



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

ESCUELA DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN ARQUITECTURA CON MENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE**

**EL “SUPER ADOBE” Y LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE
UNA VIVIENDA DE CARÁCTER SOCIAL: CASO CAYAMBE,
ECUADOR.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**MAGÍSTER EN ARQUITECTURA CON MENCIÓN EN
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.**

AUTOR: ARQ. MIGUEL ÁNGEL VERA PARDO

TUTOR: MSC. ARQ. ANDREA MARCELA PARRA ULLAURI

Napo - Ecuador

2024

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Tena, 14 de junio de 2024

Yo, MIGUEL ÁNGEL VERA PARDO, con documento de identidad N°172195161-2, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Máster en Arquitectura con mención en Construcción Sostenible, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Miguel Ángel Vera Pardo

172195161-2

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Tena, 14 de junio de 2024

Yo, MIGUEL ÁNGEL VERA PARDO, con documento de identidad N° 1721951612, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “EL “SUPER ADOBE” Y LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE CARÁCTER SOCIAL: Caso Cayambe, Ecuador.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Miguel Ángel Vera Pardo

1721951612

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Tena, 14 de junio de 2024

Yo, Andrea Marcela Parra Ullauri con número de 0104433883 cédula, certifico que el trabajo de titulación “EL “SUPER ADOBE” Y LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE CARÁCTER SOCIAL: Caso Cayambe, Ecuador” realizado para la obtención del título Magíster en Arquitectura con mención en Construcción Sostenible, realizado por Miguel Ángel Vera Pardo ha sido revisado y cumple con los requisitos establecidos por la universidad, para su entrega y defensa.

Andrea Marcela Parra Ullauri

Docente tutor

andrea.parra.arq@gmail.com

DEDICATORIA

A mi familia que formó parte de este objetivo desde el inicio, en especial a Nathaly mi amada esposa que me ha alentado en todo el proceso y siempre fue mi apoyo incondicional y motivación para cumplir esta nueva etapa en mi vida.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Regional Amazónica Ikiam, por darme la oportunidad de recibir esta Maestría y ser una ayuda para la sociedad.

A Nathaly por su amor, apoyo y comprensión.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Argumentación del Tema y Alcance	1
1.2 Importancia.....	4
1.3 Justificación	6
1.3.1 Problemática.....	10
1.3.2 Definición de la Problemática.....	10
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos	15
1.5 Metodología	15
1.5.1 Diseño de la Investigación, Enfoque Metodológico y Alcance.....	15
1.5.2 Unidad de Análisis o Caso de Estudio.....	16
1.5.3 Análisis de los Datos	16
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	18
2.1 Marco Teórico.....	18
2.1.1 Hábitat Primitivo, Construcción Sostenible e Importancia del Sistema Constructivo.....	18
2.2 Estado del Arte	25
CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN Y TIPO DE VIVIENDA EN CAYAMBE	31
3.1 Población y Tamaño	31
3.2 Tipo de Vivienda	32

CAPITULO 4. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE SÚPER ADOBE	38
4.1 Investigación de Buenos Procedimientos para la Fabricación de un Súper Adobe	39
4.2 Métodos y Materiales del Súper Adobe	39
4.2.1 Materiales.....	44
4.2.2 Pasos	47
4.2.3 El Análisis de la Tierra Donde se Construirá	48
4.2.4 Cimentación, Impermeabilización y Drenaje.....	49
CAPÍTULO 5. PROPUESTA.....	52
5.1 Propuesta de Vivienda con Sistema Constructivo de Súper Adobe	52
5.2 Presupuesto de una Vivienda en Adobe y de una Vivienda en Hormigón.....	56
5.3 Presupuestos de Vivienda de Interés Social	57
5.4 Análisis y Comparación de Eficiencia y Confort Térmico de la Vivienda Prototipo Propuesta	68
5.5 Modelo de Vivienda de Interés Social con Estrategias Pasivas	69
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Vivienda en Cayambe	9
Tabla 3.1: “Población Cayambe”	31
Tabla 3.2: Proyección de la Población en Cayambe	32
Tabla 3.3: “Tipo de Vivienda en el Cantón Cayambe año 2022”	32
Tabla 3.4: Licencias de Construcción en el Cantón Cayambe	33
Tabla 3.5: Fuerza Laboral del Cantón Cayambe	33
Tabla 3.6: Población en Condición de Pobreza en Cayambe	34
Tabla 4.1: Resumen Estadístico de Resistencia de las Dosificaciones con Sacos de Cabuya y Polipropileno.....	43
Tabla 5.1: Presupuesto de Vivienda de Interés Social MIDUVI 2022	57
Tabla 5.2: Presupuesto de Vivienda de Interés Social con Súper Adobe	60
Tabla 5.3: Base de Transmitancia Térmica de Vivienda De Interés Social con Sistema Tradicional.....	71
Tabla 5.4: Base de Transmitancia Térmica de Vivienda de Interés Social con Súper Adobe	72
Tabla 5.5: Tabla de Resultados de Análisis en “Design Builder”	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Materialidad de la Mampostería en las Edificaciones de la Región Sierra. .	12
Figura 2.1: Domo con Súper Adobe de Santiago Gallegos en la Parroquia “Lloa”.	22
Figura 2.2: Construcción de Domo con Súper Adobe por Santiago Gallegos en “Lloa”. .	23
Figura 2.3: Construcción de “Moradas Verdes”, con Súper Adobe en Forma Ortogonal.	24
Figura 2.4: Detalle Constructivo de “Moradas Verdes”, con Súper Adobe.....	24
Figura 3.1: Planta Arquitectónica de Vivienda Social (MIDUVI).....	35
Figura 3.2: Fachadas y Cortes de Vivienda Social (MIDUVI).....	36
Figura 3.3: Planta de Cubiertas de Vivienda Social (MIDUVI).	37
Figura 4.1: Construcción de Comunidad Indígena.	38
Figura 4.2: Vivienda de Súper Adobe.	39
Figura 4.3: Sacos de Yute.....	40
Figura 4.4: Figura 4-4: Bandeja de Muestras.....	40
Figura 4.5: Tierra + Agua + Cemento. Fuente: Miranda (2016).	41
Figura 4.6: Prueba de Maleabilidad. Fuente: Miranda (2016).	41
Figura 4.7: Suelo Común.	44
Figura 4.8: Cemento Portland.	44
Figura 4.9: Alambre de Púas.....	45
Figura 4.10 Sacos de Polipropileno.....	45
Figura 4.11: Sacos de Cabuya.	46
Figura 4.12: Agua.	46
Figura 4.13: “La Morada”.	51
Figura 5.1: Detalle de Estrategias Aplicadas (Modelo con Súper Adobe).....	52
Figura 5.2: Planta Baja (Modelo con Súper Adobe).	53
Figura 5.3: Corte x-x’ / Corte y-y’ (Modelo con Súper Adobe).....	53
Figura 5.4: Fachadas (Modelo con Súper Adobe).	54
Figura 5.5: Detalle de Trabe y Anclaje Esquinero (Modelo con Súper Adobe).	55
Figura 5.6: Detalle de Cimentación (Modelo con Súper Adobe).....	55

Figura 5.7: Detalle de Cubierta (Modelo con Súper Adobe).	56
Figura 5.8: Gráfico Comparativo de Presupuestos.....	63
Figura 5.9: Vivienda Social Desarrollada por el “MIDUVI”	64
Figura 5.10: Propuesta de Vivienda con Súper Adobe con Estrategias Pasivas.....	65
Figura 5.11: Gráfico Comparativo del Porcentaje de Participación Nacional Mínimo (%).	67
Figura 5.12: Casa de Apoyo Post Sismo del 2017 México.	68
Figura 5.13: Planta Fachada con Estrategias Pasivas (Modelo de Súper Adobe).	71
Figura 5.14: Gráfico del Mes Más Cálido (Enero) – Modelo Tradicional.....	73
Figura 5.15: Gráfico del Mes Más Frío (Julio) – Modelo Tradicional.....	74
Figura 5.16: Gráfico del Mes Más Cálido (Enero) – Modelo Súper Adobe.....	74
Figura 5.17: Gráfico del Mes Más Frío (Julio) – Modelo Súper Adobe.....	75
Figura 5.18: Gráfico Comparativo del Mes Más Cálido (Enero).	76
Figura 5.19: Gráfico Comparativo del Mes Más Frío (Julio).	76
Figura 5.20: Gráfico Comparativo de Humedad en el Mes Más Cálido (Enero).	77
Figura 5.21: Gráfico Comparativo de Humedad en el Mes Más Frío (Julio).	78

RESUMEN

La construcción es un elemento dinamizador de la economía, es así que, en el año 2021 este sector representó el 7,3% del PIB ecuatoriano, la industria de la construcción desempeña un papel crucial en la economía del país, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) y generando empleo para una gran parte de la población. Sin embargo, el sector enfrenta diversos desafíos en términos de sostenibilidad ambiental y eficiencia económica. Partiendo de este dato podemos decir que hay un alto porcentaje de viviendas ineficientes a un costo que nos hace pensar en la especulación, ya que en muchas ocasiones no cumplen con los debidos márgenes de confort, generando un gasto adicional en sistemas artificiales y mejoras continuas. Sin embargo, la sierra ecuatoriana no es la excepción, tal y como vemos los datos en Cayambe, donde el 70.96% de viviendas son tipo villa y un 8.8% medias aguas, viviendas que no cumplen con los parámetros de confort, carecen en su mayoría de estrategias pasivas y esto a corto, mediano y largo plazo involucra mayores costos, debido a las deficiencias que van desde el origen de la villa. Es por esto que en esta investigación se plantea hacer el análisis comparativo de costos de la construcción de una vivienda de interés social propuesta por el MIDUVI en el año 2022 y una vivienda de interés social con características similares, pero adaptada a un sistema constructivo de súper adobe con estrategias pasivas de diseño, siendo el objetivo definir el costo beneficio de cada sistema desde el punto económico y también un breve análisis de confort interno de cada modelo de vivienda. Para la presente investigación se tomó como muestra poblacional al cantón Cayambe que cuenta con las propiedades idóneas para poder implementar el sistema de súper adobe, ya que su geografía y clima son propicios para poder analizar el modelo planteado, se registra que su población en un 70.94% es indígena, también se observa márgenes de pobreza considerables. En base al análisis realizado en esta investigación, el modelo de vivienda de interés social que se planteó con el sistema de súper adobe tiene un costo de construcción menor en un 3.62% en relación al modelo planteado con el sistema constructivo convencional. Siendo este resultado muy favorable para poder incluir este sistema constructivo al momento de plantear vivienda de interés social para la región sierra. Además, se realizó el análisis de la temperatura promedio y la humedad relativa en ambos modelos y se obtuvo que el modelo con súper adobe es más eficiente en comparación que el modelo convencional. Es más constante durante las 24 horas; sin embargo, a pesar de que el comportamiento del súper adobe es muy favorable para la temperatura interna, no se logró que esté dentro del rango de confort que nos indica la NEC-HS-CL, pero si se mantiene confortable en lo que concierne a humedad relativa promedio. Es decir, se puede corroborar que el sistema con súper adobe es mucho más benéfico por sus propiedades como material y sistema constructivo para ser aplicado en la ciudad de Cayambe, es una buena opción para retomar las técnicas constructivas sostenibles con tierra en la región sierra del Ecuador.

PALABRAS CLAVES: Súper adobe, costos de construcción, procesos constructivos con tierra, vivienda de interés social, confort térmico, Ecuador.

ABSTRACT

In 2021, this sector represented 7.3% of Ecuador's GDP. The construction industry plays a crucial role in the country's economy, contributing significantly to the Gross Domestic Product (GDP) and generating employment for a large part of the population. However, the sector faces several challenges in terms of environmental sustainability and economic efficiency. Based on this data, we can say that there is a high percentage of inefficient housing at a cost that makes us think of speculation, since in many cases they do not meet the proper margins of comfort, generating an additional expense in artificial systems and continuous improvements. However, the Ecuadorian highlands are no exception, as we see the data in Cayambe, where 70.96% of houses are villa type and 8.8% are half-timbered, houses that do not meet the comfort parameters, most of them lack passive strategies and this in the short, medium and long term involves higher costs, due to the deficiencies that go from the origin of the villa. This is why in this research we propose to make a comparative cost analysis of the construction of a social housing proposed by MIDUVI in the year 2022 and a social housing with similar characteristics, but adapted to a construction system of super adobe with passive design strategies, being the objective to define the cost benefit of each system from the economic point of view and also a brief analysis of the internal comfort of each housing model. For this research, the population sample was taken from the Cayambe canton, which has the ideal properties to implement the super adobe system, since its geography and climate are conducive to analyze the proposed model, it is recorded that 70.94% of its population is indigenous, and there are also considerable margins of poverty. Based on the analysis carried out in this research, the model of social interest housing that was proposed with the super adobe system has a lower construction cost by 3.62% in relation to the model proposed with the conventional construction system. This result is very favorable for including this construction system in the design of low-income housing for the highlands region. In addition, the analysis of the average temperature and relative humidity in both models showed that the super adobe model is more efficient than the conventional model. It is more constant during the 24 hours; however, although the behavior of the super adobe is very favorable for the internal temperature, it is not within the comfort range indicated by the NEC-HS-CL, but it does remain comfortable in terms of average relative humidity. In other words, it can be corroborated that the system with super adobe is much more beneficial for its properties as a material and construction system to be applied in the city of Cayambe, it is a good option to resume sustainable construction techniques with earth in the highland region of Ecuador.

KEYWORDS: Super adobe, construction costs, earth construction processes, social housing, thermal comfort, Ecuador.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

“EL “SUPERADOBE” Y LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE CARÁCTER SOCIAL: Caso Cayambe, Ecuador”.

1.1 Argumentación del Tema y Alcance

La vivienda de interés social es un pilar fundamental en cualquier sociedad, ya que asegura que todos los ciudadanos tengan acceso a un hogar seguro y adecuado. En Ecuador, un país con una creciente necesidad de viviendas económicas, el uso del súper adobe ha ganado importancia como una opción para edificar viviendas de interés social, sostenibles y accesibles (Sangucho-Barros et al., 2023). Esta técnica, que fusiona métodos tradicionales con innovaciones modernas, proveer soluciones que sean económicamente viables y ambientalmente sostenibles para la edificación de viviendas, convirtiendo así en una opción atractiva para afrontar los desafíos habitacionales del país. En esta investigación, exploráramos la relevancia del súper adobe en el contexto de la vivienda de interés social en Ecuador, resaltando sus ventajas en términos de coste y sostenibilidad, lo que lo posiciona como una alternativa prometedora para elevar la calidad de vida de las comunidades de escasos recursos.

Según el informe "Desafíos y oportunidades en el acceso a la vivienda en Ecuador", elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) en colaboración con el Gobierno de Ecuador, se destaca que la ciudad de Cayambe enfrenta una serie de dificultades en materia de vivienda, incluyendo la falta de acceso a viviendas adecuadas, hacinamiento y condiciones de habitabilidad precarias (ONU-HABITAT, 2017). Este informe resalta la urgencia de intervenir en la problemática de la vivienda en Cayambe y otras regiones de Ecuador para garantizar el derecho a una vivienda digna. Esta localidad, ubicada en la provincia de Pichincha, enfrenta obstáculos significativos en lo que respecta a la calidad y disponibilidad de viviendas para sus habitantes debido a los factores antes mencionados.

La construcción ha sido identificada como una potencialidad para la dinamización del sector económico, ya que genera efectos multiplicadores en otros sectores, como el empleo, la demanda de materiales de construcción y servicios relacionados. Según el informe "Impacto económico del sector de la construcción en Ecuador", elaborado por el Banco Central del Ecuador, se destaca que la construcción es uno de los principales motores de la economía, ya que contribuye de manera significativa en el Producto Interno Bruto (PIB) y genera empleo tanto directa como indirectamente (Banco Central del Ecuador [BCE], 2022).

El acceso a una vivienda digna implica contar con un espacio privado y suficiente, facilidad de acceso físico, seguridad, tenencia garantizada, estabilidad estructural y durabilidad, así como condiciones de iluminación, calefacción y ventilación adecuadas. También incluye disponer de una infraestructura completa que abarque agua y gestión de desechos, además de una ubicación apropiada que permita acceder al empleo, todo ello a un costo que sea asequible para la población objetivo (UN-HABITAT, 2010).

