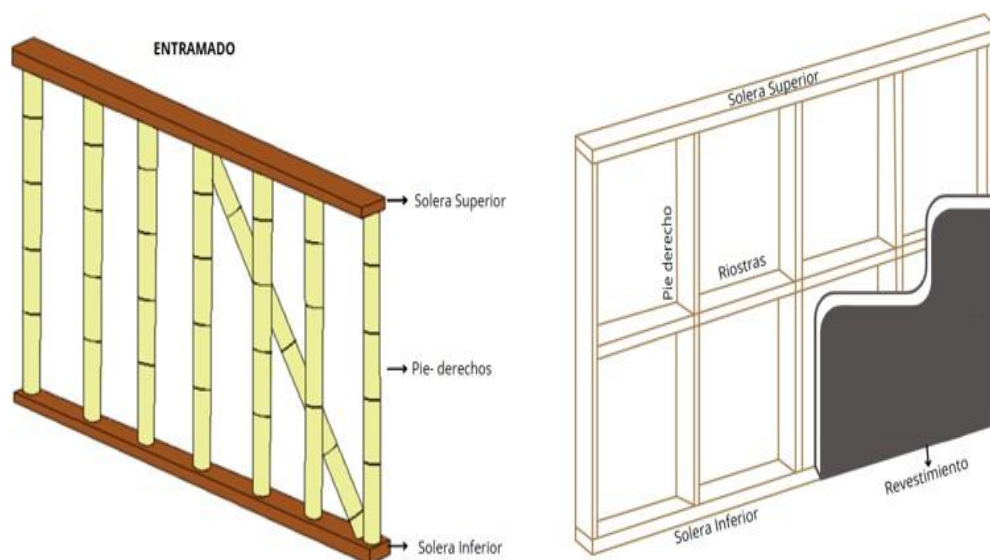
Tomado de : <https://construyediferente.com/tapial-arquitectura-sostenible/>



-Bahareque encementado:

Según la NSR-10 Capítulo E.7 – se define bahareque encementado a un “*técnica para hacer estructuras de muros basado en la construcción de muros cimentadas con un entramado de guadua, o guadua y madera combinadas, sobre el que se fija una esterilla de guadua revestida con malla de alambre, la cual se revoca con un mortero de cemento*”.

Ilustración 14: Constitución del bahareque encementado, entramado y recubrimiento.
Tomado: NSR -10 Capítulo E.7



De acuerdo con Ortiz & Pinto (2016) su flexibilidad lo hace sismo-resistente, ya que permite cierto movimiento sin colapsar. Es un sistema más ligero que el tapial y se usa en zonas donde la madera o la guadua son abundantes.

Ilustración 15: Proceso constructivo del Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC). Concreto reforzado, bahareque, entramado de carrizo y tejido de palma.

39

Tomado de: <https://www.archdaily.co/co/762081/guadalajara-mexico-un-edificio-comunitario-de-muros-de-bahareque-y-celasia-de-carrizo>



- **Diseño bioclimático:** De acuerdo con Betman et al (2024), el diseño bioclimático es la implementación de estrategias pasivas para optimizar el confort térmico y la eficiencia energética, disminuyendo la necesidad de calefacción o refrigeración artificial. Dentro de las cuales se encuentran las fachadas auto -sombreadas, que según Nikpour & Kandar (2012) son una estrategia de enfriamiento pasivo que, busca la prevención del calor, controlando el grado de rayos solares que recibe la vivienda; mejorando el confort térmico y a la vez, permitiendo el ingreso de luz natural; reduciendo así el consumo energético.
- **Autoconstrucción y participación comunitaria:** Ayala et al (2024) plantea que *“la integración de la comunidad en el proceso constructivo ayuda a disminuir el valor de la mano de obra”*. De igual manera Turner (1976) en su obra *“Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments”* el cual es pionero en el tema de autoconstrucción, expresa que esta es una estrategia efectiva que permite a las personas construir sus propias viviendas a un bajo costo y a la vez brinda mayor sentido de pertenencia al participar del proceso constructivo.

2. Técnicas de construcción sostenibles.

Con las técnicas de construcción sostenible, se busca disminuir el impacto ambiental causado por el sector de la construcción y aprovechar la eficiencia energética y la utilización de recursos; es por ello, que para el desarrollo de este prototipo de vivienda se busca una adecuada implementación de las mismas. Esta iniciativa se lleva a cabo en alineación con la Normativa Sismo-resistente NSR-10, capítulo G.12, que establece

directrices específicas para garantizar la seguridad estructural y promover prácticas⁴¹ de construcción responsables con estructuras de Guadua, el cual es un sistema constructivo que se puede complementar con el Capítulo E.7 sobre Bahareque encementado.

Es por ello que Salazar (2003) indica en su estudio sobre muros divisorios en bahareque encementado que estos tienen buen comportamiento respecto al impacto, ya que la malla complementada con la esterilla de guadua y el pañete dan como resultado una superficie lo suficientemente fuerte para resistir un impacto e impedir una falla del muro; lo cual lo hace un material apropiado para implementar en el desarrollo de este prototipo de vivienda; ya que el objetivo es crear un espacio habitable que no solo cumpla con los requisitos de seguridad, sino que también sea ambientalmente responsable, fomentando el uso de materiales sostenibles y técnicas que promuevan el ahorro energético y la conservación de recursos.

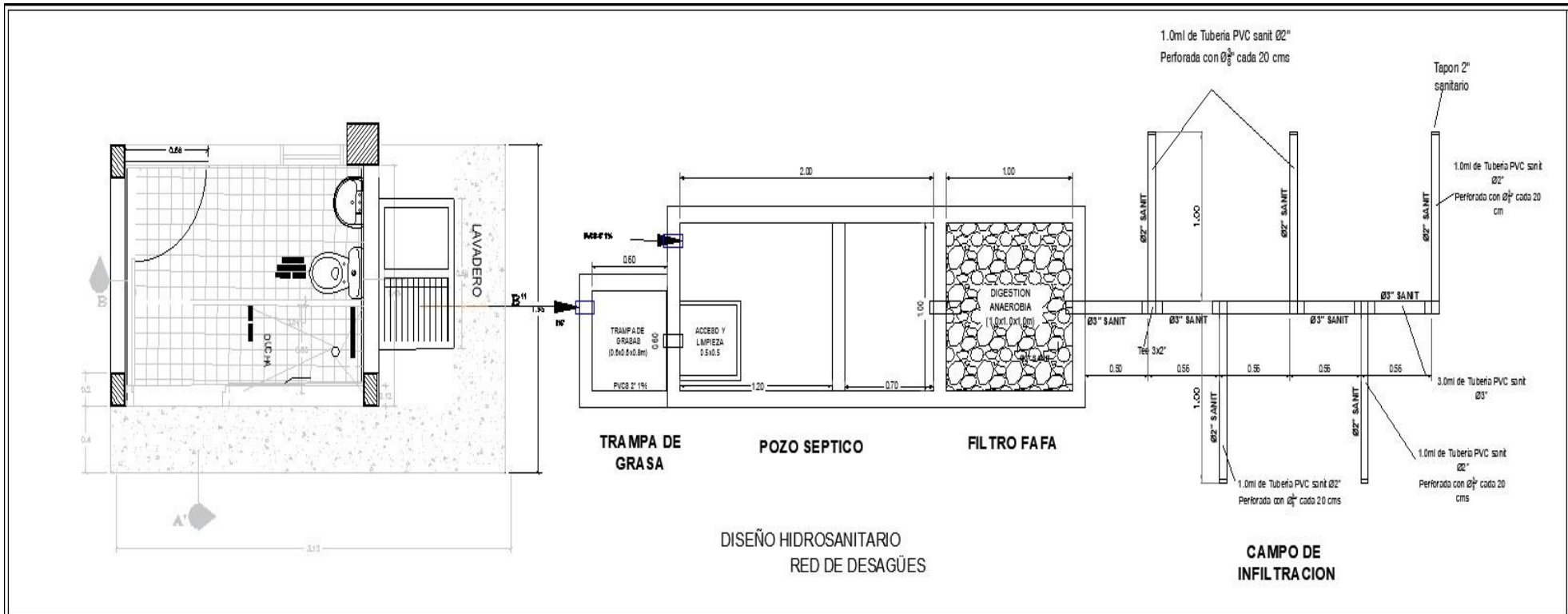
Es preciso incluir dentro de las técnicas de construcción sostenible, el saneamiento básico.