Desde una perspectiva económica, Cayambe se destaca por su agricultura, específicamente en la producción de lácteos, flores, y hortalizas, entre otros productos. Según Torres (2018), la actividad lechera ha sido una fuente crucial de ingresos para los habitantes de Cayambe, con un importante impacto en la economía local y nacional. Además, la industria florícola ha experimentado un crecimiento notable, siendo al día de hoy una importante fuente de empleo y de generación de divisas para la región (Gallegos et al., 2020). Sin embargo, a pesar de estos avances económicos, Cayambe también enfrenta desafíos socioeconómicos significativos. La desigualdad socioeconómica y la pobreza persisten en algunas zonas rurales del cantón, donde el acceso a servicios básicos como educación y salud puede ser limitado (Labbé & Cevallos, 2021). Asimismo, la migración interna y externa de trabajadores hacia y desde Cayambe también influye en su dinámica socioeconómica, con impactos tanto positivos como negativos en la comunidad local (Valarezo, 2019).

En términos de infraestructura, Cayambe ha experimentado mejoras significativas en los últimos años, con inversiones en carreteras, servicios básicos y comunicaciones que contribuyen al desarrollo socioeconómico del cantón (GADIP del Municipio del Cantón Cayambe, 2020). Sin embargo, se puede decir que la carencia de vivienda asequible en las áreas rurales de Cayambe representa un desafío socioeconómico significativo. Según estudios (D. M. Calero, 2017), el limitado de acceso a una vivienda digna es una preocupación creciente en esta región, donde se observa una diferencia importante entre la demanda y la oferta de viviendas asequibles. Esta situación se agrava por la persistente desigualdad socioeconómica y la limitada disponibilidad de recursos públicos para abordar esta problemática (GADIP del Municipio del Cantón Cayambe, 2020).

A su vez en el contexto ecuatoriano, no es común incluir aspectos de confort y eficiencia energética en los proyectos de construcción (INER, 2016). Esto se traduce en un alto número de viviendas con problemas ambientales. Sin embargo, la Constitución actual reconoce el derecho a un "hábitat seguro y saludable, a una vivienda adecuada y digna, un ambiente sano y ecológicamente equilibrado" (Asamblea Nacional, 2008).

Es por este motivo que se plantea en esta investigación el uso del súper adobe como sistema constructivo para adaptarse en una vivienda de interés social, representando una contribución al determinar si hay costos adicionales asociados con la ejecución del sistema constructivo con súper adobe y estrategias sostenibles en una vivienda de interés social en la ciudad de Cayambe, en la zona rural. Esto permite realizar una estimación de los costos de una vivienda sostenible con sistema constructivo de súper adobe y compararlos con los de una vivienda de interés social que es prototipo del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) del año 2022, con un sistema constructivo convencional de hormigón con cubierta metálica.

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cayambe, en la zona rural, ubicada en la provincia del Pichincha, en la región de la Sierra Ecuatoriana, caracterizada por una temperatura promedio de 11°C, una humedad del 76% (Cuesta et al., 2012). Se investigó

una vivienda de interés social desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en el año 2022, ya que, según el INEC, representa el tipo de vivienda predominante en la zona rural, abarcando el 76% del total (INEC, 2010b). Se utilizó una metodología de investigación con mediciones de variables económicas en los prototipos de vivienda, permitiendo integrar diferentes perspectivas cuantitativas del fenómeno. Tomando en cuenta estos factores se ha desarrollado los respectivos presupuestos y análisis económicos para poder obtener como resultado que tan accesible económicamente es el sistema adaptado con súper adobe en comparación con un sistema convencional, tomando en cuenta también que incidencia tienen ambos modelos en cuanto a sostenibilidad y confort térmico. La técnica del súper adobe, como se discute en la investigación de Arantza (2015), emerge como una solución prometedora. Esta técnica, que aprovecha materiales locales y sostenibles, no solo ofrece una respuesta asequible a la escasez de vivienda, sino que también responde a la creciente conciencia ambiental en la región. Además, la versatilidad y durabilidad del súper adobe, como se ha documentado en estudios previos (Guamán & Xavier, 2019), hacen que sea una opción especialmente adecuada para las necesidades específicas de construcción en Cayambe, donde la geografía y las condiciones climáticas pueden representar desafíos adicionales para la edificación de viviendas dignas y seguras.

1.2 Importancia

Cayambe se sitúa en un valle en la región noroccidental de una cuenca, aproximadamente a setenta kilómetros al norte de Quito. El municipio de San Pedro de Cayambe toma su nombre del volcán Cayambe, la tercera montaña más alta de Ecuador y se encuentra en el extremo este del valle, señalando la entrada hacia la región amazónica. Este municipio se extiende a ambos lados del ecuador, alcanzando su punto más alto en el mundo a 4,600 metros sobre el nivel del mar. Cayambe abarca una superficie de 1,350 kilómetros cuadrados y se eleva a través de una variedad de zonas ecológicas, desde los 2,400 metros sobre el nivel del mar en el valle del río Pisque hasta los 5,790 metros en la cima del volcán cubierta de nieve (Becker Mark ;Tutillo Silvia, 2009).

Los valles subtropicales cálidos de los ríos Guayllabamba y Pisque son propicios para el cultivo de frutas, caña de azúcar y café. En los valles más húmedos, la producción se centra en la lechería y la floricultura en la actualidad. En los suelos volcánicos de altitudes más elevadas se cultivan maíz, papa, quinua, trigo, cebada, frijoles, entre otros granos. Además, el páramo situado a más de 3,500 metros de altura, se emplea principalmente como pastizal para el ganado. El nudo de Cajas demarca el límite con el cantón Otavalo y la provincia de Imbabura al norte. Hacia el este, la cordillera Oriental y la amazonia conforman el límite oriental del cantón, mientras que al sur se encuentra el cantón de Quito (Becker Mark ;Tutillo Silvia, 2009).

Dejando a un lado por un momento lo que parecería utópico vale destacar que en aquella época la transición de la población rural hacia Cayambe como nuevo centro urbano se vio acompañada de un incremento sustancial en los niveles de consumo urbano, influenciado tanto por las oportunidades laborales generadas en las plantaciones como por la disponibilidad de nuevos bienes y servicios (D. Calero, 2021). Esta dinámica contribuyó a revitalizar sectores económicos locales que hasta entonces permanecían estáticos (Becker Mark ;Tutillo Silvia, 2009). La expansión de los barrios rurales en direcciones norte, sur y noroccidental de Cayambe culminó en la integración de una única área urbana, aunque aún no consolidada. Sin embargo, esta expansión adoleció de planificación, dando lugar a la aparición de barrios de manera improvisada y con un limitado control por parte de las autoridades locales (Bolay et al., 2004).

Como resultado del auge agrícola, muchas personas que llegaron a trabajar en las plantaciones optaron por quedarse a vivir en la zona debido a la proximidad que les proporcionaba un fácil acceso a sus lugares de trabajo y es ahí donde surge una nueva dinámica rural creada por el negocio de las flores (D. Calero, 2021). Mientras se desataba este fenómeno urbanístico, la exclusión de este segmento productivo de las políticas gubernamentales, junto con los problemas estructurales asociados al acceso a recursos como tierra y agua, así como a medios de producción, obligó a los agricultores a buscar maneras alternativas de subsistencia. Éstas incluyen una variedad de opciones relacionadas con la gestión de los recursos naturales y la adopción de actividades fuera

de sus parcelas, como la venta de mano de obra a nivel local o la migración en busca de mejores oportunidades económicas y de vida (Guerra, 2012).

Dando este el inicio de un sin número de viviendas y barrios improvisados de acuerdo a la necesidad emergente de su población, dejando como resultado una ciudad y una ruralidad con problemas para acceder a vivienda digna y a un costo tolerable. Pero si nos cuestionamos a qué nos referimos como una vivienda digna, pues significa disponer de un espacio privado eficiente, seguro y accesible, con garantía de tenencia, estructura duradera, buena iluminación, ventilación y calefacción adecuadas, infraestructura básica completa y ubicación conveniente, todo a un costo razonable (Hábitat para la Humanidad, 2023)

El concepto de vivienda adecuada anteriormente planteado es clave para entender en eje central de esta investigación sobre vivienda de interés social y los respectivos planteamientos para generar una respuesta ante el déficit habitacional actual y las condiciones deficientes de la vivienda social en la mayoría del Ecuador, principalmente en Cayambe. Sin embargo, siendo un concepto integral que abarca factores clave para que la población tenga acceso a vivienda digna, se genera una brecha entre lo que las personas requieren y lo que en realidad obtienen o compran (M.P. Boland', 1991).

Cayambe como tal no está alejado de dicha realidad ya que hasta la actualidad tiene la necesidad de vivienda social digna, accesible y eficiente, en vista a esta necesidad se realiza la siguiente investigación en la cual se verá el costo beneficio de retomar una técnica sostenible como lo es el súper adobe.

1.3 Justificación

En Ecuador la crisis económica del año 2000 resultó en un notable aumento de la migración hacia las ciudades, lo que provocó un incremento significativo en las áreas urbanas marginadas e informales, en medio de la incapacidad del Estado para hacer frente a la situación. Durante la etapa neoliberal, los planes de vivienda eran limitados

y se ejecutaban mediante asociaciones público-privadas, dirigidas principalmente a las clases con cierto poder adquisitivo y capacidad de endeudamiento, excluyendo así a los segmentos más pobres de la población (Gustavo Durán et al., 2020).

Sin embargo más adelante según Alianza País la ascensión de gobiernos progresistas en la región produjo variados niveles de reestructuración estatal, que en su mayoría ocasionaron cambios moderados en el desarrollo urbano territorial previamente establecido durante la fase neoliberal. En el contexto específico de Ecuador, este fenómeno se enmarca dentro de la corriente más moderada de los gobiernos progresistas (Gustavo Durán et al., 2020).

La perspectiva neo estructuralista tuvo escasa influencia en la concepción del desarrollo urbano. Las evaluaciones realizadas por gobiernos de izquierda revelan que hay más continuidades que rupturas con respecto a los modelos territoriales neoliberales previos. En consecuencia, los cambios se han concentrado principalmente en la esfera de la gestión pública, caracterizada por procesos de recentralización, en lugar de adoptar modelos que fomenten la participación público-privada, la participación ciudadana o la construcción participativa (Acosta, 2009). Cayambe no es la excepción ante esta imponente realidad que viene creciendo imparablemente en el Ecuador, según menciona Acosta en los últimos años, el problema de acceder a una vivienda adecuada se ha visto complicado debido al aumento de los procesos de urbanización y el crecimiento demográfico (Acosta, 2009).

En Cayambe inicia explícitamente durante el crecimiento agrícola y comercial que tuvo, donde su desarrollo urbano se fue dando de manera descontrolada y sin orden o principio alguno de urbanismo, de esta manera, se transformó en el nuevo hogar de una población que previamente se dedicaba al trabajo agrícola, pero que ahora aumentaba los niveles de consumo en la ciudad (D. Calero, 2021). El desarrollo no siguió un plan establecido; los barrios surgieron de manera precaria y la supervisión por parte de las autoridades locales fue insuficiente (Bolay et al., 2004)

Por lo tanto, desde hace varios años ha sido una necesidad dar un enfoque integral del desarrollo rural, es fundamental considerar la mejora de las condiciones de vida en las áreas rurales, especialmente enfocándose en el desarrollo y la democratización del conocimiento como una estrategia fundamental para una vida plena. Más allá de las oportunidades laborales que ofrece la educación formal, el desarrollo de habilidades y conocimientos prácticos permite optimizar el uso de los recursos disponibles, generar oportunidades, abrir posibilidades y llevar una vida satisfactoria (Pinto & Ruiz, 2009). Dando de esta manera la apertura para mejor planificación y mejores condiciones de vida en cuanto a vivienda se refiere.

Viendo esta necesidad se plantea como alternativa sostenible, la implementación del súper adobe como respuesta al alto costo de viviendas convencionales con características espaciales básicas, es esencial fomentar la investigación centrada en el cumplimiento de los derechos, así como democratizar sus resultados y valorar y utilizar los conocimientos tradicionales desde una perspectiva intercultural y de sostenibilidad ambiental. La dependencia generada por los conocimientos externos ha sido evidente, y muchas propuestas están desconectadas del entorno, mientras que las ventajas de las tecnologías alternativas no han sido adecuadamente difundidas y enfrentan incluso limitaciones normativas para su implementación (Pinto & Ruiz, 2009).

Con el súper adobe se busca revalorizar las construcciones con tierra y generar redes comunitarias en las que se transmita el conocimiento de esta técnica y donde se pueda aprovechar los beneficios económicos que conlleva aplicar este sistema constructivo y los beneficios ambientales.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010b), una proporción significativa de la población en el área estudiada posee viviendas, con un 37% de las viviendas siendo de propiedad total y pagadas. Además, el 8% está en proceso de pagar por sus viviendas. Asimismo, un 9% de las viviendas son de propiedad, pero fueron adquiridas a través de regalos, donaciones o herencias. En contraste, un 32% de las viviendas están siendo alquiladas, y solo un pequeño porcentaje, el 1%, se adquiere

mediante intercambio de servicios. La modalidad de anticresis es poco común, representando solo el 0.14% del total de viviendas. Reflejando cómo hasta el año 2010 se incrementaba el número de personas que no poseen una vivienda digna y propia, en gran parte por el factor económico.

Tabla 1.1: Vivienda en Cayambe

Vivienda	Personas	%
Propia y pagada	4902	37%
Propia y en deuda	1094	8%
Propia (Regalada, donada, herencia)	1221	9%
Prestada (no pagada)	1558	12%
Por servicios	184	1%
Arrendada	4270	32%
Anticresis	19	0%
Total	13248	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).2010.

Realizado por: Vera Miguel, 2024

En lo que respecta al uso del suelo, se observó un aumento notable en el número de hectáreas dedicadas a la floricultura y a áreas pobladas de baja densidad, a expensas de la ocupación en actividades agropecuarias. Esto con el pasar de los años ha dado lugar al surgimiento de programas de vivienda alternativos o económicos, diseñados específicamente para atender las necesidades de las familias de bajos ingresos (D. Calero, 2021).

Este escenario demanda una reconsideración del concepto de vivienda. Como indica Carrión, es crucial empezar a percibir la vivienda no como un objeto estático, sino como algo altamente adaptable y dinámico; se deben considerar sus particularidades locales y, por supuesto, sus aspectos culturales. Sin embargo, también es imprescindible asumir la responsabilidad de no etiquetar cualquier iniciativa, por más apreciable que sea, como "vivienda adecuada", a menos que cumpla con los estándares establecidos en los tratados internacionales o, al menos, con criterios razonables, que superen el simple sentido común (Acosta, 2009).

Después de la pandemia, se estimaba que Ecuador experimente cambios significativos en cuanto al sector constructor, reflejando tendencias globales. Este enfoque en la innovación podría ayudar a reducir los tiempos de construcción y mejorar la eficiencia en los proyectos, partiendo de ahí se plantea el sistema constructivo con súper adobe para mitigar el factor económico y la sostenibilidad.

Además, según Santos y Bajaña la sostenibilidad se está convirtiendo en un aspecto importante en el sector de la construcción. La demanda de edificaciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente está en aumento, lo que podría impulsar la implementación de prácticas de construcción verde y el uso de materiales eco amigable. En cuanto al mercado inmobiliario, se prevén ajustes debido a cambios en las preferencias y necesidades de los interesados. Este reajuste podría implicar una mayor flexibilidad y adaptabilidad en los espacios comerciales y de oficina, como sugiere Cadetes (2020).

Para que el ser humano pueda llevar a cabo sus actividades diarias de manera productiva, es necesario alcanzar un confort térmico, que se logra mediante la interacción de factores ambientales con las condiciones físicas, fisiológicas y psicológicas individuales (Arrieta & Maristany, 2018).

Nuestra realidad actual exige seguir buscando opciones de construir vivienda adecuada para las diversas familias, ciudades que permitan la convivencia, países y regiones más equitativos. Es por esto que en esta investigación se plantea el desarrollo de una vivienda digna y accesible con un enfoque clave de sostenibilidad.

1.3.1 Problemática

1.3.2 Definición de la Problemática

La arquitectura contemporánea a nivel global se ajusta a las circunstancias sociales, económicas y culturales, las cuales han provocado un estilo de vida acelerado, un rápido

crecimiento urbano y la demanda de técnicas de producción en serie. Esto ha dado lugar a la creación de sistemas y productos que aceleran los procesos de construcción sin una consideración completa de los recursos disponibles, lo que genera un impacto notable en el medio ambiente (Gabriela Durán , 2020).

Estas tendencias se originaron principalmente en naciones desarrolladas, pero hoy en día se han convertido en un desafío global. Por otro lado, surge una corriente arquitectónica que busca rescatar los métodos constructivos tradicionales, fusionándolos con enfoques contemporáneos y adoptando nuevas técnicas para mejorar los métodos convencionales de construcción. No obstante, estos enfoques todavía enfrentan limitaciones en términos de su resistencia estructural, funcionalidad y, sobre todo, en cuanto a costos, ya que requieren de mano de obra altamente especializada (Abad et al., 2015).

Garantizar la eficiencia energética, el confort de quienes habitan y la resistencia de las edificaciones a las condiciones climáticas locales depende crucialmente de la relación entre los sistemas constructivos y la arquitectura en diferentes climas. En regiones con climas cálidos, es esencial utilizar métodos que fomenten la ventilación natural y el control del calor, mientras que en climas fríos, se hace prioritario el aislamiento térmico para retener el calor dentro de los edificios (Bolívar & Erazo Espinosa, 2012). En climas húmedos, es importante prevenir la acumulación de humedad utilizando sistemas que permitan la ventilación adecuada y la protección contra la humedad (Jones & Brown, 2020). En áreas áridas, es necesario implementar estrategias para proteger los edificios del calor extremo y la intensa radiación solar, mientras que en climas templados, los sistemas constructivos pueden ser diseñados para aprovechar las condiciones climáticas favorables (Bernal García, 1989). En Ecuador, un país que abarca una variedad de pisos climáticos debido a su topografía y ubicación geográfica. Esta diversidad ha propiciado el desarrollo de diversas culturas que han sabido adaptarse a las condiciones ambientales locales.

El clima en la Región Sierra de Ecuador es mayormente templado frío, con ocasiones en las que las temperaturas pueden descender a niveles extremos (Bernal García, 1989). Esta característica climática ha generado respuestas arquitectónicas desde tiempos precolombinos. De acuerdo con los datos recopilados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo y presentados en la tabla 1, se puede observar la evolución en el uso de materiales de construcción en mampostería desde 1990 a nivel nacional denotando una pérdida de sistemas constructivos vernáculos como la tierra cruda.

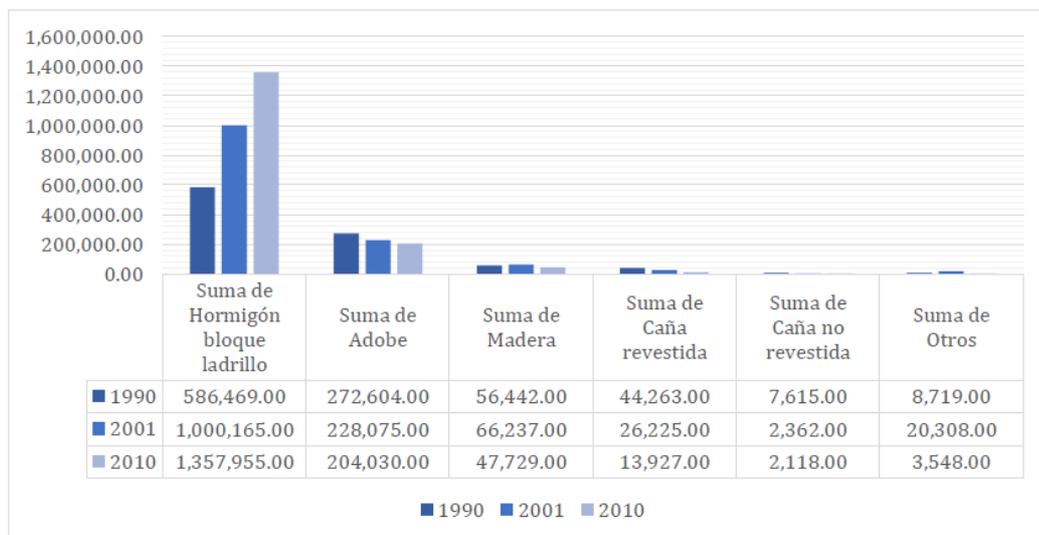


Figura 1.1: Materialidad de la Mampostería en las Edificaciones de la Región Sierra.

Fuente: INEC, Censos 1990-2001-2010.

Realizado por: Arias Karina, 2023.

La ancestral sabiduría de la construcción en los Andes permitía a las comunidades erigir sus hogares con un mayor bienestar térmico, gracias a su conocimiento sobre la disposición estratégica de aperturas como puertas y ventanas, y al empleo de materiales locales de fácil manipulación (Vásquez, 2012). Citando a Smith se puede decir que sin embargo, al optar por ladrillos, bloques de cemento/hormigón en lugar de los materiales naturales tradicionales, se experimenta una pérdida del conocimiento en las nuevas técnicas y sistemas constructivos necesarios, lo que resulta en una baja calidad en las viviendas construidas, a pesar de esto, persiste la idea obstinada de que estos elementos industrializados son superiores a los utilizados en las técnicas tradicionales (Vives-Miró & Rullan, 2016).

Sumado a la problemática que conlleva la poca adaptación climática de sistemas constructivos tradicionales, los materiales industrializados presentan un mayor impacto en el ambiente debido a una extracción intensiva de recursos naturales, un elevado consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero. Además, estos materiales pueden generar residuos tanto durante su fabricación como al final de su ciclo de vida, contribuyendo así a la contaminación del suelo, el agua y el aire (Rodríguez & Gutiérrez, 2018). El incremento en la llamada "energía incorporada" en los materiales de construcción se debe en parte al transporte y otros procesos necesarios para industrializar estos materiales y así fabricar productos más complejos.

Se puede decir que la falta de adaptación climática de los sistemas constructivos tradicionales y el mayor impacto ambiental de los materiales industrializados también están vinculados con costos en la construcción. Por un lado, los materiales tradicionales pueden ser más asequibles en términos de costos de adquisición y disponibilidad local, pero pueden requerir un mantenimiento más frecuente debido a su susceptibilidad a las condiciones climáticas. Por otro lado, los materiales industrializados suelen tener un costo inicial más alto, pero pueden ofrecer una mayor durabilidad y menores costos de mantenimiento a largo plazo. Sin embargo, estos beneficios pueden verse contrarrestados por los costos ambientales asociados con su producción y eliminación (Martínez Bravo, 2020).

En la ciudad de estudio, Cayambe, se ha podido evidenciar cómo se está dejando a un lado la construcción tradicional con tierra y se ha introducido en un gran porcentaje la construcción con hormigón armado y mampostería en bloque prensado, lo que ha generado problemas en cuanto las condiciones térmicas de la vivienda y en costos, cada vez siendo esta menos accesible. Según un estudio realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), los costos de la vivienda en áreas periurbanas como Cayambe tienden a ser más altos debido a la especulación de la tierra y la creciente demanda de vivienda por parte de la población urbana en expansión. Además, el acceso a servicios básicos como agua potable, electricidad y saneamiento también puede influir en el costo total de la vivienda (INEC, 2010b).

En la actualidad, la construcción con sistemas tradicionales como el hormigón armado y la estructura metálica presenta costos elevados en Ecuador. Esto se debe a la naturaleza costosa de los materiales y procesos involucrados, así como a la necesidad de mano de obra especializada. Esta situación plantea interrogantes sobre la viabilidad de sistemas constructivos más eficientes, sostenibles y económicos para la población. En la región andina de Ecuador, algunos de estos sistemas, como la construcción con adobe, han sido utilizados de manera empírica a lo largo de los años.

El desconocimiento sobre el uso de materiales eco amigables, como la tierra como material de construcción, podría haber influido en las dinámicas socioeconómicas mencionadas anteriormente. Es posible que la falta de conciencia sobre estas opciones haya contribuido a mantener o incluso agravar las desigualdades sociales y económicas, al limitar el acceso a soluciones más asequibles y sostenibles en términos de vivienda y otros servicios básicos.

Por estos motivos se analiza y plantea como posible solución la técnica de construcción conocida como súper adobe, que implica el uso de sacos rellenos de tierra y estabilizados con cal para erigir estructuras resistentes, que presenta ventajas económicas notables. Investigaciones recientes, como las de Khalili y Valeh (2016) y Plesca et al. (2020), resaltan que este enfoque reduce los costos al emplear materiales naturales y locales, lo que a su vez disminuye los gastos asociados al transporte y logística de materiales convencionales. Además, la construcción con súper adobe requiere menos habilidades especializadas y equipo costoso, lo que resulta en una disminución de mano de obra y de inversión inicial (Valeh y Khalili, 2016). En términos de eficiencia energética, estudios como los de Molla et al. (2018) indican que las estructuras de súper adobe ofrecen un excelente aislamiento térmico, generando un ahorro significativo en los costos de energía a lo largo del tiempo para los residentes. Asimismo, la durabilidad de las construcciones de súper adobe reduce la necesidad de mantenimiento, como lo confirman investigaciones como las de Aelenei et al. (2019), lo que se traduce en ahorros adicionales a largo plazo.

La construcción con súper adobe emerge como una alternativa económica y sostenible para Cayambe, respaldada por diversos estudios en el ámbito de la construcción sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar el costo de construcción de una vivienda de interés social aplicando el sistema constructivo del “súper adobe” en Cayambe, Ecuador; para así determinar su viabilidad económica y sostenibilidad ambiental haciendo énfasis en el confort térmico interior.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los criterios de sostenibilidad ambiental que presenta un sistema constructivo de súper adobe y su aplicación en viviendas de interés social en otros contextos.
 - Comparar económicamente el uso del “súper adobe” y su incidencia en costos de construcción en una vivienda de interés social en Cayambe.
 - Comparar el confort térmico interior en una vivienda social de súper adobe y un sistema mixto de construcción de hormigón armado con mampostería de hormigón.

1.5 Metodología

1.5.1 Diseño de la Investigación, Enfoque Metodológico y Alcance

Se propone una investigación aplicada a un caso de estudio específico con un enfoque mixto. El estudio tiene como objetivo explorar los criterios de “confort térmico”, costos de construcción, y análisis de costo beneficio del súper adobe aplicado a una vivienda

de interés social en la ciudad de Cayambe, a través de la recopilación de datos cuantitativos para análisis de presupuestos de obra y desempeño térmico en software de los sistemas constructivos en mención y el análisis cuanti-cualitativo de los resultados.

El trabajo se dividirá por tanto en cuatro etapas principales: 1) Revisión de literatura sobre la técnica constructiva de súper adobe aplicada a casos similares en otros contextos, 2) Recopilación de datos y análisis de la vivienda social tipo en Cayambe, los materiales utilizados y características espaciales, 3) Aplicación del sistema constructivo de súper adobe a una “vivienda de interés social” en el sitio de estudio 4) Determinación de costos de construcción y confort térmico de los escenarios propuestos y análisis comparativo de los resultados.

Finalmente se realizará un análisis cualitativo para determinar el costo beneficio de un sistema constructivo versus el otro.

1.5.2 Unidad de Análisis o Caso de Estudio

San Pedro de Cayambe, un cantón de la provincia de Pichincha, se encuentra políticamente dividido en 3 parroquias urbanas y 5 rurales. La investigación se centra en el área urbana del cantón, específicamente en las parroquias de Cayambe (cabecera cantonal), San José Ayora y Juan Montalvo. La vivienda de interés social es un prototipo desarrollado por el Estado en el año 2022 tiene 57 metros cuadrados de construcción y un sistema mixto (MIDUVI, 2022).

1.5.3 Análisis de los Datos

Se emplearán diversas técnicas de análisis acordes a los objetivos específicos del estudio.

Para el análisis de costos se utiliza el software “Obras” versión 7.0 con la base de datos de precios unitarios de Revista (CAMICON, 2020).

Para el análisis de desempeño térmico se utilizó el software “Design Builder” en su versión gratuita debido a la precisión y facilidad de detallar las características de los materiales empleados, cuyos parámetros de configuración específicos serán descritos en el capítulo 4.

Para el análisis de costo beneficio se emplea la matriz tipo tabla comparativa desarrollada en Excel tomando como base los resultados obtenidos en el software “Obras”.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Hábitat Primitivo, Construcción Sostenible e Importancia del Sistema Constructivo

La exploración del hábitat primitivo, desde las formas más tempranas de vivienda humana hasta las construcciones más simples, ha sido objeto de análisis en diversos campos como la arqueología, la antropología y la arquitectura. Hallazgos arqueológicos revelan que los primeros humanos recurrieron a cuevas naturales o a estructuras rudimentarias construidas con ramas y pieles de animales para protegerse de los elementos y los depredadores (Smith et al., 2010). Estudios antropológicos han documentado la amplia variedad de hábitats primitivos en todo el mundo, desde chozas de barro en África hasta viviendas de hielo en regiones árticas (Jones & Comfort, 2015).

La investigación sobre el hábitat primitivo ofrece no solo conocimiento sobre las formas de vida de nuestros ancestros, sino también una visión profunda de la interacción entre el ser humano y su entorno natural. Investigaciones como las de Brown y García (2018) han demostrado cómo las técnicas de construcción empleadas reflejaban un profundo entendimiento del medio ambiente local y una estrecha conexión con la naturaleza. Además, el análisis de las estrategias de adaptación a distintos climas y entornos geográficos puede ofrecer valiosos “insights” para el diseño de hábitats sostenibles en la actualidad (CEPAL, 2019).

Desde tiempos inmemorables, las comunidades han buscado refugio y protección, inicialmente en formas naturales que con el tiempo y el desarrollo del conocimiento se transforman en refugios artificiales adaptados a las necesidades emergentes. Este avance tiene implícito el desarrollo de técnicas constructivas. Después de que se cubre la necesidad fundamental de tener un lugar seguro donde refugiarse, los métodos de construcción avanzan para dar mayor importancia al bienestar, la comodidad y el

confort. En el análisis necesario para garantizar un ambiente confortable, intervienen diversos factores, como el metabolismo humano, la actividad realizada y las condiciones externas del entorno.

En el ser humano, la percepción de bienestar y confort es subjetiva, que puede ser influenciada por diversas condiciones internas y externas (ASHRAE Standard, 2004). La Norma Ecuatoriana de la Construcción (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015), conceptualiza el confort térmico como "una condición mental derivada de la satisfacción con el ambiente térmico", además, menciona que se establece en un estado estático y con limitaciones específicas para las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Por lo tanto, incluso si una persona entra en un espacio que cumple con estos requisitos, no necesariamente experimentará inmediatamente una sensación de confort. Las actividades realizadas previamente pueden influir en la sensación de confort hasta aproximadamente una hora después de haberlas realizado. Esto sustenta la subjetividad del confort térmico.

En cuanto a los aspectos individuales que influyen en el confort térmico, estos se denominan intrínsecos como extrínsecos. Los intrínsecos describen características como la etnia, el género, la edad, las particularidades físicas y biológicas, la salud física y mental, el estado de ánimo, el nivel de actividad metabólica y la experiencia previa. Por otro lado, los factores extrínsecos toman en cuenta el nivel de abrigo, el tipo y color de la vestimenta, así como las condiciones ambientales. La actividad metabólica es uno de los principales determinantes del confort térmico en una persona (Fuentes Freixanet, 2002).

Las condiciones que contribuyen a que un entorno sea considerado como térmicamente confortable varían entre diferentes individuos. Por lo tanto, es necesario que cierto porcentaje de los habitantes de un espacio experimenten una sensación de bienestar para que sea considerado como confort térmico en general. Existen diversos factores y parámetros que pueden ser de naturaleza personal o fisiológica, los cuales influyen en cómo las personas perciben su entorno. Entre estos factores se incluyen los aspectos

ambientales, como la temperatura del aire interior, la humedad relativa, la temperatura radiante y la velocidad del aire, así como los factores arquitectónicos, como la adaptabilidad del espacio a las necesidades de los usuarios (Chávez del Valle, 2002).