- ***Saneamiento básico***

- El Ministerio de Salud y Protección Social (2022), indica que saneamiento básico hace referencia a las “*técnicas empleadas para eliminar sanamente residuos sólidos, excrementos y aguas residuales domésticas (ARD)*”; es por ello, que se contempla implementar el Sistema de tratamientos de aguas residuales del proyecto Tipo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de

Unidades sanitarias para vivienda rural, el cual se puede observar en las⁴² ilustraciones 16 y 17

El sistema de tratamiento de aguas residuales, es una alternativa adecuada para sitios que no cuenten con alcantarillado; ya que busca tratar las aguas residuales domésticas, con el fin de prevenir la contaminación de fuentes hídricas cercanas (Rondón, 2024). El proceso inicia en un pequeño tanque diseñado para retener las grasas que provienen de la cocina, impidiendo que lleguen al pozo séptico. Luego, el pozo séptico permite la descomposición de la materia orgánica mediante bacterias anaerobias, separando los residuos en lodo, natas y líquido intermedio. Dado que su eficiencia es del 20% al 40%, se complementa con un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), donde bacterias filtran la materia orgánica residual. El efluente tratado puede reutilizarse en riego, infiltración o descargarse en fuentes de agua de forma segura.



TANQUE SEPTICO



1. Excavar un hoyo de 30x30 cm de lado y de profundidad.
2. Llenar con agua saturándolo. La saturación debiera hacerse llenando con agua el pozo cuantas veces sea necesario, por espacio de una hora.
3. Dejar drenar el agua completamente e inmediatamente volver a llenar con agua limpia hasta una altura de 15 cm.
4. Anotar el tiempo que tarda en bajar los primeros 2.5 cm (1 pulgada), para la cual deberá disponerse de una regla graduada. Por ejemplo, si durante 30 minutos el nivel del agua descende 2 cm, la tasa de percolación sera de:

$$30 \text{ min} / 2 \text{ cm} = 15 \text{ min/cm} = 37.5 \text{ min}/2.5 \text{ cm}.$$

TASA DE FILTRACION (Tiempo requerido para que el agua baje 2.5 cm en 10 centímetros)	POROSIDAD DEL TERRENO Absorción	TIPO DE SUELO
2 3	Absorción rápida	Arena gruesa o grava
4 5	Absorción media	Arena fina franco arenosa
10 15 30	Absorción lenta	Franco arcilloso
45 50 60	Terreno semipermeable	Arcilla compacta

INAPROPIADO SI SOBREPASA DE 30 min/2.5 cm.

PRESUPUESTO UNIDAD SANITARIA -SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				\$ 27.674
1.1	Trazado en el terreno	m ²	6,24	\$ 4.435,00	\$ 27.674
2	CONSTRUCCION BAÑO				\$ 4.573.452
2.1	EXCAVACIONES				
2.1.1	Excavaciones a mano en material común para cimentación	m ³	2,64	\$ 35.487,00	\$ 93.686
2.2	CIMENTACION				
2.2.1	Concreto de 3000 psi (210 kg/cm ²) para Cimentación	m ³	0,78	\$ 567.149,00	\$ 442.376
2.2.2	Concreto ciclópeo	m ³	0,63	\$ 379.833,00	\$ 239.295
2.2.3	Placa contrapiso de 0.08 m concreto 3000 psi (210kg/cm ²) según plano. Incluye refuerzo malla electrosoldada, según planos	m ²	5,44	\$ 60.523,00	\$ 329.245
2.2.4	Relleno con material seleccionado compactado con rana	m ³	1,09	\$ 102.554,00	\$ 111.784
2.2.5	Acero de refuerzo 60.000 psi (4200kg/cm ²)	kg	92,30	\$ 5.950,00	\$ 549.185
2.3	MAMPOSTERIA CON PANETES				
2.3.1	Muro en Bahareque encementado (Malla con vena)	m ²	13,83	\$ 133.879	\$ 1.851.547
2.4	ESTRUCTURA				
2.4.1	Viga de amarre superior para caseta (0.12X0.20m); concreto 3000 psi (210kg/cm ²), reforzada con 4 varillas de 1/2", estribos de 3/8" según plano	m	7,93	\$ 37.429,00	\$ 296.812
2.4.2	Concreto de 3000 psi (210kg/cm ²) para Columnetas de confinamiento	m ³	0,31	\$ 978.180,00	\$ 303.236
2.4.3	Acero de refuerzo 60.000 psi (4200kg/cm ²)	kg	59,88	\$ 5.950,00	\$ 356.286
2.5.2	Viga culata 0.12 x 0.15 m en concreto de 3000 PSI (210kg/cm ²), con refuerzo según planos	m	7,74	\$ 42.697,00	\$ 330.475
3	INSTALAR REDES DEL BAÑO				\$ 2.072.299
3.1	INSTALACIONES SANITARIAS				
3.1.1	Suministro e instalación de combo sanitario económico, incluye inodoro, lavamanos jabonero, toallero, ducha	und	1,00	\$ 456.160,00	\$ 456.160,00
3.1.2	Suministro e instalación de Tubería sanitaria de 4"	m	3,90	\$ 42.839,80	\$ 167.075,00
3.1.3	Punto sanitario de 4" Sanitario	und	1,00	\$ 103.954,00	\$ 103.954,00
3.1.4	Suministro e instalación de Tubería sanitaria de 2"	m	3,00	\$ 15.472,00	\$ 46.416,00
3.1.5	Punto sanitario de 2" Lavamanos, Ducha y Lavadero	und	3,00	\$ 119.620,00	\$ 358.860,00
3.1.6	Suministro e instalación de Lavadero prefabricado 60x90 en concreto, acabado con cerámica	und	1,00	\$ 190.000,00	\$ 190.000,00
3.2	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
3.2.1	Suministro e instalación de Red de suministro PVC 1/2"	m	8,00	\$ 13.772,00	\$ 110.176,00
3.2.2	Punto hidráulico sanitario, ducha, lavamanos y lavadero	und	4,00	\$ 41.136,00	\$ 164.544,00
3.3	INSTALACIONES ELECTRICAS				
3.3.1	Salida lampara de muro	und	2,00	\$ 79.161,00	\$ 158.322,00
3.3.2	Punto eléctrico interruptor doble	und	1,00	\$ 107.832,00	\$ 107.832,00
3.3.3	Conexión circuito eléctrico existente en la vivienda	m	10,00	\$ 20.896,00	\$ 208.960,00
4	REALIZAR ACABADOS DEL BAÑO				\$ 527.529
4.1	ACABADOS				
4.1.3	Enchape cerámica pared 20x20	m ²	10,84	\$ 48.665,00	\$ 527.529,00
5	CONSTRUCCION DE TANQUE SEPTICO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO				\$ 5.482.573
5.1	REALIZAR OBRAS PRELIMINARES TANQUE SEPTICO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO				
5.1.1	Trazado sobre terreno	m ²	3,96	\$ 3.412,00	\$ 13.512
5.1.2	Excavación a mano en terreno común	m ³	7,91	\$ 35.487,00	\$ 280.702
5.2	CONSTRUCCION TRAMPA DE GRASAS				
5.2.1	Construcción trampa de grasas, de conformidad con planos, cantidades y especificaciones	und	1,00	\$ 386.614,00	\$ 386.614
5.3	CONSTRUCCION TANQUE SEPTICO Y FILTRO ANAEROBIO FAFA				