Debido al impacto ambiental ocasionado por el progreso industrial y social, se ha incrementado la urgencia de adoptar enfoques de construcción sostenible que disminuyan los efectos adversos. En la actualidad, a nivel global, se están desarrollando diversos modelos de construcción respetuosos con el medio ambiente en cada nación, los cuales se basan en la integración de tecnologías que buscan disminuir el impacto negativo de la construcción.

Los edificios sostenibles representan una mejora significativa con respecto a los edificios convencionales del pasado. Esto se debe a que requieren menos energía, materiales y agua, al mismo tiempo que ofrecen ambientes de trabajo y de vida más saludables (García-Erviti et al., 2015). En el ámbito de la construcción, los costos ecológicos se refieren a los gastos asociados con la aplicación de estrategias sustentables, las cuales mejoran el desempeño ambiental. Sin embargo, es común que esto conlleve un aumento en el costo inicial del proyecto (Karatas & El-Rayes, 2015).

Múltiples investigaciones se han centrado en la evaluación del impacto ambiental de las residencias; no obstante, se ha prestado una atención limitada a los aspectos económicos. Las estimaciones de los costos de construcción son inexactas y existe una necesidad de mejorar los modelos de predicción de costos asociados con la construcción de viviendas sostenibles (Berardi, 2013). Para que un edificio sea catalogado como sostenible, es crucial que promueva una visión de largo plazo en términos de su valor económico, ya que esto constituye uno de sus principios fundamentales (Conseil International du Bâtiment, 2010). Esta estimación económica debería abordar el ciclo de vida completo de una edificación, desde la construcción inicial hasta su operación, mantenimiento y eventual desmantelamiento (Berardi, 2013).

Cuando se comparan los costos de construcción de edificios convencionales y sostenibles, se argumenta que el principal motivo por el cual los propietarios se desaniman a embarcarse en proyectos en este ámbito es el elevado costo de los edificios sostenibles (Hwang & Tan, 2012). Sin embargo, en contraposición a esta idea, se sostiene que la percepción de los altos costos de construcción sostenible está exagerada y, al mismo tiempo, se minimizan los ahorros económicos y los beneficios medioambientales a largo plazo (Vasquez Palacios & Quesada Molina, 2017). La construcción sostenible implica tener en cuenta los costos sociales, medioambientales y económicos a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. Si se amplía la perspectiva sobre estos costos en realidad resulta más económico optar por la sostenibilidad.

Se puede observar varios instrumentos de análisis como ensayos experimentales con mezclas que contenían tierra con altos contenidos de materia orgánica, arcilla, arena y una serie de fibras seleccionadas tales como: heno, cascarilla de arroz y aserrín, que permiten realizar estudios más detallados de los materiales al ser utilizados en la construcción con tierra (González Velandia et al., 2019), a su vez en Ecuador vemos como se han analizado los diferentes tipos de daños que han obtenido con el pasar de los años las construcciones tradicionales de tierra, como lesiones físicas, mecánicas, químicas-biológicas y antrópicas producidas por los agentes atmosféricos y por el suelo, que afectan a las edificaciones en tierra y posteriormente su caracterización tanto física, química y compositiva (Lara & Bustamante, 2022); esto se puede contrastar con los análisis que se han venido realizando en Colombia donde las pruebas y procedimientos realizados se enfocaron en seleccionar materiales que permitieran llegar a un modelo de ladrillo de tierra sin cocción, que facilite la germinación de material vegetal incorporado y garantice condiciones de estabilidad para usarse en muros verdes (González Velandia et al., 2019)

Esta investigación representa una contribución al determinar si hay costos adicionales asociados con la implementación del sistema constructivo con súper adobe y estrategias sostenibles en una vivienda de interés social en la ciudad de Cayambe, en la zona rural de Cangahua. Esto permite realizar una estimación de los costos iniciales de una vivienda

sostenible con sistema constructivo de súper adobe y compararlos con los de una vivienda convencional similar, debido a que los costos de construcción están relacionados directamente con los costos de operación se plantea una investigación del enfoque económico.

El súper adobe es una técnica de construcción que utiliza bolsas rellenas de tierra, desarrollada por el arquitecto iraní Nader Khalili (Lambert M Surhone et al. 2010). En este método, se emplean tubos o bolsas de tela largos dispuestos en capas y llenos de arcilla para crear una estructura resistente a la compresión (Katauskas, Ted. 2007). Este sistema se basa en la integración de recursos naturales y tradicionales como el barro, el agua, el aire y el fuego para construir viviendas. Una característica destacada es su capacidad para permitir que una persona construya una residencia en un período de tiempo muy corto, sin necesidad de ayuda externa. Además, debido a la forma arqueada auto portante de su techo, esta técnica puede utilizarse para crear un solo espacio o combinar múltiples sistemas de arcos para generar espacios adicionales.



Figura 2.1: Domo con Súper Adobe de Santiago Gallegos en la Parroquia “Lloa”.
Realizado por: Vera Miguel, 2024

El sistema súper adobe ha sido objeto de estudio y desarrollo por parte de varios otros profesionales. En las Bahamas, Steve Kemble y Carol Escort intentaron emplear una bolsa de lona rellena de arena y coral triturado como alternativa para la construcción de viviendas. Según Elizabeth (2015), esto se debió a que el coral triturado de cal posee propiedades naturales similares a las de la arena utilizada como adhesivo, lo que permite la formación de compuestos de cemento similares (Siguenza, 2014). Estos estudiantes utilizaron el enfoque del sistema súper adobe como base para la construcción de sus casas, manteniendo al mismo tiempo una coordinación armoniosa con el entorno local. Además, un grupo de europeos, entre ellos Teslík, Jirí Zdrzilová, Nada Vodicková y Martina, se enfocó en investigar la hermeticidad al aire y las propiedades acústicas del sistema súper adobe en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica VSB de Ostrava. Los resultados de sus mediciones demostraron una hermeticidad suficiente en el sistema súper adobe según lo mencionado en su investigación Siguenza (2014).



Figura 2.2: Construcción de Domo con Súper Adobe por Santiago Gallegos en “Lloa”.

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Tomando en consideración todo lo antes investigado podemos conceptualizar mejor las ideas sobre la construcción con súper adobe y cómo este material puede reducir costos y mejorar la eficiencia energética.



Figura 2.3: Construcción de “Moradas Verdes”, con Súper Adobe en Forma Ortogonal.

Fuente: “Moradas Verdes”



Figura 2.4: Detalle Constructivo de “Moradas Verdes”, con Súper Adobe.

Fuente: “Moradas Verdes”

Según Herbosa Gutiérrez, (2019), se puede inferir que en 1978 esta metodología estaba lo bastante avanzada como para permitir la exitosa creación de un modelo de vivienda, evidenciando su viabilidad y sus capacidades constructivas, permitiendo adaptar las formas ortogonales a este sistema constructivo.

2.2 Estado del Arte

Los primeros constructores se enfrentaron a la desafiante tarea de perfeccionar la producción de pequeños componentes de tierra, mejorando el proceso de secado para su posterior uso. La incorporación de otros materiales para estabilizar la mezcla, como la paja triturada y la cal, seguramente implicó un largo período de desarrollo, influenciado por una amplia gama de condiciones climáticas. La adición de estos elementos condujo a resultados positivos.

La investigación en este ámbito ha progresado a nivel mundial con el objetivo de identificar formas eficientes y sostenibles para garantizar un confort térmico adecuado en las viviendas y la optimización de costos al momento de construir.

Cómo nos explica en su investigación la evolución normativa en Colombia ha logrado integrar criterios de sostenibilidad en las edificaciones, tal como se resume en la Resolución 549 del 2015. Esta resolución establece que una construcción sostenible implica la implementación de medidas tanto pasivas como activas, tanto en el diseño como en la construcción, con el fin de alcanzar el ahorro de agua y energía. Esto se hace con la meta de mejorar la calidad de vida de los habitantes y fomentar prácticas responsables desde el punto de vista ambiental y social (Colombia, 2013).

Como nos indica en su investigación Adames González et al. (2017) analizando el artículo "The Investigation of the Barriers in Developing Green Building in Malaysia" publicado en el 2013, en Malasia el sector de la construcción representa entre el 5 y el 6% del PIB, desempeñando un papel crucial en la economía al integrar diversas industrias. En el año 2003, se realizó una evaluación de los costos asociados con la inversión en edificios

sostenibles, la cual concluyó que, si bien la inversión inicial es aproximadamente un 2% mayor en comparación con los edificios convencionales, los ahorros se evidencian a largo plazo en el menor costo de mantenimiento y de servicios públicos, que representan alrededor del 20% del costo total de la construcción. El gobierno de Malasia ha implementado diversas políticas ambientales, como la política energética, la política nacional de agotamiento, la política de diversificación de combustibles y la quinta política de combustibles. Estas políticas, junto con el objetivo de promover el desarrollo de la construcción verde, han llevado al establecimiento del marco AFFIRM (conciencia, facultad, infraestructura, investigación y mercadotecnia) por parte del gobierno (Samari et al., 2013).

El apresurado crecimiento de las ciudades en África, ha dejado en vulnerabilidad a su población, ya que no tienen condiciones apropiadas ni acceso a vivienda digna. La pobreza extrema, la desorganización de las ciudades y la migración de su población rural a las zonas urbanas dificultan aún más la implementación de construcciones sostenibles, convirtiéndose en un reto; sin embargo, Nigeria ha logrado que su población tenga políticas públicas de acceso a vivienda digna según el artículo "Sustainable Housing Development in Africa" del año 2010 (Sunday, 2010).

El constante decrecimiento económico de la población africana genera reacciones a nivel mundial, especialmente considerando que las comunidades indígenas poseen un conocimiento vernáculo suficiente y prácticas que comparten los fundamentos de la construcción sostenible. Si se aplicara adecuadamente este conocimiento, podría representar una oportunidad para proporcionar viviendas asequibles y respetuosas con el medio ambiente a aquellos que tienen menos recursos económicos. Estas viviendas podrían diseñarse de manera sencilla, pero con un enfoque empático con el entorno (Sunday, 2010).

América Latina no deja de ser la excepción en cuanto a la generación de políticas públicas que fomentan la implementación de la arquitectura sostenible, tal y como lo indica Téllez (2014) en su estudio donde participan Argentina, Brasil, Colombia, Chile,

México y Perú, así como tres países centroamericanos: Guatemala, Panamá y Costa Rica; siendo éste un paso muy importante para la vivienda digna latinoamericana (Adames González et al., 2017).

Nos dice Adames González et al. (2017) que Argentina cuenta con varios proyectos de construcción sostenible, siendo un ejemplo de construcciones con eficiencia energética, las viviendas del barrio La Perla, beneficiando a su comunidad con ahorro considerable del 50% o más en su consumo energético y siendo el promotor para otros proyectos similares en la región.

En Brasil, el país se destaca a nivel mundial por sus certificaciones en tecnología LED (diodo emisor de luz), ocupando el cuarto lugar a nivel global. Los proyectos de construcción en el país han adoptado una visión más amplia de desarrollo sostenible. Un ejemplo notable es el complejo habitacional "Paraisopolis", que consta de 171 casas. "Paraisopolis" le ha permitido a Brasil ser un referente en cuanto a certificaciones LED, ya que en este proyecto habitacional lograron el buen manejo de recursos, adaptación al terreno original, uso de materiales amigables con el medio ambiente y buen manejo del confort térmico. Siendo estos reconocimientos destacados el compromiso del proyecto con los estándares de construcción sostenible y su contribución al desarrollo urbano responsable en Brasil y la región (Adames González et al., 2017).

En Brasil, dentro de sus políticas ambientales, se destaca el programa PROCEL (Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica), mismo que destaca la concientización del consumo energético en edificaciones residenciales y construcciones de carácter público (Adames González et al., 2017).

Según (Adames González et al., 2017) Chile no se queda atrás, ya que he venido fomentando y concientizando a la población sobre el cambio climático y el buen uso de energías renovables en la construcción, ya que su problema principal es el consumo excesivo de energía en lo que a sostenibilidad se refiere, ya que estas medidas no han sido suficientes para su disminución. Un gran referente de sostenibilidad en Chile, está

en la región de “Bio Bio”, donde se llevó a cabo el acondicionamiento térmico de más de 70 viviendas, logrando reducir el consumo energético entre un 20% y un 33%.

La nación mexicana, también se destaca por aportar con el desarrollo de 3 modelos de vivienda sostenible, estas construcciones buscan mejorar la eficiencia energética y minimizar el consumo de energía, por otro lado también ha implementado significativos acuerdos internacionales (Adames González et al., 2017).

Como nos indica Adames González et al. (2017) en Colombia, vienen buscando el mejoramiento de las zonas marginales, reformar de manera integral los barrios y fomentar una ciudad más amigable. Uno de sus referentes más destacado es el “Centro Sostenible para la Innovación y Negocios Ruta N” en la ciudad de Medellín.

Según Bolívar & Erazo Espinosa (2012), la arquitectura sostenible adquiere un carácter integral, prioritario debido a que la conceptualización y la concepción de la misma involucran técnicas más amigables con el medio ambiente y su contexto, América Latina y los sistemas constructivos sostenibles tienen su partida desde la utilización de la tierra como material de construcción, desde los tiempos prehispánicos, herencia de la técnica del adobe que dejó el pueblo español tras su llegada. Brindando muchos beneficios a una sociedad que requiere vivienda digna y accesible, pudiendo aplicar este sistema con sus propias manos de ser necesario ya que no se requiere mano de especializada (Solano & Testa, 2022). Dice Solano & Testa (2022) que la construcción sostenible emerge como una posible solución a la demanda colectiva de vivienda digna.

Esta investigación resalta la importancia de considerar enfoques sostenibles en la construcción de viviendas como una manera efectiva de mejorar la calidad de vida de los residentes y promover la eficiencia energética a largo plazo. Es importante darle el reconocimiento que merece a la construcción sostenible de viviendas, ya que el súper adobe como técnica constructiva con tierra nos abre un campo amplio de posibilidades a mejor costo y más accesible al momento de ejecutarlo en obra.

Para Nader Kalili, “El súper adobe es un adobe que se extiende desde la historia en el nuevo siglo” (Ciutat, 2014, p. 75).

Khalili tenía la visión de aplicar el sistema del súper adobe en proyectos urbanos de gran envergadura, con el propósito de mostrar que esta técnica podría representar una verdadera revolución en el modelo predominante de arquitectura e ingeniería (Arévalo & Cadena, 2021).

A lo largo de la historia, la tecnología constructiva en Ecuador ha experimentado variaciones debido a la influencia de diferentes culturas dominantes en la región. En la sierra del país, por ejemplo, se desarrolló la cultura Cañari alrededor del 2500 a.C. Sus construcciones, en su mayoría circulares, se realizaban principalmente con bahareque, barro y techos de paja (Guevara Oquendo, 2012).

Posteriormente, con la llegada de los Incas y la conquista española alrededor, se produjeron cambios significativos en la arquitectura local y en el estilo de vida de los habitantes. Durante la época de la colonia española, las viviendas privadas comúnmente se construían con materiales de tierra, principalmente adobe, y tenían una altura de uno a dos pisos. Los techos, en su mayoría, estaban hechos de barro, aunque las casas de la nobleza y los ricos solían construirse con piedra labrada (Arévalo & Cadena, 2021)

A partir del año 1987, las construcciones en tierra experimentaron un impulso significativo por parte del Estado y de instituciones financieras nacionales e internacionales. Este impulso se produjo como respuesta a los sismos que afectaron de manera notable a las zonas rurales cercanas a Quito, como se menciona en el trabajo de Ceballos (1992, p. 15).

Sin embargo, al realizar un análisis comparativo de las fechas de cada publicación sobre construcciones de este tipo en el país, se puede inferir que los primeros indicios de la utilización de esta técnica ocurrieron entre los años 2012 y 2013. Desde entonces hasta

la actualidad, se ha observado un aumento en la construcción de edificaciones ecológicas, principalmente en la región Sierra del país.

Nuestro objetivo es demostrar que, aunque los costos de construcción de una vivienda sostenible sean inicialmente más altos que los de una vivienda convencional aparentemente basándonos en la literatura existente, a largo plazo resulta más rentable. Esto se debe a que los costos de mantenimiento y servicios se reducirán periódicamente, lo que compensará la inversión inicial. Este enfoque no solo beneficiará a los propietarios de las viviendas, sino que también contribuirá positivamente al medio ambiente y al bienestar de la comunidad en general.

CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN Y TIPO DE VIVIENDA EN CAYAMBE

3.1 Población y Tamaño

Según censo realizado por el INEC en el año 2022, la población de Cayambe hasta esa fecha era de 105,267 habitantes, tomando en cuenta sus 2 parroquias urbanas Cayambe y Juan Montalvo, que y sus 6 parroquias rurales que son Ascázubi, Cangahua, Olmedo, Otón, San José de Ayora y Santa Rosa de Cuzubamba. Contrastando con los datos censados por el INEC del año 2010 y los datos del censo del INEC 2022, se puede definir que la población ha crecido en un 15.60% en 12 años, incrementando 16 427 habitantes en una superficie de 1202 km². Vale recalcar que el 70.94% de la población de Cayambe se considera indígena según el censo del INEC 2022 (INEC, 2010).

La población que pertenece a la zona rural de Cayambe es de 55,959 habitantes según datos del INEC 2022, es decir la zona urbana contempla el 46.84% y la zona rural el 53.16%, como se ve en el cuadro 2. Además, se registra que la parroquia rural con más habitantes es Cangahua con 18 037 habitantes, siguiéndole Ayora con 14 393 habitantes.

La población del cantón Cayambe, según, el censo de 2022 realizado por el INEC, 2022:

Tabla 3.1: “Población Cayambe”

Descripción	Datos
Población 2023	105 267 habitantes
Urbano	46.84%
Rural	53.16%

Fuente: INEC 2022.

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Crecimiento poblacional:

Tabla 3.2: Proyección de la Población en Cayambe

Año	Cantidad
Población 2010	88 840 habitantes
Población 2012	92 587 habitantes
Población 2014	96 356 habitantes
Población 2016	100 129 habitantes
Población 2018	103 899 habitantes
Población 2022	105 267 habitantes

Fuente: INEC 2022

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Como se puede evidenciar en la respectivas tablas de proyección, Cayambe es un cantón con un alto índice de crecimiento poblacional, tomando como referencia el censo realizado por el INEC (2010b) y los datos obtenidos en el último censo en el año 2022, vemos como el crecimiento de la población es bastante acelerado, siendo este un punto de partida para surja la necesidad de vivienda propia en la zona urbana y rural, tal y como se evidencia en la tabla 1.3 donde vemos como la zona rural supera en número de habitantes a la zona urbana, teniendo un déficit de vivienda digna en el cantón.

3.2 Tipo de Vivienda

Según el censo del INEC del 2022, estos son los datos de tipo de vivienda que tiene Cayambe, ver Tabla 3-3.

Tabla 3.3: “Tipo de Vivienda en el Cantón Cayambe año 2022”

PARROQUIAS DEL CANTÓN	Número total de viviendas particulares	Tipo de vivienda							
		Casa o villa	Dpto. en casa o edificio	Cuarto en casa de inquilinato	Media agua	Rancho	Covacha	Choza	Otra
Total Cayambe	37,182	26,386	5,134	2,211	3,273	31	72	53	22
Cayambe	17,936	10,517	4,339	1,782	1,257	14	17	6	4
Ascázubi	2,805	2,040	377	149	222	1	5	10	1
Cangahua	6,415	5,138	83	33	1,089	7	33	26	6
Olmedo	2,644	2,399	4	16	214	5	3	3	

Otón	1,046	969	4	3	64		3		3
Santa Rosa	2,148	1,561	217	199	159	2	1	2	7
de									
Cuzubamba									
San José de	4,188	3,762	110	29	268	2	10	6	1
Ayora									

Fuente: INEC 2022

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Según el INEC, el 70.96% de la población de Cayambe vive en casa o villa y el 8.8% en media agua. Hasta el año 2022, según datos del INEC se registró un total de 37 182 viviendas en el casco urbano 17 936 viviendas y en la zona rural un total de 19 246 viviendas.

Tabla 3.4: Licencias de Construcción en el Cantón Cayambe

Licencias de construcción	Año de aprobación
232	2010
208	2011
290	2012
293	2013
345	2014
308	2015
245	2016
248	2017
348	2018
2517	Total

Fuente: (Izquierdo, 2020)

Realizado por: Vera Miguel, 2024

En la tabla 3-5 se observa cómo según Izquierdo el total de licencias de construcción emitidas hasta el 2018 son apenas 348, es decir lo que predomina en Cayambe es la vivienda de carácter informal.

Tabla 3.5: Fuerza Laboral del Cantón Cayambe

Número total de personas de 15 años o más	Ocupados	Desocupados
78,847	47,786	4,072

Fuente: INEC, 2022

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Se puede observar en la tabla 5.3 el número de personas de 15 años o más considerados fuerza laboral según el INEC hasta el año 2022, que cuentan con alguna actividad laboral son 47 786 habitantes y 4072 personas que no están en actividad laboral alguna.

Tabla 3.6: Población en Condición de Pobreza en Cayambe

Cayambe	Habitantes	%
Población	105,267	100
Pobreza	37,195	35.33%

Fuente: INEC, 2022

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Se puede observar en la tabla 5.3 el número de personas de 15 años o más considerados fuerza laboral según el INEC hasta el año 2022, que cuentan con alguna actividad laboral son 47 786 habitantes y 4072 personas que no están en actividad laboral alguna. A su vez en el cuadro 7 vemos los datos según el censo del INEC 2022, que el 35.33% de la población total de Cayambe se encuentra en la pobreza.

Analizando toda la información recopilada sobre vivienda en Cayambe, podemos definir que hay altos índices de pobreza, en donde predomina la población que se autodenomina indígena, además se evidencia que el tipo de vivienda predominante tanto en la zona urbana como en la zona rural es la villa o casa. Siendo este dato clave para nuestra investigación ya que se parte de aquí para tomar el modelo de vivienda de interés social que propuso el MIDUVI en el año 2022, con las características básicas de una casa para una familia tipo en Cayambe.

A continuación, se presenta los planos del modelo de vivienda de interés social propuesta por el MIDUVI en el año 2022, en un sistema constructivo convencional de hormigón y cubierta metálica. Este modelo es el equivalente a la vivienda tipo villa predominante en Cayambe, convirtiéndose en el modelo inicial para nuestros análisis comparativos.

Vivienda planteada por el MIDUVI, (2022), para la región sierra:

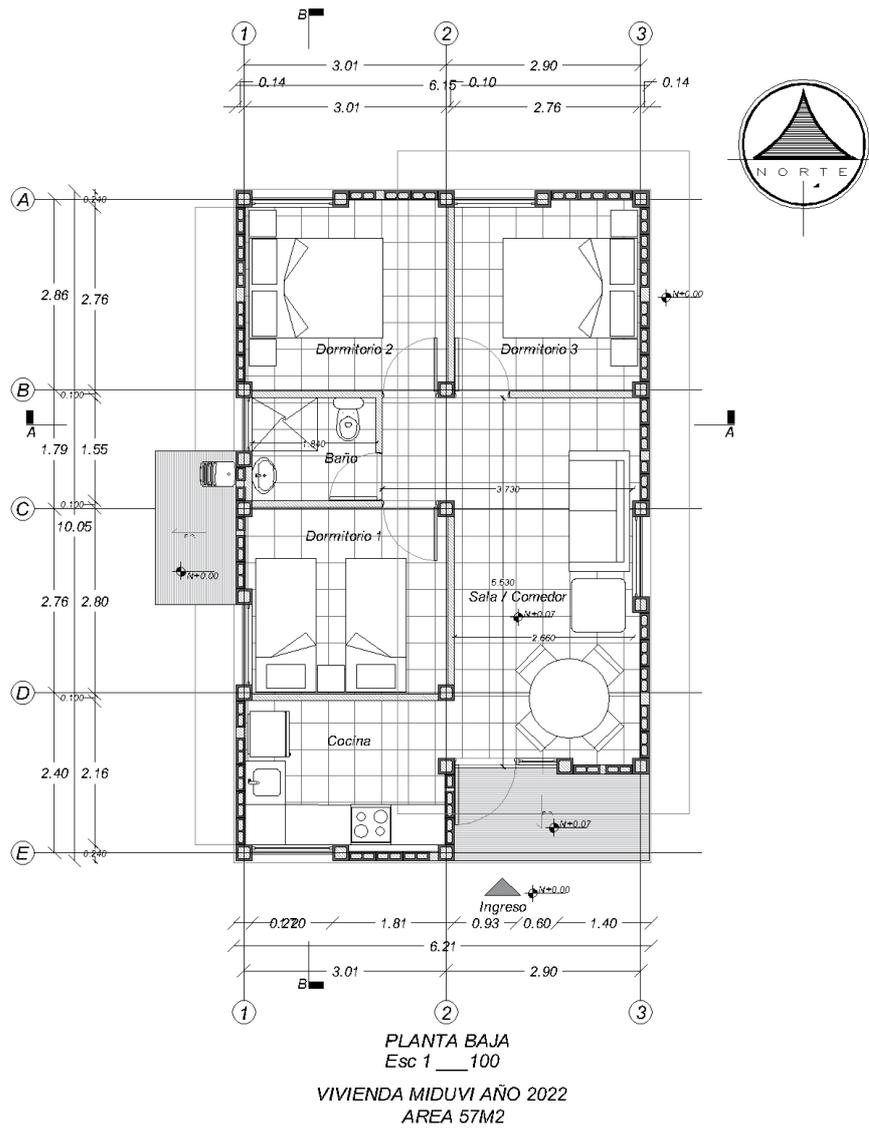


Figura 3.1: Planta Arquitectónica de Vivienda Social (MIDUVI).
Fuente: (MIDUVI, 2022).

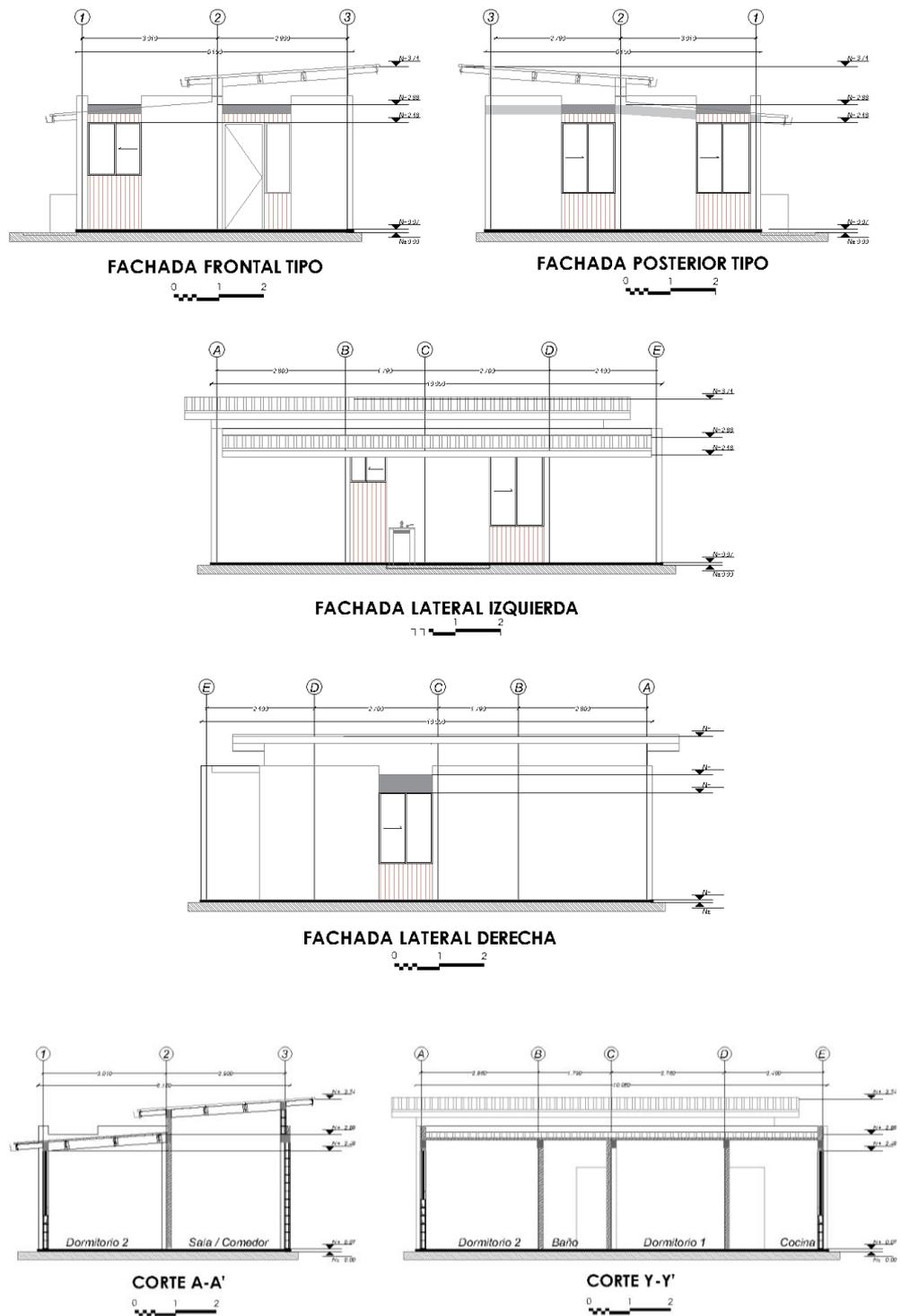


Figura 3.2: Fachadas y Cortes de Vivienda Social (MIDUVI).
Fuente: (MIDUVI, 2022).

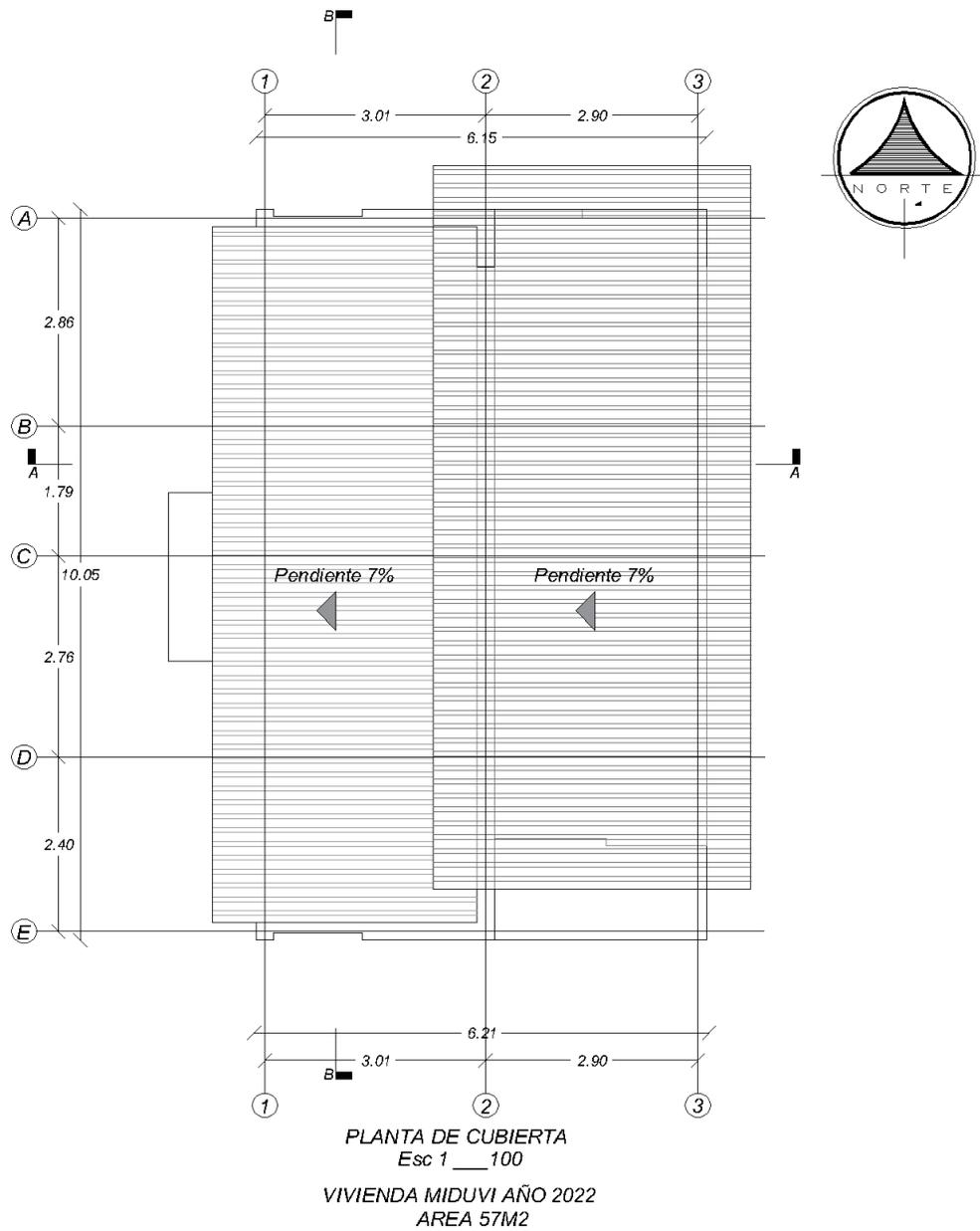


Figura 3.3: Planta de Cubiertas de Vivienda Social (MIDUVI).
Fuente: (MIDUVI, 2022).