5.3.1	Construcción tanque séptico de conformidad con planos, cantidades y especificaciones	und	1,00	\$ 2.715.042,00	\$ 2.715.042
5.3.2	Construcción filtro anaerobio FAFA de conformidad con planos, cantidades y especificaciones	und	1,00	\$ 978.107,00	\$ 978.107
5.3.3	Lecho Filtrante. Medio Sintético Plástico Filtrante (Rosetón) Polipropileno. Superficie específica $\geq 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Liviano peso $\leq 40\text{kg}/\text{M}^3$.	m^3	0,95	\$ 421.956,00	\$ 400.858
5.3.4	Membrana PVC con apertura de 2x2mm		1,00	\$ 86.190,00	\$ 86.190
5.4	CONSTRUCCION CAMPO DE INFILTRACION				
5.4.1	Campo de infiltración, tubería de drenajes PVC 3" y 2", incluye excavación y relleno material gravas o piedras limpias, según especificaciones	und	1,00	\$ 621.548,00	\$ 621.548
COSTO DIRECTO					\$ 12.683.527
Administración		17%			\$ 2.156.200
Imprevistos		3%			\$ 380.506
Utilidad		5%			\$ 634.176
SUBTOTAL AIU		25%			\$ 3.170.882
TOTAL					\$ 15.854.409

De acuerdo con el presupuesto anterior, construir el Sistema de tratamientos de aguas residuales basado en el proyecto Tipo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Unidades Sanitarias para vivienda rural tiene un costo de *cinco millones cuatrocientos ochenta y dos mil quinientos setenta y tres pesos (\$5.482.573)* a costo directo.

Este monto incluye un tanque séptico y un sistema de tratamiento, que abarca las obras preliminares necesarias, tales como el trazado sobre el terreno y la excavación a mano en terreno común. Además, se contempla la construcción de una trampa de grasas, un tanque séptico y el filtro anaerobio FAFA, acorde a los planos y especificaciones técnicas del proyecto. Además, un lecho filtrante y un campo de infiltración, que incluirá tuberías de drenaje de PVC de 3" y 2", con excavación y relleno de material de grava según las especificaciones.

En cuanto la construcción del baño este incluye enchape cerámica 20x20, sanitario, lavamanos y ducha, se tiene contemplado un presupuesto de *cinco millones quinientos*

treinta y siete mil ciento noventa y cinco pesos (\$5.537.195). De acuerdo con la NSR-103 – Capítulo E.7 – Bahareque Encementado, respecto a “los baños deben enchaparse completamente la zona húmeda, para lo cual el enchape debe ser pegado con mortero impermeable”; lo anterior, de acuerdo con Vera (2022) debido a que la guadua no debe quedar expuesta a la humedad, ya que esta la deteriora, causando hongos y pérdida de las propiedades del material, lo cual debilita la estructura.

Por su parte, como complemento al tema de saneamiento básico, la empresa EMPITALITO ESP, ha implementado el “Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Rurales”, el cual tiene cobertura en 7 corregimientos del Municipio de Pitalito, dentro de los cuales se encuentra Chillurco.

Imagen 1: rutas de recolección de residuos sólidos inservibles en la zona rural del Municipio de Pitalito- Tomado de <https://empitalito.gov.co/es/servicios/aseo-rural/https://empitalito.gov.co/es/servicios/aseo-rural/>

CORREGIMIENTO	ruta	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	OBSERVACION
LA LAGUNA	Ruta 1: Escuela 7 de agosto, Centro Poblado, Via Principal, Cruce Laguna Verde, El Remolino. Ruta 5: Cruce Vda. 7 de Agosto, Arroyanes, El Bombo, Cruce La Manuelita, El Mirador, La Unión, Centro Poblado						Se recogerá el primer y tercer VIERNES de cada mes
GUACACALLO	Ruta 2: 1 ½ Km hacia Buenos Aires, Centro Poblado, B/ Renacer, El Tigre, Las Colinas, Paraiso La Palma. Ruta 6: 1 ½ Km hacia Buenos Aires, Centro Poblado B/ Renacer, El Tigre, Paraiso La Palma, Mortifal.						Se recogerá el segundo y cuarto MIÉRCOLES de cada mes
CRIOLLO	Ruta 3: Cabuyo Palmeras, Palmar de Criollo, Jardín, Colegio de Criollo, Rincón de Contador, Aeropuerto. Ruta 8: Criollo, Batallón, Cabuyal del Cedro, La Palma, Naturaleza Extrema, Santa Inés, San Francisco, Camberos, Hacienda Labovos, El Limón						Se recogerá el segundo y cuarto MARTES de cada mes
CHILLURCO	Ruta 4: Puente Guarapas, Risaralda, Granjas, Pradera, Pedregal, chillurco, Barsaloza, Filo de Chillurco, Cristo Rey, Alto Pinos, Monte Bonito, El Rosal, Miravalles, Girasol, Pompeya, Cálamo, San Roque. Ruta 4: Puente Guarapas, Risaralda, Granjas, Pradera, Pedregal, chillurco, Barsaloza, Filo de Chillurco, Cristo Rey, Alto Pinos, Monte Bonito, Cabildo, tecnoparque, Danubio, La Paz Cálamo						Se recogerá el primer y tercer JUEVES de cada mes
REQUEROS	Ruta 7: Sinai, Via Principal, Sibila, Charco del Oso, Mortifal, Cabaña Venecia, Guamal- La Reserva						Se recogerá el segundo VIERNES de cada mes
PALMARITO	Ruta 7: Los Andes, Vista Hermosa, Palmarito, Santa Rosa- San Martín, Betania, Lucitania, (Escuela), Tabacal						Se recogerá el segundo VIERNES de cada mes
CHARGUAYACO	Ruta 9: Centro Poblado, Escuela Charguayaco, Cruce Vdas. Baranquilla, Paraiso, charguayaco, La Estrella, Alto Naranjo, Cruce Surcolombiana, Macal, El Triunfo, Santa Rita, Via Acevedo, Terminal, Higuierón						Se recogerá el primer y tercer MARTES de cada mes

Respecto al suministro de agua potable, esta se obtiene directamente de la Quebrada La Seca y se transporta a través de un sistema de mangueras hasta el corregimiento de Chillurco, con este sistema se garantiza el acceso al agua de la zona de manera constante. (CAM, 2015)

3. Propiedades y aplicación de la cascarilla de café en la bioconstrucción.

La Magister en Construcción Jenny Coral (2019) en su estudio sobre el Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color, manifiesta que la cascarilla de café es una excelente fuente de celulosa y lignina, así como de sílice y cenizas.

De acuerdo con Agustín (2023), *“la celulosa, es el principal componente estructural de las paredes celulares de las plantas, un polisacárido compuesto por largas cadenas de glucosa que proporciona rigidez y soporte a la estructura de la planta, que posee cierta capacidad para absorber agua, influyendo de manera directa en la humedad del material”*; lo cual hace que sea apropiado para usar como material de construcción debido a que contribuye tanto al aislamiento térmico como acústico.

En cuanto a la lignina, Urrego & Godoy (2021) manifiestan que este *“es un polímero que se encuentra en las paredes celulares de las plantas”*, que para este caso sería en la cascara de café; la cual hace que las paredes celulares sean impermeables al agua, protegiendo al grano de café de la descomposición; propiedad que es de gran utilidad al ser usado como material en la construcción.

Respecto al sílice, González (2016) indico en su estudio que este es un compuesto químico que aumenta la resistencia a la compresión y la durabilidad de los materiales de construcción; el cual reacciona con el hidróxido de calcio para dar paso a compuestos que contribuyen a la resistencia del material; disminuyendo la permeabilidad del material, haciéndolo más resistente a la penetración de agua y otros agentes agresivos.

De igual manera, Olano & Benites (2021) expresan que las cenizas son *“ese residuo inorgánico que resulta luego de la combustión de la materia orgánica”*; que contiene diversos

minerales y óxidos metálicos que pueden influir en las propiedades del material; mejorando la⁵ resistencia y durabilidad del material.

Estos componentes que se encuentran presentes en la cascarilla de café, contribuyen tanto al aislamiento térmico y acústico, como a la resistencia a la compresión y la durabilidad del material en el que se adicione; de igual manera, al ser un subproducto agrícola, su uso en la construcción contribuye a la gestión de residuos y a minimizar el impacto ambiental.

Prototipo de vivienda

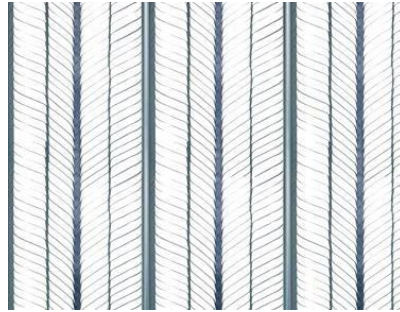
La vivienda se implantará en un lote de terreno de propiedad de los habitantes, de 22 metros de frente por 32 metros de fondo, con un área total de 704 m². Se tiene contemplado fundir una placa de concreto de 15.68 metros de largo por 10.06 metros de ancho, para un total de 157.74 m². No obstante, la vivienda se ubicará dejando un metro libre en cada lado como andén; por lo anterior, el área construida efectiva sería de 13.68 metros por 8.06 metros, es decir, 110.27 m², en un solo nivel, con una altura de 2.80 metros, lo cual permite la ventilación cruzada y el confort térmico.

La estructura estará compuesta por una placa de cimentación, columnas y vigas en concreto armado, mientras que para los muros se implementará el bahareque encementado, el cual según Hurtado (2023) es *“la técnica más avanzada dentro de la clasificación del bahareque tradicional, ya que sustituye el pañete en tierra y boñiga por mortero de cemento con arena”*. Según la NSR-10, Capítulo E – 7, el bahareque encementado es una técnica donde los muros están compuestos por un entramado de guadua, reforzado con diagonales en “V” en los extremos para mejorar la rigidez, revestidos con esterilla de guadua y malla metálica con vena y posteriormente se aplica un

mortero de cemento, arena y agua, sin utilizar tierra como material de relleno o revestimiento; ya⁶ que la tierra tiene baja resistencia a la humedad y menor durabilidad.

Ilustración 18: Malla con vena-

Tomado de: <https://www.hierroshb.com/producto/malla-con-vena/>



Por lo anterior, para el recubrimiento, se realizará con un mortero con 2.5 partes de arena, una parte de cemento y 0.5 parte de cascarilla de café; según Coral (2019) con esta última adición se puede aportar propiedades aislantes; lo anterior con el fin de proteger la estructura del entramado y evitar el ataque de la humedad a la guadua.

De acuerdo con Kaminski & Trujillo (2016), *“La vivienda de bahareque encementado puede ser una forma duradera de vivienda, logrando 50 años de vida de diseño a través de un buen diseño”*; de ahí, la necesidad de mantener seca la guadua; por lo cual, en su Guía de Diseño para la Vivienda de Bahareque Encementado, recomiendan *“grandes voladizos para proteger las paredes de la lluvia”*. Por lo tanto, para la cubierta a dos aguas, se busca que sea liviana, fácil de instalar y compatible con la estructura de guadua, con voladizos suficientes, para evitar que los muros perimetrales se humedezcan cuando llueva; para lo cual se plantea la teja metálica trapezoidal galvanizada.



La vivienda está pensada para una familia de cinco personas, contempla sala-comedor, cocina, tres habitaciones, un baño con ducha, sanitario, lavamanos y accesorios, zona de lavandería y andenes perimetrales; con pisos en concreto esmaltado, que incluyen una adición de cascarilla de café.

Respecto a las puertas del interior de la vivienda y las ventanas, se conformarán con unos marcos modulares de madera de cedro unidos con bisagras de 3" y tejidas en fique; mientras que las puertas del exterior serán de madera de roble extraída de la zona.

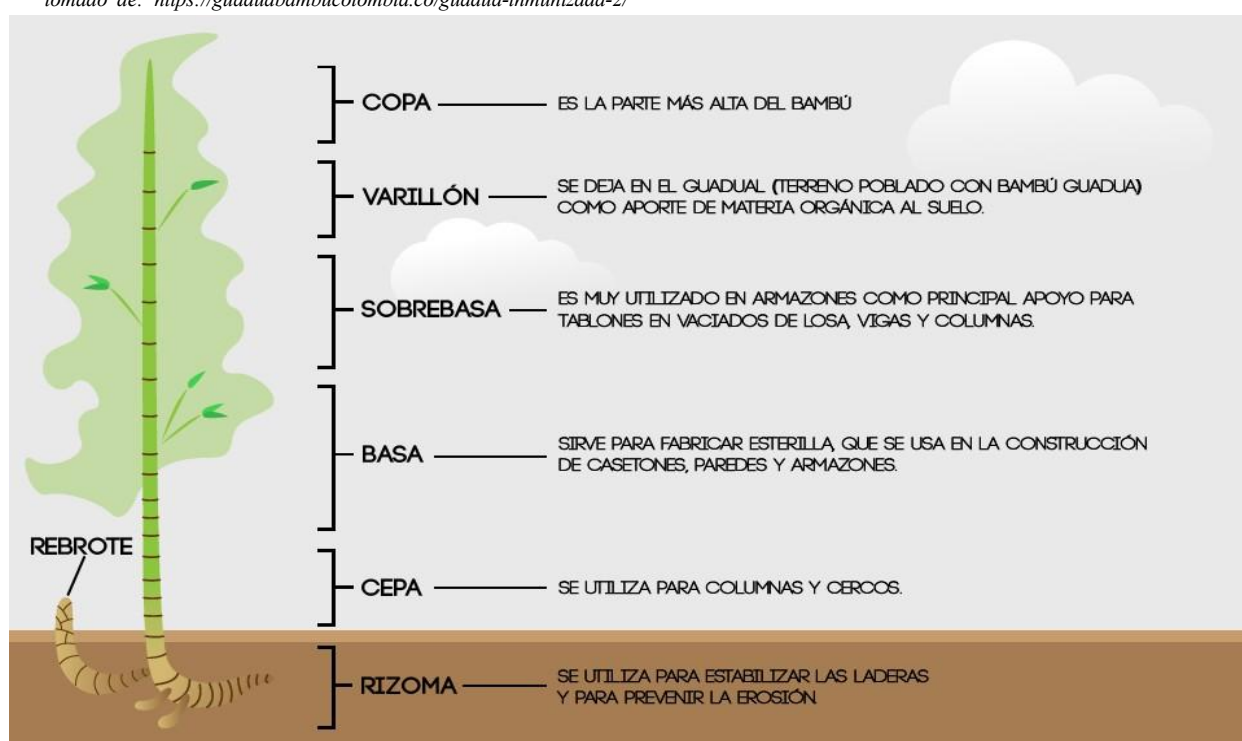
Ilustración 20: modelo puerta y ventana.
Tomado de: <https://images.adsttc.com/media/images/54db/7b08/>