CAPITULO 4. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE SÚPER ADOBE

Según la UNESCO, los conocimientos tradicionales y ancestrales representan un patrimonio invaluable que constituye un recurso vital para toda la sociedad. A través del diálogo, se puede enaltecer el intercambio de creencias, valores, idiomas, religiones y demás aspectos culturales, lo que contribuye a preservar la diversidad cultural en su totalidad (Secretaría del buen vivir, 2017).



Figura 4.1: Construcción de Comunidad Indígena.

Fuente: <https://world-habitat.org>. Realizado por: "World hábitat".

El súper adobe es una técnica de construcción simple utilizada para edificar viviendas, también conocida como "adobe de velcro". Consiste en el apilamiento de sacos llenos de tierra proveniente del lugar de construcción, los cuales se superponen unos sobre otros y se sujetan con alambres para proporcionar cohesión entre cada hilada. Esta técnica se emplea principalmente en la construcción de estructuras en forma de cúpulas y ábsides para aumentar su resistencia a los terremotos, sin embargo también se puede desarrollar volúmenes de forma regular, sin ningún problema.

4.1 Investigación de Buenos Procedimientos para la Fabricación de un Súper Adobe

El sistema constructivo con súper adobe ofrece diversas ventajas, que incluyen:

- Costo bajo de construcción.
- Sostenibilidad.
- Compatibilidad con el medio ambiente.
- Larga durabilidad.
- Resistencia.



Figura 4.2: Vivienda de Súper Adobe.
Fuente: Valeria Sedano Lora.

4.2 Métodos y Materiales del Súper Adobe

La investigación que llevó a cabo Miranda (2016) mediante un estudio experimental en el cual se manipularon las condiciones del experimento, incluyendo temperaturas y humedades, entre otros factores, se elaboraron un total de 54 probetas de súper adobe utilizando tres diferentes dosificaciones, las cuales fueron envasadas en sacos de polipropileno y cabuya, y todas fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión, además se procedió a elaborar tres dosificaciones de súper adobe que contenían suelo común, cemento, agua y sacos de polipropileno o cabuya, sujetos con dos hiladas de alambre de púas.

Según Miranda (2016), las dosificaciones fueron las siguientes:

- Dosificación A: 250 kg de suelo común, 50 kg de cemento y 66.54 kg de agua.
- Dosificación B: 250 kg de suelo común, 62.5 kg de cemento y 76.6 kg de agua.
- Dosificación C: 250 kg de suelo común, 37.5 kg de cemento y 64.8 kg de agua.



Figura 4.3: Sacos de Yute. Fuente: Miranda (2016).
Fuente: Miranda (2016).



Figura 4.4: Figura 4-4: Bandeja de Muestras.
Fuente: Miranda (2016).



Figura 4.5: Tierra + Agua + Cemento.
Fuente: Miranda (2016).



Figura 4.6: Prueba de Maleabilidad.
Fuente: Miranda (2016).

Utilizando estas dosificaciones y empaquetándolas en los diferentes tipos de sacos mencionados, se realizaron los ensayos a continuación descritos por Miranda (2016).

Granulometría: El primer paso del procedimiento es pesar todos los materiales necesarios para la mezcla antes de su elaboración.

Contenido de humedad: Se define como la relación entre la masa del agua presente en los poros y la masa total de las partículas sólidas en un material. Este proceso se encuentra detallado en la norma INEN 690 (INEN, 1982a).

Peso específico: Se define como la masa de las partículas del árido, que están saturadas superficialmente y secas, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, pero sin incluir los vacíos que existen entre las partículas. Este proceso se encuentra detallado en la norma INEN 856 (INEN, 2010).

Límite líquido: Se define como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo transita del estado plástico al estado líquido, para realizar este ensayo, se sigue el procedimiento establecido en la Norma INEN 691, que emplea el equipo Casagrande y el material de suelo que pasa a través del tamiz #40 (INEN, 1982b).

Límite plástico: Se define como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo se sitúa entre el estado semisólido y el estado plástico, este ensayo se lleva a cabo utilizando la porción de suelo que pasa a través del tamiz #40, según lo establecido en la Norma INEN 692 (INEN, 1982c).

Ensayo a la compresión: Es un procedimiento técnico que permite evaluar la resistencia de un material cuando se somete a esfuerzos de presión o compresión, aplicando una carga sobre él mediante una máquina universal. La Norma INEN 3049 establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos cerámicos utilizados en albañilería (INEN, 2019).

Tabla 4.1: Resumen Estadístico de Resistencia de las Dosificaciones con Sacos de Cabuya y Polipropileno

Sacos de fibra de cabuya			Sacos de polipropileno o fibra de yute		
Dosificación	Resistencia media a la compresión (28 días)	Mejor resultado del ensayo	Mejor resultado del ensayo	Resistencia media a la compresión (28 días)	Dosificación
A	18.817 MP _a	Dosificación	Dosificación	17.672 MP _a	A
B	20.34 MP _a	B	B	19,893 MP _a	B
C	18.352 MP _a	20.592 MP _a	20.026 MP _a	15.559 MP _a	C
Valor del mejor resultado del mampuesto de ladrillo con resistencia a compresión 4.604 MP _a .					

Fuente: Miranda (2016). Realizado por: Palacios, Castillo, Donoso (2018).

Según Miranda, (2016) la dosificación B, al contener una mayor cantidad de cemento, exhibirá una resistencia superior independientemente del tipo de saco utilizado, ya que con el tiempo el cemento seguirá aumentando su resistencia durante el proceso de fraguado. Además, es crucial asegurar una adecuada compactación de las probetas, realizándola en superficies planas y evitando la introducción de impurezas en la mezcla.

Una vez finalizado este proyecto, sería pertinente considerar la adopción del súper adobe como una técnica de construcción en el país. Sin embargo, se debe llevar a cabo un estudio integral de todas las características del súper adobe, incluyendo aspectos térmicos, acústicos, y su resistencia a la compresión, entre otros. Este análisis holístico del súper adobe como una opción habitacional debería garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios, al tiempo que promueve el uso de materiales respetuosos con el medio ambiente y fácilmente accesibles (Miranda, 2016).

4.2.1 Materiales

Suelo común (Agregado Fino)



Figura 4.7: Suelo Común.
Fuente: <https://urnabios.com>.
Fuente: Bios Urn Environment S.L.

Sirve como agregado fino en la técnica de súper adobe, es el componente principal de esta técnica debido a su abundancia y buenas características de compresión. Este suelo puede ser obtenido directamente del sitio de construcción y no requiere tener propiedades mecánicas particulares para su uso. Una vez que la mezcla de suelo con cemento alcanza uniformidad, puede ser acumulada y utilizada en la construcción con súper adobe (Miranda, 2016).

Cemento Portland Tipo I



Figura 4.8: Cemento Portland.
Fuente: <https://disensa.com.ec>.
Holcim Ecuador S.A.

“Es un conglomerante hidráulico, es decir que fraguan y se endurecen al reaccionar químicamente con el agua, produciendo compuestos mecánicamente resistentes y durables, incluso al estar sumergidos en la misma, lo cual los diferencia de cementantes aéreos, que fraguan y se endurecen en contacto con el aire” (Rodríguez & Villalba, 2017).

Alambre de púas



Figura 4.9: Alambre de Púas.
Fuente: <https://disensa.com.ec>.

Es un trenzado de alambre galvanizado dejando púas en su longitud. El alambre de púas, hecho de alambre galvanizado. Miranda (2016) recomienda utilizar alambre de 4 púas, ya que proporciona adhesividad en la interfaz entre los sacos. Las púas de acero ofrecen maleabilidad y una fricción adicional entre las capas de sacos, lo que ayuda a fortalecer la estructura del súper adobe.

Sacos de polipropileno



Figura 4.10 Sacos de Polipropileno.
Fuente: [https://www.iberoplast.pe.](https://www.iberoplast.pe/), Iberoplast S.A.

Es un saco que en su proceso es tejido y confeccionado con polipropileno al 100% (Sacpro, 2022).

Nos dice Miranda (2016) que este saco es poroso, lo que facilita la reacción de la mezcla con el oxígeno del exterior. Durante la fase de construcción, el saco sirve como encofrado y puede ser desplazado y moldeado con facilidad, además, proporciona la resistencia a la tracción necesaria para mantener la integridad de la estructura del súper adobe.

Sacos de cabuya



Figura 4.11: Sacos de Cabuya.
Fuente: <https://grupoexcala.com>.
Grupo Excala.

Son sacos elaborados con fibra natural de cabuya, la cual es la materia prima de los mismo (Parra Zurita, 2014).

Agua



Figura 4.12: Agua.
Fuente: <https://www.shutterstock.com>.

Este componente se utiliza en el súper adobe para propiciar reacciones químicas con el cemento. No posee características específicas para el consumo humano.

4.2.2 Pasos

Aquí hay una descripción detallada de la investigación de los pasos a seguir para una buena fabricación del súper adobe:

1. Indica Miranda (2016) que se procede a recoger muestras de suelo común, que servirían como materia prima para la fabricación del súper adobe.
2. Nos dice Miranda (2016) que se lleva a cabo pruebas y análisis en laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo recolectado, estos ensayos proporcionan información crucial sobre la idoneidad del suelo para su uso en la construcción con súper adobe.
3. Según indica (Miranda, 2016) se fabrican sacos utilizando materiales como polipropileno y cabuya, que servirían como contenedores para el suelo utilizado en la construcción de súper adobe.
4. Elaboración de dosificaciones y probetas del súper adobe: Se realizan pruebas y cálculos para determinar las proporciones adecuadas de suelo y otros materiales necesarios para la mezcla de súper adobe. Se preparan probetas utilizando estas dosificaciones para su posterior análisis y evaluación (Miranda, 2016).
5. Basados en la investigación de Miranda (2016), donde nos menciona como se lleva a cabo pruebas de compresión en los especímenes de súper adobe preparados, con el fin de evaluar su resistencia y otras propiedades mecánicas; estas pruebas ayudarán a determinar la calidad y la idoneidad del súper adobe para su uso en aplicaciones de construcción.

Estos pasos proporcionan una guía detallada del proceso que se debe seguir durante la elaboración de un súper adobe de buena calidad, desde la recolección de materia prima hasta las pruebas finales de los especímenes de súper adobe (Miranda, 2016).

En su libro "Manual de súper adobe", el autor Ciutat (2014) establece una serie de directrices que guían a cualquier individuo en la construcción de una vivienda utilizando la técnica de súper adobe, estas directrices abarcan desde los conceptos más fundamentales hasta la ejecución práctica de la residencia.

4.2.3 El Análisis de la Tierra Donde se Construirá

Nos dice Ciutat (2014) que hay que calcular los porcentajes respectivas de arena y grava que contiene el suelo; además se debe excavar a una profundidad de 30 cm para tomar una muestra, evitando la materia orgánica y capa vegetal. Esta muestra se depositará en un frasco de cristal y se mezclará con agua, dejándola reposar durante 72 horas. Se debe medir cuanto material hay en el frasco, que representa el 100% de tierra, para calcular el porcentaje de granulometría de la muestra del suelo (Arévalo & Cadena, 2021).

Luego, se debe calcular el porcentaje de arena, grava y arcilla que contiene la muestra. Este mismo proceso se repite para determinar el porcentaje de arcilla. Se debe descartar la presencia de limos en el suelo ya que no es buen factor para la mezcla del súper adobe (Arévalo & Cadena, 2021).

De preferencia se debe estar en un rango de 70% o 80% - 20% a 30% en lo que corresponde a arena y arcilla respectivamente. Si se requiere hacer un mejoramiento con cal, debemos tener un porcentaje de 80-20% respectivamente (Ciutat, 2014).

En su manual Ciutat (2014) nos indica dos métodos para realizar las pruebas de resistencia, que se indican a continuación:

Método 1, colocar 10 cucharadas soperas de tierra por 2 cucharadas de cal que debe ser disuelta en 2 cucharadas de agua, se debe mezclar hasta obtener una consistencia plástica, luego se cubre con plástico fino y se perfora en varios sitios con una aguja, evitando su exposición directa al sol, dejar fraguar durante una semana y luego sumergir el bloque en agua durante 3 días; pasado este tiempo vamos a realizar una revisión donde se descarte cualquier tipo de desmenuzamiento y erosión al momento de manipularlo con normalidad, además se recomienda realizar varias pruebas, sobre todo si la tierra del ejercicio cambia de color (Ciutat, 2014).

Método 2, en un saco de cabuya o polipropileno de 1.5m de largo, se debe rellenar con la mezcla de tierra en una proporción de 10 baldes de tierra por 2 baldes de cal y 1 balde de agua, se puede utilizar parihuelas para obtener una medida exacta con la misma dosificación, es decir 10 a 2, se debe mezclar en una concretara para que sea uniforme (Ciutat, 2014).

4.2.4 Cimentación, Impermeabilización y Drenaje

Se debe excavar donde encontremos suelo firme, de preferencia realizar una prueba empírica con la barra de 10kg para evitar suelos blandos y porosos, además el color puede variar a medida que se excave.

Cimentación

La cimentación se desarrolla mediante dos posibles métodos:

- Método 1: Replantear el volumen arquitectónico y proceder a excavar una zanja de 0.40 m de ancho para que cubra las dimensiones del saco de cabuya o polipropileno, una vez encontrado el suelo firme se rellena con grava, haciendo capas de 0.20 m cada una y entre capa y capa ir compactando con un pisón, hasta llegar al nivel natural del suelo (Ciutat, 2014).

- Método 2: Similar al método 1 antes explicado, la diferencia radica en que luego de impermeabilizar se debe rellenar los sacos de cabuya o polipropileno con grava e ir colocándolos en la zanja hasta llegar al nivel natural de suelo (Ciutat, 2014).

La grava que se utiliza en los cimientos no debe superar los 0.04 m de diámetro.

Si se tiene como componente base un buen suelo no va a ser necesario recurrir al cemento y hormigón, ya que la carga portante del suelo nos permitirá desarrollar el volumen sin problema.

Impermeabilización de la cimentación

La impermeabilización de los cimientos se debe realizar con tela butílica de ser posible o su vez con plástico polietileno negro, colocándose desde la base y envolviendo el cimiento hasta el tope de sus caras laterales. De esta manera se evitará la subida del agua y humedad por capilaridad (Ciutat, 2014).

Drenaje

Según nos indica Ciutat (2014) en su manual, debemos implementar un sistema de drenaje por debajo de la cimentación, colocando un tubo PVC de 4" con perforaciones realizadas en todo su cuerpo, luego se procede a envolver la tubería con malla geo textil y se lo coloca en la base del cimiento con una ligera cama de arena en su base, además también se debe aprovechar la arena para direccionar la pendiente de la tubería con el 1% como mínimo y poder generar el respectivo desfogue.

Formas y geometría

Como nos indica Ciutat (2014) la forma más común de las construcciones con súper adobe es el domo, sin embargo como nos indica Herbosa Gutiérrez, (2019) también se

pude construir viviendas con tierra ensacada en sus muros, técnica hoy en día conocida como súper adobe, manteniendo la forma convencional de una vivienda.



Figura 4.13: “La Morada”.

Fuente: <https://www.moradasverdes.com>.