Se busca que los materiales sean extraídos de fuentes sostenibles; haciendo de la guadua no solo el principal elemento estructural, sino también un recurso clave en términos de sostenibilidad ambiental; ya que Pitalito se ha afianzado como líder en Colombia en cuanto a la producción de guadua, su preservación y de manera especial en el aprovechamiento sostenible (Alcaldía Municipal de Pitalito, 2021).

Ilustración 21: Partes de la guadua.

tomado de: <https://guaduabambucolombia.co/guadua-inmunizada-2/>



Con esta propuesta se busca disminuir el déficit habitacional que hay en la zona, impulsando la autoconstrucción con materiales sostenibles, lo cual disminuye los costos entre un 20% y un 30% respecto a las construcciones tradicionales; de igual manera, otro aspecto que disminuye los costos es que el terreno es de propiedad de los habitantes, por lo tanto, este valor no se incluye en el presupuesto.

Se plantea construir la vivienda iniciando con el replanteo y nivelación del terreno, la⁹ excavación y fundición de las zapatas, la instalación de pedestales y columnas, para luego fundir la placa de cimentación, acorde al proceso constructivo indicado en la NSR -10; para lo cual se estima un tiempo de 25 días, debido a los tiempos de curado de concreto de la placa y las columnas respectivamente.

Por lo anterior y mientras se da el proceso de curado del concreto, se busca avanzar con la fabricación de los paneles que conformaran el entramado. Cabrera & Jaramillo (2024) plantean que el *“ensamble de los paneles se adaptan al contexto constructivo de la zona y a la disposición del personal”*. En una vivienda de 44m², el cual desarrollaron como modelo de vivienda progresiva con bambú en los cantones de Muisne y Atacames, en la provincia de Esmeraldas, Ecuador, los paneles fueron fabricados en 12 horas de trabajo por una cuadrilla de 3 personas y el montaje de la estructura del entramado de la casa se realizó en dos días.

Hay que tener en cuenta, que, al tratarse de autoconstrucción, los tiempos podrían duplicarse, dependiendo de la mano de obra disponible. De igual manera, otro factor que puede influir en los tiempos, es el clima, toda vez, que la lluvia retrasa el desarrollo de las actividades; por lo cual se estima que el tiempo requerido para la construcción de la vivienda es de 3 meses.

Una vez transcurrido el tiempo necesario para fraguar, se procede a realiza el montaje del entramado, el cual se debe anclar a las columnas de concreto para proceder a recubrir con el mortero y continuar con el proceso constructivo.

A continuación, presento un presupuesto que busca identificar si es viable o no el proyecto.

PRESUPUESTO VIVIENDA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				\$ 2.372.270
1.1	Localización y replanteo	M2	157,0	\$ 4.435,00	\$ 696.295
1,2	Descapote y limpieza (incluye retiro)	M2	157,0	\$ 10.675,00	\$ 1.675.975
2	CIMENTACION				\$ 7.951.747
2,1	Excavación manual (incluye retiro)	M3	24,00	\$ 35.487	\$ 851.688
2,2	Relleno con material seleccionado compactado con rana	M3	22,05	\$ 19.886,00	\$ 438.486
2,3	Concreto ciclópeo	M3	6,52	\$ 379.833,00	\$ 2.476.511
2,4	Vigas de cimentación de 0,25 x 0,20 incluye refuerzo	ML	43,80	\$ 78.111,00	\$ 3.421.262
2,5	Placa contrapiso de 0.08 m concreto 3000 psi (210kg/cm²) según plano. Incluye refuerzo malla electrosoldada, según planos	M3	12,62	\$ 60.523,00	\$ 763.800
3	ESTRUCTURA				\$ 5.053.278
3,1	Viga de amarre superior (0.12X0.20m); concreto 3000 psi (210kg/cm²), reforzada con 4 varillas de 3/8", estribos de 1/4" según plano	ML	43,80	\$ 65.346,00	\$ 2.862.155
3,2	Concreto de 0,20 x 0,20 para Columnetas de confinamiento	M3	2,24	\$ 978.180,00	\$ 2.191.123
4	MAMPOSTERIA				\$ 9.699.311
4,1	Muro en bahareque encementado incluye Malla con vena	M2	63,58	\$ 140.982,00	\$ 8.963.636
4,2	Muro en esterilla para exterior área de lavado, sala y comedor	M2	28,85	\$ 25.500,00	\$ 735.675
5	CUBIERTA				\$ 6.976.163
5,1	Cubierta en Teja 3,05 X 0,8m 0.30mm Arquitectónica Galvanizada incluye estructura en guadua para la instalación de las tejas	M2	180,03	\$ 38.750,00	\$ 6.976.163
6	INSTALACIONES SANITARIAS				\$ 1.322.465
6,1	Suministro e instalación de combo sanitario económico, incluye inodoro, lavamanos jabonero, toallero, ducha	und	1,00	\$ 456.160,00	\$ 456.160,00
6,2	Suministro e instalación de Tubería sanitaria de 4"	m	3,90	\$ 42.839,80	\$ 167.075,00
6,3	Punto sanitario de 4" Sanitario	und	1,00	\$ 103.954,00	\$ 103.954,00
6,4	Suministro e instalación de Tubería sanitaria de 2"	m	3,00	\$ 15.472,00	\$ 46.416,00
6,5	Punto sanitario de 2" Lavamanos, Ducha y Lavadero	und	3,00	\$ 119.620,00	\$ 358.860,00
6,6	Suministro e instalación de Lavadero prefabricado 60x90 en concreto, acabado con cerámica	und	1,00	\$ 190.000,00	\$ 190.000,00

7	INSTALACIONES HIDRAULICAS					\$ 274.720
7,1	Suministro e instalación de Red de suministro PVC 1/2"	m	8,00	\$ 13.772,00		\$ 110.176,00
7,2	Punto hidráulico sanitario, ducha, lavamanos y lavadero	und	4,00	\$ 41.136,00		\$ 164.544,00
8	INSTALACIONES ELECTRICAS					\$ 2.243.916
8,1	Salida lampara de muro	und	12,00	\$ 79.161,00		\$ 949.932,00
8,2	Punto eléctrico interruptor doble	und	12,00	\$ 107.832,00		\$ 1.293.984,00
9	ACABADOS					\$ 785.359
9,1	Pintura con cal hidratada	m2	21,63	\$ 11.920,00		\$ 257.830,00
9,2	Enchape cerámica 20x20	m2	10,84	\$ 48.665,00		\$ 527.529,00
10	CARPINTERIA					\$ 2.026.600
10,1	Puerta exterior madera de cedro	UND	2,00	\$ 329.800,00		\$ 659.600,00
10,2	Puertas internas con Marcos modulares de madera de cedro unidos con bisagras de 3" y tejidas en fique	UND	3,00	\$ 149.000,00		\$ 447.000,00
10,3	Ventanas con Marcos modulares de madera de cedro unidos con bisagras de 3" y tejidas en fique	UND	8,00	\$ 115.000,00		\$ 920.000,00
11	TRANSPORTE					\$ 1.000.000
11,1	Transporte	und	1,00	\$ 1.000.000,00		\$ 1.000.000
COSTO DIRECTO						\$ 39.705.829
Administración		17%				\$ 6.749.991
Imprevistos		3%				\$ 1.191.175
Utilidad		5%				\$ 1.985.291
SUBTOTAL AIU		25%				\$ 9.926.457
TOTAL						\$ 49.632.286

El prototipo de vivienda, diseñado bajo criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de materiales locales, requiere una inversión estimada de \$49.632.286 lo cual representa una alternativa económicamente viable frente a sistemas constructivos convencionales.

Adicional a esto es preciso incluir los costos para la construcción de la unidad sanitaria y el sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual está contemplado en \$15.854.409.

Descripción	Valor
Presupuesto vivienda	\$49.632.286
Unidad sanitaria y el sistema de tratamiento de aguas residuales	\$15.854.409
Total	\$65.486.695

Es decir, que el costo total es de *sesenta y cinco millones cuatrocientos ochenta y seis mil seiscientos noventa y cinco pesos (\$65.486.695)*; lo cual lo hace viable, toda vez que el Proyecto tipo planteado por el Departamento Nacional de Planeación en los Lineamientos para la construcción de vivienda de interés social nueva rural versión 1.0 de febrero de 2025 plantea un presupuesto de \$92.679.411 por vivienda con un área aproximada entre 50 y 55 m² (DNP, 2025)

Conclusiones

La vivienda se construirá en el corregimiento Chillurco, municipio de Pitalito, Huila; en un lote de terreno de 22 metros de frente por 32 metros de fondo, con un área de 704 m². Se tiene contemplado fundir una placa de concreto de 15.68 metros de largo por 10.06 metros de ancho, para un total de 157.74 m². No obstante, la vivienda se ubicará dejando un metro libre en cada lado como andén; por lo anterior, el área construida efectiva sería de 13.68 metros por 8.06 metros, es decir, 110.27 m², en un solo nivel, con una altura de 2.80 metros, lo cual permite la ventilación cruzada y el confort térmico. Las paredes de bahareque encementado, con puertas de madera; respecto a las puertas internas y las ventanas serán unos marcos modulares de madera de cedro unidos con bisagras de 3" y tejidas en fique. El piso de concreto esmaltado y cubierta a dos aguas de teja metálica trapezoidal galvanizada; en cuanto a las zonas húmedas como baños, cocina y

zona de lavado, atendiendo la NSR-10 – Capítulo E.7 – Bahareque Encementado, estos deben¹³ ir enchapados, utilizando mortero impermeable para pegar las baldosas.

Finalmente, para el acabado de los muros, se pintará con cal hidratada, la cual cubre las porosidades del muro e impide que la humedad afecte las paredes; una de las propiedades destacadas de la cal es su carácter bactericida y antihongos, lo que contribuye a mantener ambientes saludables al proteger los muros contra el moho y los hongos.

De igual manera, esta vivienda busca cubrir las necesidades básicas de sus habitantes, garantizando espacios dignos y funcionales, es por ello que, para la sala, el comedor y la pared exterior del área de lavado, se plantea un muro entretejido que permita que el aire circule dentro de la vivienda.

*Ilustración 22: carrizo entretejido (de la familia de la guadua).
Tomado de: <https://www.archdaily.co/co/762081/>*