CAPÍTULO 5. PROPUESTA

5.1 Propuesta de Vivienda con Sistema Constructivo de Súper Adobe

Se plantea el diseño de una vivienda de interés social con los mismos parámetros de distribución de la vivienda propuesta por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en el año 2022, mencionada en el capítulo 2. El diseño es propuesto para temas comparativos, se adapta a la tecnología del súper adobe, lo que genera un cambio dentro del área bruta del diseño planteado por el MIDUVI, llegando a tener un área de 80.90m², ya que sus paredes se han ensanchado al acoplarse a los muros portantes de súper adobe, esta vivienda tiene los siguientes ambientes:

- Sala, Cocina, Comedor, Baño completo, Dormitorio Máster y dos dormitorios.

A continuación, se presentan los planos de la vivienda propuesta, donde se puede visualizar plantas, cortes y fachadas.



Figura 5.1: Detalle de Estrategias Aplicadas (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

Se planteó un modelo de vivienda basada en los espacios existentes dentro de la vivienda propuesta por el MIDUVI (2022), en esta propuesta además de utilizar el sistema constructivo con la técnica de súper adobe, se aplicaron estrategias para mitigar

directa e indirectamente las condiciones climáticas propias del lugar, las estrategias se pueden observar en la figura 5-1.

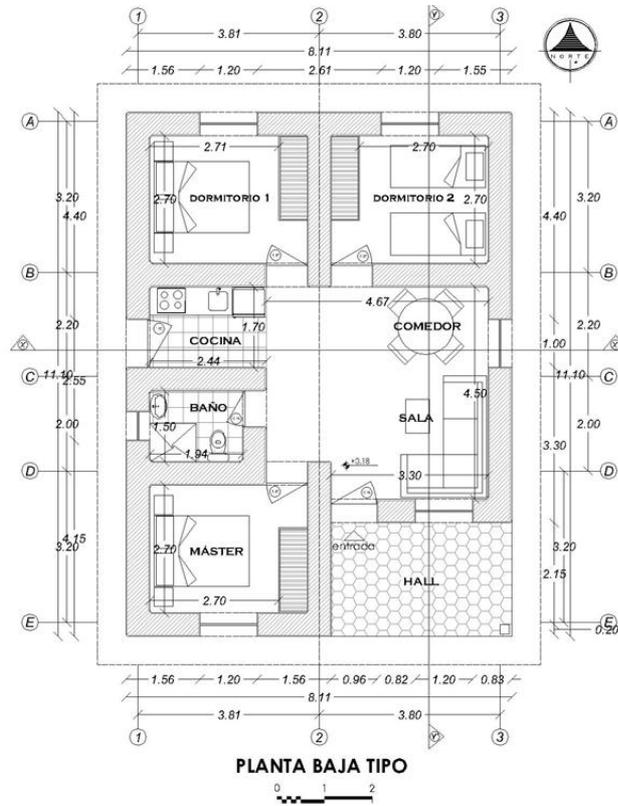


Figura 5.2: Planta Baja (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

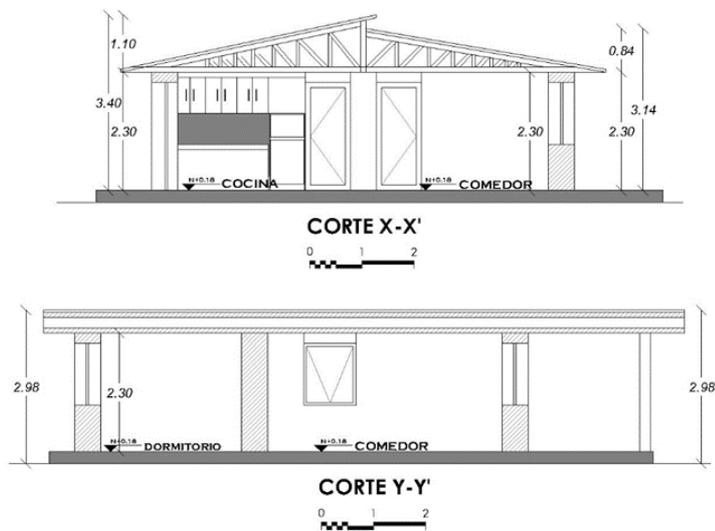


Figura 5.3: Corte x-x' / Corte y-y' (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

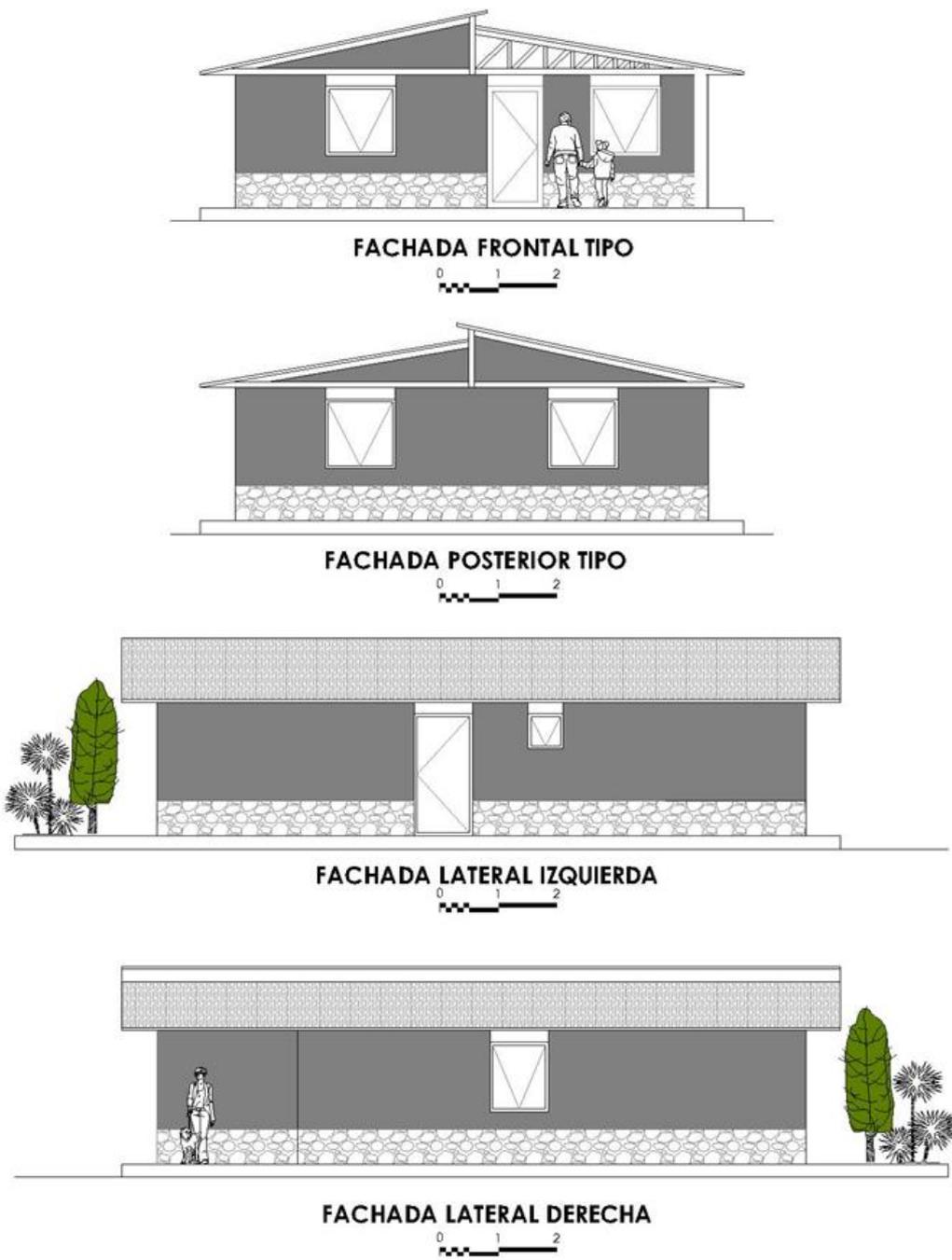


Figura 5.4: Fachadas (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

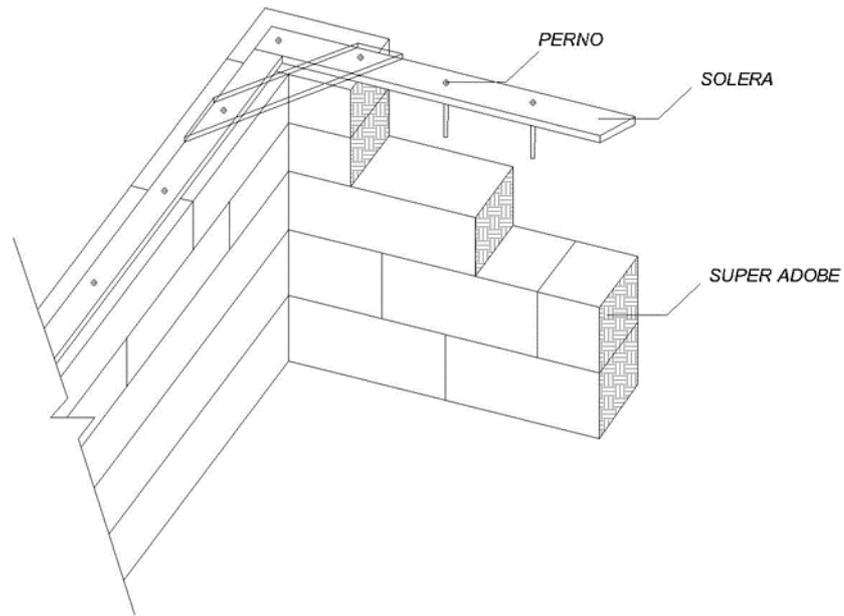


Figura 5.5: Detalle de Trabe y Anclaje Esquinero (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

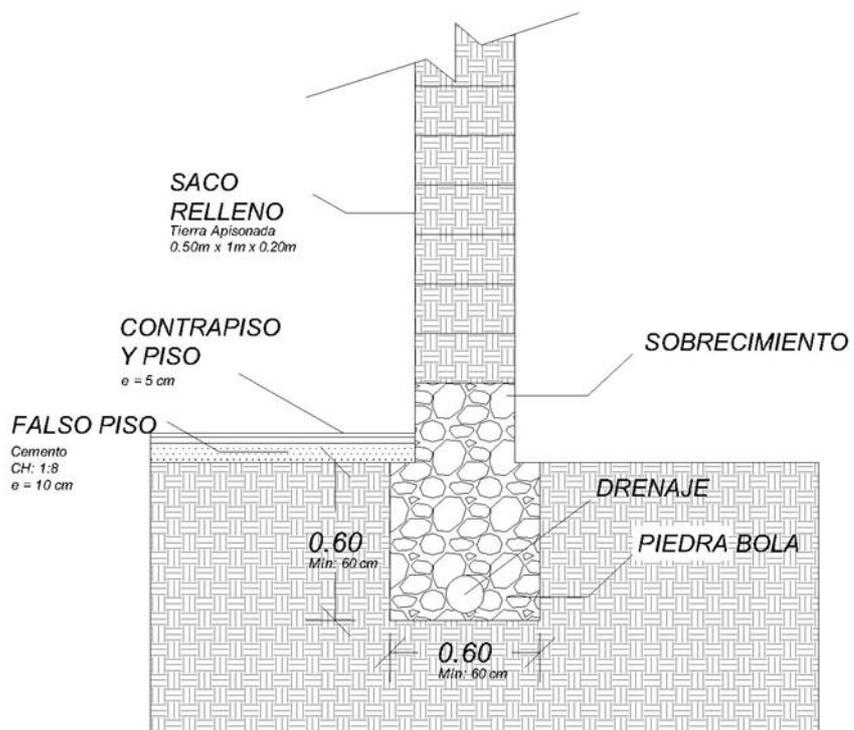


Figura 5.6: Detalle de Cimentación (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

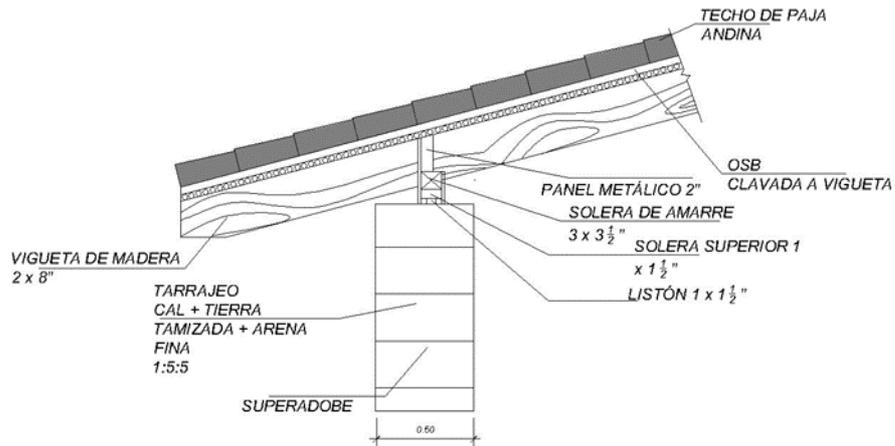


Figura 5.7: Detalle de Cubierta (Modelo con Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

5.2 Presupuesto de una Vivienda en Adobe y de una Vivienda en Hormigón

Se optó por utilizar la revista de la CAMICON (2020), específicamente la edición de julio - agosto, como una referencia de costos para analizar tanto la construcción convencional como la construcción con súper adobe. Esta elección se debe a que su método de cálculo tiene en cuenta las condiciones locales de construcción, los índices de precios de materiales a nivel nacional y local, las tarifas salariales de la mano de obra, el rendimiento de la mano de obra local y la disponibilidad del mercado, lo que permite estimar el costo actual de cada aspecto. Para complementar los presupuestos de la vivienda en estudio, se decidió estimar los costos no incluidos en esta publicación, utilizando las mismas consideraciones de cálculo que se aplicaron en la revista seleccionada.

En cuanto a la modelación de los costos y presupuestos, se empleó el software especializado en ingeniería de Costos llamado "Obras" versión 7.0. Desarrollado por el Ing. Wilson Jaramillo. Este programa determina el costo de una actividad de construcción específica por unidad de medida. Las cantidades de trabajo de las diversas actividades de construcción que integran los presupuestos analizados, así como el cálculo del área total de construcción, se derivan de la modelación digital y el levantamiento llevado a cabo para el caso de estudio.

Dado que los edificios sustentables suelen priorizar el uso de materiales locales, este estudio calcula un indicador conocido como porcentaje de participación nacional mínimo para determinar el nivel de contenido ecuatoriano en un producto (Vasquez Palacios & Quesada Molina, 2017).

La tecnología del súper adobe, patentada y registrada (U.S. patent #5, 934,027, #3, 195,445), se ofrece de forma gratuita a quienes la necesiten en todo el mundo y también cuenta con licencia para uso comercial. Inicialmente concebida por el arquitecto Nader Khalili para la NASA como una posible solución para construir hábitats en la Luna y Marte, se desarrolló a lo largo de años de investigación y práctica, con el objetivo de encontrar respuestas simples para la construcción con tierra. Surge de un enfoque humanitario y de la búsqueda de soluciones sencillas para las necesidades de refugio de la humanidad (Sharma, 2015).

Partiendo de este análisis se plantea la comparativa en una vivienda de interés social, desde un punto de vista económico, la implementación de viviendas sociales utilizando súper adobe podría ofrecer una solución rentable para la creciente demanda de vivienda en la región. Esta técnica se destaca por su bajo costo de materiales y construcción, lo que la convierte en una opción asequible para comunidades de bajos recursos. Además, al fomentar la utilización de materiales locales, se podría estimular la economía local y generar oportunidades de empleo en el sector de la construcción.