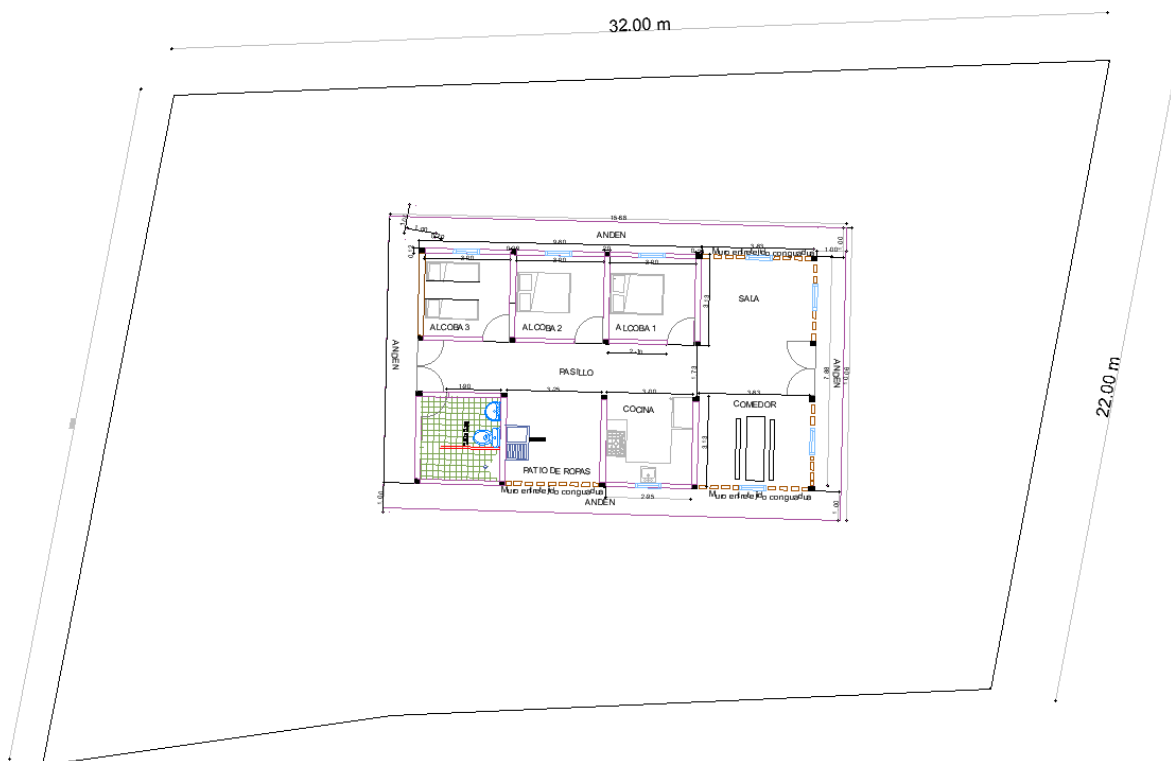


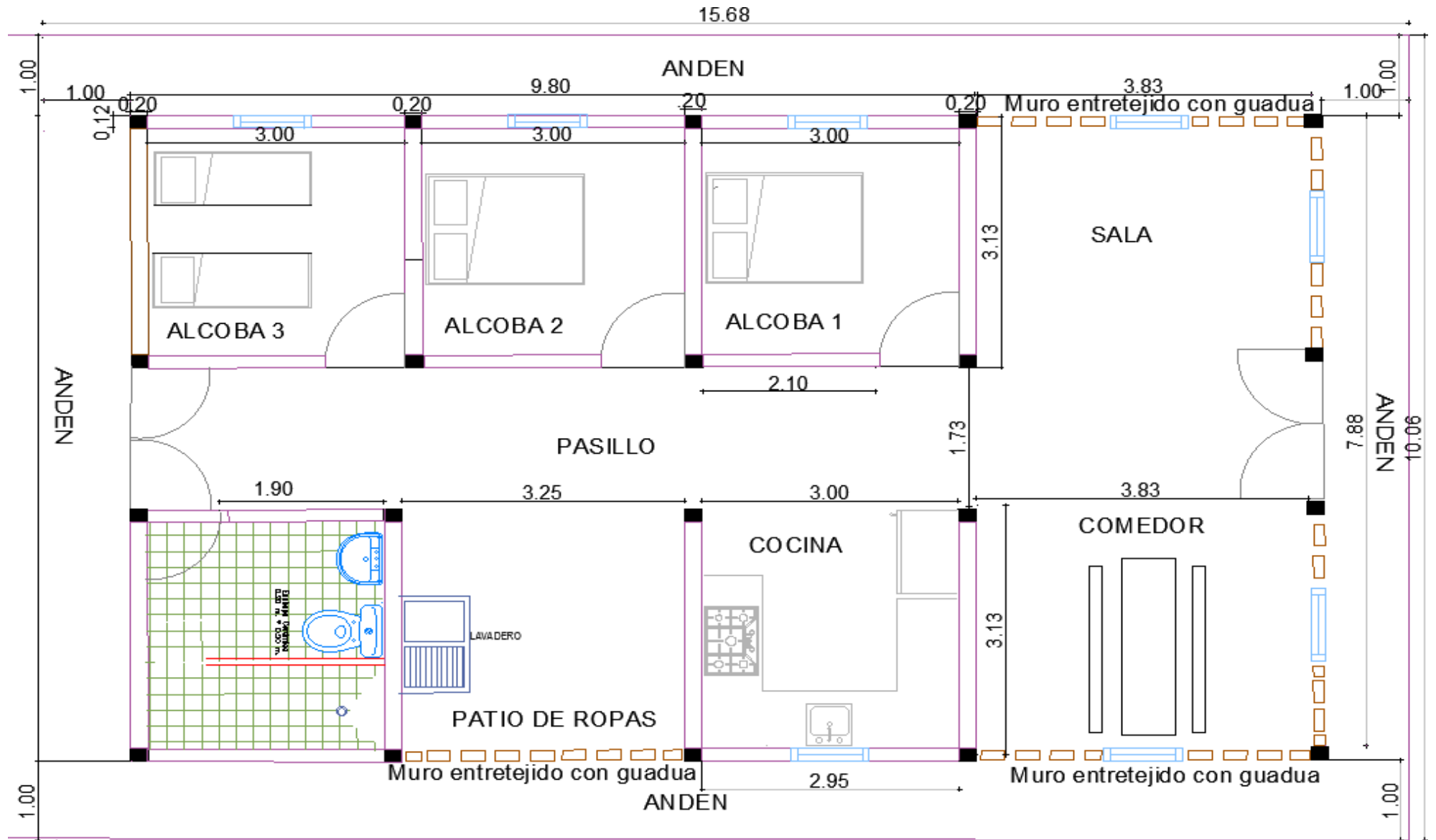
De igual manera, se puede concluir que construir con guadua y bahareque encementado, es más económico que una construcción tradicional y aparte del factor económico, la guadua es

un material de larga duración, que brinda resistencia a la estructura; así mismo, es importante¹⁴ resaltar, que al usar recursos naturales propios de la región, aporta su grado de economía en los costos finales, ya que no es necesario pagar por los altos costos de transporte.

Otro aspecto a resaltar de este tipo de proyecto, es que no solo optimiza costos, sino que también promueve la interacción social y cultural en la zona rural, rescatando saberes tradicionales y favoreciendo el uso de tecnologías.

Ilustración 23: Implantación en lote. Elaboración propia





- Acevedo, H., & Ramírez, A. V. (2012). *Gestión y Ambiente*, 15(1), 105-117.
- Afanador, N., & Bayona, M. C. (2013). Experimentación, comportamiento y modelación de la tapia pisada . *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, 22(35), 47-59.
- Agustín, E. d. (2023). *Estudio y reinterpretación de las funcionalidades y materiales empleados en la construcción de un complejo residencial en Metz*.
- Aizpurúa, P. (2025). Arquitectura Sostenible en Panamá: Innovación y Uso de Materiales Reciclados en la Construcción. . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 12075-12096. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16776
- Alcaldía Municipal de Pitalito. (20 de Octubre de 2021). *Pitalito municipio anfitrión del Primer Encuentro Nacional de Guadua y Bambú*. <https://www.alcaldia-pitalito.gov.co/index.php/noticias/item/6991-pitalito-municipio-anfitrión-del-primer-encuentro-nacional-de-guadua-y-bambu>
- all, J. L. (2020). *Análisis político y económico de la deforestación en regiones afectadas por el conflicto en Colombia*.
- Angie Mayel Guevara, J. D. (2025). Habitabilidad en viviendas sociales. Caso de estudio. *Revista Científica de Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 49-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.005>
- Arellano, D. (2020). *Metodología para el desarrollo de materiales constructivos de bajo impacto ambiental en México*.
- Arquitectura sostenible*. (25 de Febrero de 2021). Hassan Fathy, “el arquitecto de los pobres”: <https://arquitectura-sostenible.es/hassan-fathy-arquitecto-pobres/>
- Ayala, V., Galeano, A., Garzón, E., Gil, D., Guerrero, A., Marin, M., . . . Ramirez, M. J. (2024). *Prototipo dotacional autoconstructivo para la integración comunitaria en las zonas rurales de Ladera . Caso de estudio: Vereda la Paloma, Santa Rosa de Cabal*.
- Betman, A., Balter, J., & Ganem, S. M. (2024). Influencia de los parámetros de diseño de protecciones solares en la eficiencia energética en climas áridos templados fríos, Mendoza, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 14(2), 122-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.02.10>

Biohabitabilidad- La salud de nuestro entorno habitual. (s.f.).
<https://www.geobiologia.org/es/salud-y-vivienda>

Caballero, J. C. (2021). *Las construcciones sostenibles, desde el punto de vista de la utilización de los materiales artificiales y de los recursos naturales en Colombia.*

Cabello, F. J. (2008). Los materiales de construcción y el medio ambiente. *Medio Ambiente & Derecho : revista electrónica de derecho ambiental* .

CAM. (2009). *Guía de identificación de maderas aserradas en el departamento del Huila.*

CAM. (2012). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca Hidrográfica del río Guarapas.* Huila.

CAM. (2015). *Resolución No. 2267* .

CAM. (25 de Noviembre de 2022). Huila, primer departamento en obtener certificación de Madera Legal : <https://www.cam.gov.co/prensa/blog/2022/11/25/huila-primer-departamento-en-obtener-certificaci%C3%B3n-de-madera-legal/>

Canto, G. (2014). *Las ecoaldeas y los principios de la permacultura en el Uruguay : una alternativa para migrar de la ciudad al campo.* Uruguay.

Conforme-Zambrano, G. D. (2020). *Arquitectura bioclimática.* Ecuador.

Coral, J. A. (2019). *Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color.* <https://doi.org/https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/concreto-sostenible-con-cascarilla-de-café>.

DNP. (2025). *Lineamientos para la construcción de vivienda de interés social nueva rural.*

Duarte, G., & Correia, M. A. (2018). Arquitectura tradicional de tierra en Europa: un patrimonio de entramado y encestado, adobe, tapia y pared de mano. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas. Mario J. Buschiazzi*, 48(2), 239-256.

Fernández, M. &. (2013). Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España. *Revista de la construcción* , 12(2), 102-115.

Finagro. (2012). *Perspectiva del sector agropecuario Colombiano.* Bogotá.

Francisco, B. (2016). *Los escombros: La gestión de RCD en el mundo.* España.

Godoy, W. U. (2021). Revisión -Aprovechamiento de los residuos de la agroindustria del café en la elaboración de materiales compuestos de matriz polimérica. *Prospectiva*, 19(2), 1-15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15665/rp.v19i2.2590>.

- González, A. (2016). *Obtención de recubrimientos superhidrofugantes para materiales de construcción, mediante el uso de nanopartículas de sílice funcionalizadas*.
- Heloísa Schneider, J. S. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile.
- Hernández, J. O. (2024). *Estrategia de educación ambiental en el manejo de residuos sólidos orgánicos en el eco Campus de la Universidad América en la ciudad de Bogotá*.
- Hollander, K. (16 de Octubre de 2023). *The Architectural Review*. Secándose: Centro Educativo Walirumana en La Guajira, Colombia por Salba Estudio: <https://www.architectural-review.com/buildings/running-dry-walirumana-educational-centre-la-guajira-colombia>.
- Hurtado, J. D. (2023). *Comportamiento de paneles de guadua con revoque en tierra ante fuerza horizontal*.
- Jaramillo, C. C. (2024). Optimización constructiva de paneles de bambú para vivienda: estudio comparativo de casos. *Arquitectura +*, 9(18), 103-117.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/arquitectura.v9i18.19062>.
- Joan Amir Arroyave Rojas, J. C. (2011). Evaluación económica de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. *Producción + Limpia*, 6(1), 76-84.
<https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a07.pdf>
- Joza, K. J. (2022). *Propuestas agroindustriales para la reutilización de desechos agrícolas generados en el cantón Junín, provincia de Manabí*.
- Lerolle, N. A. (2022). *Comportamiento sostenible del WPC (Wood Plastic Composite / cisco de café más PVC reciclado) frente a materiales en muros de construcción convencionales utilizados para la vivienda de interés social rural en Colombia*.
- Manzi, L. (27 de Agosto de 2020). *ONU MIGRACION*. <https://rosanjose.iom.int/es/blogs/la-migracion-rural-hacia-las-ciudades-desafios-y-oportunidades>.
- Marín, T. (10 de octubre de 2023). *Bioconstrucción: Guía completa de técnicas y materiales para construir de manera ecológica y saludable*. <https://ecohabitar.org/bioconstruccion-guia-completa-de-tecnicas-y-materiales-para-construir-de-manera-ecologica-y-saludable/>
- Ministerio de Salud y protección Social . (2022). *ABECÉ : Agua, Saneamiento básico y Gestión Integral de Residuos Generados en la Atención en Salud y otras Actividades*.
- Monsalve, J. S. (2019). *Aplicación de la guía PMBOK 6ed en la planificación de la construcción de vivienda tipo VIS en el Municipio de Valdivia (Antioquia) , con materiales ecológicos*.

- Nikpour, M. Z. (2012). Heat transfer reduction using self shading strategy in energy comissionbuilding in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, 12(9), 897-901. <https://doi.org/10.3923/jas.2012.897.901>.
- Olano, P. L., & César, M. B. (2021). Incremento del valor de soporte del suelo adicionando eco estabilizante a partir de cenizas cascarilla de café arábica. *Suelos Ecuatoriales*, 51(1), 68-76. [https://doi.org/10.47864/SE\(51\)2021p68-76_127](https://doi.org/10.47864/SE(51)2021p68-76_127).
- Oliver, B. D. (2018). *Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible*. Valencia .
- Paredes, B. S. (2024). *Aprovechamiento de residuos de cascara de café para la obtención de material de construcción*.
- Picazo, C. R. (20189). *Parámetros que configuran una relectura contemporanea de la arquitectura vernácula*. Madrid.
- Pinto, L. A. (2016). *Construcción SIsmo resistente sostenible adapta al cambio climático*.
- POGOTECH. (2017). *Cifras mundiales acerca del procesamiento de RCD - Residuos de la construcción y demolición*. <https://pogotech.eu/es/rcd/>.
- Portafolio. (05 de Julio de 2022). *Producción de café en Colombia en primer semestre de 2022 bajo 5%*. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/produccion-de-cafe-en-colombia-en-primer-semester-de-2022-567822>.
- Rodríguez-Miranda Sergio, M.-Á. O.-N. (2021). Evaluación por simulación dinámica del comportamiento térmico en una casa interés social con la incorporación de estrategias de arquitectura bioclimática en Guanajuato, México. *Ingeniería, Investigación y Tecnología, XXII*(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.004>.
- Rondón, J. J. (2024). *Suelos sin restricciones para la construcción de una planta de tratamiento de agua residual domestica (PTARD) en el municipio de Victoria caldas, medinate Geoprocesos a partir de Sistemas de Información Geográfica*.
- Salazar, P. (2003). *Muros divisorios en bahareque encementado*.
- Schettini, L. A., & Arvelo, M. G. (2024). Identificación de materiales alternativos y sostenibles utilizados en la construcción de vivienda social en Manabí. *Polo del conocimiento*, 9(12), 2107-2138. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i12.8606>.
- Sebastian Rovira, J. P., & Schaper, M. (2017). *Ecoinnovación y producción verde - Una revisión sobre las politicas de AMerica Latina y el Caribe*.

- Segarra, C. (2020). *Elementos Modulares: una propuesta en base de fibras naturales de trigo y 5 cascarilla de café*.
- Tejera, E. V. (2017). *La apreciación estética del paisaje: Naturaleza, artefacto y símbolo*. Madrid.
- Testa, E. E. (2022). La bioconstrucción en Latinoamérica: una redención ante la crisis por pandemia . *Revista Nodo* , 32(16), 33-42.
- Trujillo, S. K. (2016). *Guía de Diseño para la Vivienda de Bahareque Encementado*.
- Turner, J. F. (1976). *Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments* .
- Vaglianti, M. C. (2018). *Diseño de proyecto de la guadua como material alternativo para la construcción de viviendas sustentables en el Km 10 Vía al Mirador Restrepo -Meta*.
- Vargas, R. P. (25 de Febrero de 2022). *El municipio de Colombia que más café produce está en el Huila*. Mas Colombia: <https://mascolombia.com/el-municipio-que-mas-cafe-produce-esta-en-el-huila/>.
- Vélez-Aspiazu, E. E. (2017). Impactos ambientales producidos por la construcción de vivienda a gran escala en la ciudad de Guayaquil. *Revista científica Dominio de las Ciencias*, 1066 - 1085.
- Vera, O. E. (2022). *Proyecto de Vivienda VIC Sostenible en guadua para la ciudad de Armenia - Tipología de vivienda de 2 pisos* .
- Villanueva, D. (2018). *Análisis de la situación y recomendaciones de política de bioeconomía*. Medellín.
- Winchester, L. (2008). La dimensión económica de la pobreza y precariedad urbana en las ciudades latinoamericanas. Implicaciones para las políticas del hábitat. *Revista Eure*, 34(103), 27-47.
- Yahyane, F. (2019). *Guía de Bioconstrucción : Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables*.
- Yessica Fernández Cortés, K. D. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *REVISTA PRODUCCIÓN + LIMPIA*, 93-109.