5.3 Presupuestos de Vivienda de Interés Social

Tabla 5.1: Presupuesto de Vivienda de Interés Social MIDUVI 2022

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0	CIMENTACIÓN				
104	REPLANTEO Y NIVELACIÓN.	m2	57	1.03	58.71
286	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR A MAQUINA PLATAFORMAS	m3	2.85	1.82	5.19
287	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR A MAQUINA EN PLINTOS	m3	16.26	1.97	32.03
210	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR A MANO	m3	11.49	9.27	106.51

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
288	DESALOJO DE MATERIAL CARGADO A MÁQUINA	m3	3.28	2.99	9.81
214	RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DE REPOSICIÓN	m3	12.09	12.75	154.15
215	RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DEL SITIO (PLINTOS Y ZANJAS)	m3	2.5	6.65	16.63
301	REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=5cm	m3	0.7	137.93	96.55
303	PLINTOS DE HORMIGÓN H.S 210 Kg/cm2. EQUIPO: CONCRETERA 1 SACO Y VIBRADOR	m3	3.5	193.95	678.83
304	CADENAS H.S 210 Kg/cm2, 20x20cm	m3	2.45	198.53	486.40
319	MAMPOSTERIA DE PIEDRA, MORTERO 1:4	m3	2.52	98.52	248.27
703	CONTRAPISO H.S 180KG/CM2. E = 6 CM. PIEDRA BOLA. EQUIPO: CONCRETERA 1 SACO	m2	3.42	20.82	71.20
0	ESTRUCTURA				
339	COLUMNAS H.S 210 Kg/cm2, 25x25cm	m3	1.94	200.67	389.30
323	DINTEL H.S 180Kg/cm2 (10x15cm,incluye acero de refuerzo)	m	13.9	12.86	178.75
320	MALLA ELECTROSOLDADA 4x150x150 (piso 0+00)	m2	42.32	3.26	137.96
321	MALLA ELECTROSOLDADA 8x150x150 (losa N +2.50 m)	m2	60.66	8.80	533.81
322	ACERO DE REFUERZO PROCESADO A MANO	kg	560	1.77	991.20
0	MAMPOSTERÍA				
518	MAMPOSTERIA DE BLOQUE E =10 cm. MORTERO 1:6, e = 2.5 cm.	m2	70	12.12	848.40
914	MARCO DE FACHADA (Marco exterior de ventana)	m	21.5	9.99	214.79
0	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
1222	TABLERO DE CONTROL ELECTRICO(4X8)+4 BREAKERS, (General Electric)	u	1	132.22	132.22
1220	ILUMINACIÓN (cajetines PVC)	u	9	16.48	148.32
1221	TOMACORRIENTES POLARIZADOS ·2#12+1#14 (cajetines PVC)	u	6	16.37	98.22
1223	TOMACORRIENTES POLARIZADOS ·2#10+1#14 (cajetines PVC)	u	2	27.64	55.28
1224	TOMA ESPECIAL DE INDUCCIÓN DE 220 V	u	1	79.83	79.83
1225	PUNTO DE TELEFONO (Incluye alambre guía, cajetín y tapa)	u	1	9.25	9.25
0	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1149	CAJA DE REVISIÓN EN H.S. f'c=180 kg/cm2 (50x50x(50-100)cm)	u	2	47.30	94.60
1159	CANALIZACIÓN TUBERÍA DE DESAGUE PVC 110mm	m	25.7	9.85	253.15
1160	CANALIZACIÓN TUBERÍA DE DESAGUE PVC 75mm	m	6.7	4.85	32.50
1161	BAJANTES TUBERÍA DE DESAGUE PVC 75 mm	m	6.5	5.05	32.83
1162	BAJANTE TUBERÍA DE DESAGUE PVC 110 mm	m	2.9	8.78	25.46
1131	DESAGUE PVC 110 MM	u	3	38.06	114.18

1132	DESAGUE PVC 75 MM	u	4	25.45	101.80
1151	REJILLA DE ALUMINIO PARA PISO BAÑO D=50mm	u	3	6.48	19.44
1163	REJILLA ESFERICA DE ALUMINIO D=75 mm terraza	u	2	17.62	35.24
1164	INODORO BLANCO ECONÓMICO + ACCESORIOS (Fabricación Nacional)	u	1	91.79	91.79
1154	LAVABO SHELBI+PEDESTAL+GRIFERIA METALICA Y ACCESORIOS (fabricación nacional)	u	1	67.05	67.05
1155	DUCHA+LLAVE DE PASO+TOALLERO+JABONERA (llave metálica nacional)	u	1	27.81	27.81
1156	FREGADERO ACERO INOXIDABLE 1P+1E (80X50)	u	1	69.19	69.19
1157	LAVANDERIA H.SIMPLE f'c=180 kg/cm2+ ACERO DE REFUERZO	u	1	96.49	96.49
1165	INSTALACIÓN AGUA POTABLE (Tubería y accesorios PVC)	u	6	14.33	85.98
0	ACABADOS				
519	MESON DE COCINA (Incluye H.S. + acero de refuerzo + encofrado) E=6cm	m	1.74	32.12	55.89
607	RETICULADO MEDIA CAÑA FACHADA	m	12	3.66	43.92
516	HORMIGON SIMPLE f'c = 140 Kg/cm2 PARA CUBRIR BAJANTE	m	2.55	19.56	49.88
608	ENLUCIDO VERTICAL PALETEADO FINO (Fachada, filos, fajas)	m2	90	6.40	576.00
609	ENLUCIDO FACHADA PRINCIPAL Y POSTERIOR (Incluye fajas, ventanas, puertas y filos)	m2	45.18	8.45	381.77
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
610	ENLUCIDO HORIZONTAL PALETEADO FINO (Losa, fachada y baño)	m2	43.49	6.93	301.39
1014	CIELO RASO GYPSUM	m2	6.43	14.15	90.99
909	EMPASTADO INTERIOR	m2	110	3.00	330.00
908	EMPASTADO EXTERIOR	m2	44.78	3.29	147.33
729	ALISADO EN PISO	m2	37.31	8.58	320.12
730	CERAMICA NACIONAL DE PISO	m2	37.31	15.15	565.25
915	CERAMICA NACIONAL DE PARED (baño y pared mesón de cocina)	m2	11.16	18.98	211.82
832	PUERTA PRINCIPAL METÁLICA+CERRADURA DE 2 PASADORES	u	1	172.28	172.28
833	PUERTA DE COCINA METALICA+PICAPORTE Y CANDADO	u	1	158.30	158.30
836	VENTANA ALUMINIO ESTANDAR Y VIDRIO e = 4mm	m2	7.28	44.38	323.09
912	PINTURA INTERIOR	m2	110	2.80	308.00
911	PINTURA EXTERIOR	m2	44.78	3.31	148.22
1011	CORTAGOTERO	m	10.1	3.11	31.41
829	PUERTA MADERA DORMITORIO MDF + CERRADURA 90 x 2.10	u	2	112.78	225.56
830	PUERTA MADERA BAÑO MDF + CERRADURA	u	1	108.24	108.24

1013	BARREDERA TRIANGULAR DE MORTERO EN CUBIERTA	m	36.02	3.55	127.87
0	CUBIERTA				
340	PERFIL ESTRUCTURAL	kg	150	2.90	435.00
1015	CUBIERTA TEJA DE ACERO GALVANIZADO	m2	57	13.67	779.19
0	VARIOS				
1604	ACERA PERIMETRAL SIN MALLA e=5cm, HS 180 kg/cm2	m2	7.47	13.60	101.59
1603	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	u	1	35.45	35.45
				Total USD	12957.68
				\$	

Fuente: Revista CAMICOM 2020.

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Tabla 5.2: Presupuesto de Vivienda de Interés Social con Súper Adobe

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
0	CIMENTACIÓN				
104	REPLANTEO Y NIVELACIÓN.	m2	81	1.03	83.43
286	EXCAVACION SIN CLASIFICAR A MAQUINA PLATAFORMAS	m3	48	1.82	87.36
287	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR A MAQUINA EN PLINTOS	m3	16.26	1.97	32.03
210	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR A MANO	m3	11.49	9.27	106.51
288	DESALOJO DE MATERIAL CARGADO A MÁQUINA	m3	3.28	2.99	9.81
214	RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DE REPOSICIÓN	m3	11.03	12.75	140.63
215	RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DEL SITIO (PLINTOS Y ZANJAS)	m3	19.32	6.65	128.48
301	REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=5cm	m3	0.92	137.93	126.90
304	CADENAS H.S 210 Kg/cm2, 20x20cm	m3	3	198.53	595.59
319	MAMPOSTERIA DE PIEDRA, MORTERO 1:4	m3	4	98.52	394.08
703	CONTRAPISO H.S 180KG/CM2. E = 6 CM. PIEDRA BOLA. EQUIPO: CONCRETERA 1 SACO DE POLIPROPILENO	m2	3.04	20.82	63.29
0	ESTRUCTURA				
317	MURO HORMIGÓN CICLOPEO 180Kg/cm2 (60% HS+40%PIEDRA)	m3	5.04	133.39	672.29
320	MALLA ELECTROSOLDADA 4x150x150 (piso 0+00)	m2	42.32	3.26	137.96
0	MAMPOSTERÍA				

518	MAMPOSTERIA DE SUPERADOBE E =0.45 cm	m2	70	12.12	848.40
914	MARCO DE FACHADA (Marco exterior de ventana)	m	21.5	9.99	214.79
0 INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
1222	TABLERO DE CONTROL ELECTRICO(4X8)+4 BREAKERS, (General Electric)	u	1	132.22	132.22
1220	ILUMINACIÓN (cajetines PVC)	u	9	16.48	148.32
1221	TOMACORRIENTES POLARIZADOS ·2#12+1#14 (cajetines PVC)	u	6	16.37	98.22
1223	TOMACORRIENTES POLARIZADOS ·2#10+1#14 (cajetines PVC)	u	2	27.64	55.28
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1224	TOMA ESPECIAL DE INDUCCIÓN DE 220 V	u	1	79.83	79.83
1225	PUNTO DE TELEFONO (Incluye alambre guía, cajetín y tapa)	u	1	9.25	9.25
0 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS					
1149	CAJA DE REVISIÓN EN H.S. f`c=180 kg/cm2 (50x50x(50-100)cm)	u	4	47.30	189.20
1159	CANALIZACIÓN TUBERÍA DE DESAGUE PVC 110mm	m	25.7	9.85	253.15
1160	CANALIZACIÓN TUBERÍA DE DESAGUE PVC 75mm	m	6.7	4.85	32.50
1161	BAJANTES TUBERÍA DE DESAGUE PVC 75 mm	m	6.5	5.05	32.83
1162	BAJANTE TUBERÍA DE DESAGUE PVC 110 mm	m	2.9	8.78	25.46
1131	DESAGUE PVC 110 MM	u	3	38.06	114.18
1132	DESAGUE PVC 75 MM	u	4	25.45	101.80
1151	REJILLA DE ALUMINIO PARA PISO BAÑO D=50mm	u	3	6.48	19.44
1163	REJILLA ESFERICA DE ALUMINIO D=75 mm terraza	u	2	17.62	35.24
1164	INODORO BLANCO ECONÓMICO + ACCESORIOS (Fabricación Nacional)	u	1	91.79	91.79
1154	LAVABO SHELBI+PEDESTAL+GRIFERIA METALICA Y ACCESORIOS (fabricación nacional)	u	1	67.05	67.05
1155	DUCHA+LLAVE DE PASO+TOALLERO+JABONERA (llave metálica nacional)	u	1	27.81	27.81
1156	FREGADERO ACERO INOXIDABLE 1P+1E (80X50)	u	1	69.19	69.19
1157	LAVANDERIA H.SIMPLE f`c=180 kg/cm2+ ACERO DE REFUERZO	u	1	96.49	96.49
1165	INSTALACIÓN AGUA POTABLE (Tubería y accesorios PVC)	u	6	14.33	85.98

0 ACABADOS					
519	MESON DE COCINA (Incluye H.S. + acero de refuerzo + encofrado) E=6cm	m	1.74	32.12	55.89
608	ENLUCIDO VERTICAL PALETEADO FINO (Fachada, filos, fajas)	m2	119.23	6.40	763.07
609	ENLUCIDO FACHADA PRINCIPAL Y POSTERIOR (Incluye fajas, ventanas, puertas y filos))	m2	45.18	8.45	381.77
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1014	CIELO RASO GYPSUM	m2	75	14.15	1061.25
909	EMPASTADO INTERIOR	m2	138.17	3.00	414.51
729	ALISADO EN PISO	m2	37.31	8.58	320.12
730	CERAMICA NACIONAL DE PISO	m2	37.31	15.15	565.25
915	CERAMICA NACIONAL DE PARED (baño y pared mesón de cocina)	m2	11.16	18.98	211.82
832	PUERTA PRINCIPAL METÁLICA+CERRADURA DE 2 PASADORES	u	1	172.28	172.28
833	PUERTA DE COCINA METALICA+PICAPORTE Y CANDADO	u	1	158.30	158.30
836	VENTANA ALUMINIO ESTANDAR Y VIDRIO e = 4mm	m2	7.28	44.38	323.09
912	PINTURA INTERIOR	m2	138.17	2.80	386.88
911	PINTURA EXTERIOR	m2	44.78	3.31	148.22
1011	CORTAGOTERO	m	10.1	3.11	31.41
829	PUERTA MADERA DORMITORIO MDF + CERRADURA 90 x 2.10	u	2	112.78	225.56
830	PUERTA MADERA BAÑO MDF + CERRADURA	u	1	108.24	108.24
1013	BARREDERA TRIANGULAR DE MORTERO EN CUBIERTA	m	36.02	3.55	127.87
0 CUBIERTA					
340	PERFIL DE MADERA	kg	150	2.90	435.00
1015	CUBIERTA TEJA DE PAJA	m2	81	13.67	1107.27
0 VARIOS					
1604	ACERA PERIMETRAL SIN MALLA e=5cm, HS 180 kg/cm2	m2	3.55	13.60	48.28
1603	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	u	1	35.45	35.45
				Total USD	12488.31
				\$	

Fuente: Revista CAMICOM 2020.

Realizado por: Vera Miguel, 2024.

Veamos una comparación más detallada de los costos entre las dos opciones de vivienda:

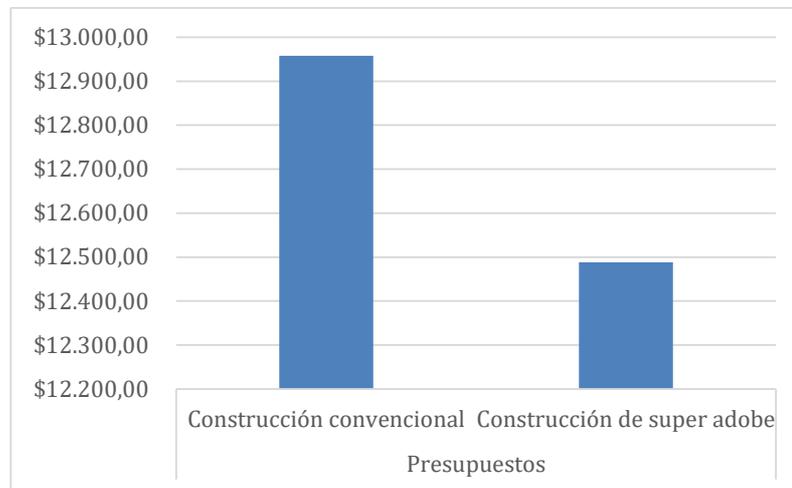


Figura 5.8: Gráfico Comparativo de Presupuestos.
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

1. Vivienda de interés social construida con sistema constructivo convencional (\$12,957.68):

- Área: 57 m².
- Sistema constructivo: Hormigón y cubierta metálica.
- Costos incluidos: Este costo incluye materiales como cemento, hierro, acero para la cubierta, mano de obra y otros costos asociados con la construcción convencional.
- Ventajas: Este sistema constructivo es ampliamente utilizado y conocido, lo que puede facilitar la obtención de materiales y mano de obra. Sin embargo, puede tener un impacto ambiental más alto debido al uso intensivo de recursos como el cemento y el acero.



Figura 5.9: Vivienda Social Desarrollada por el “MIDUVI”.
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

2. Vivienda de interés social construida con súper adobe y estrategias pasivas (\$12,488.31):

- Área: 80.90 m².
- Sistema constructivo: Súper adobe y estrategias pasivas.
- Costos incluidos: Este costo incluye materiales específicos para súper adobe, mano de obra especializada en esta técnica y, posiblemente, costos adicionales asociados con la implementación de estrategias pasivas para eficiencia energética.
- Ventajas: El súper adobe utiliza principalmente tierra cruda y otros materiales locales, lo que puede reducir significativamente los costos de materiales en comparación con el hormigón. Además, las estrategias pasivas pueden reducir los costos operativos a largo plazo al minimizar la necesidad de calefacción y refrigeración artificial. También puede tener un menor impacto ambiental debido al uso de materiales naturales y a la eficiencia energética.

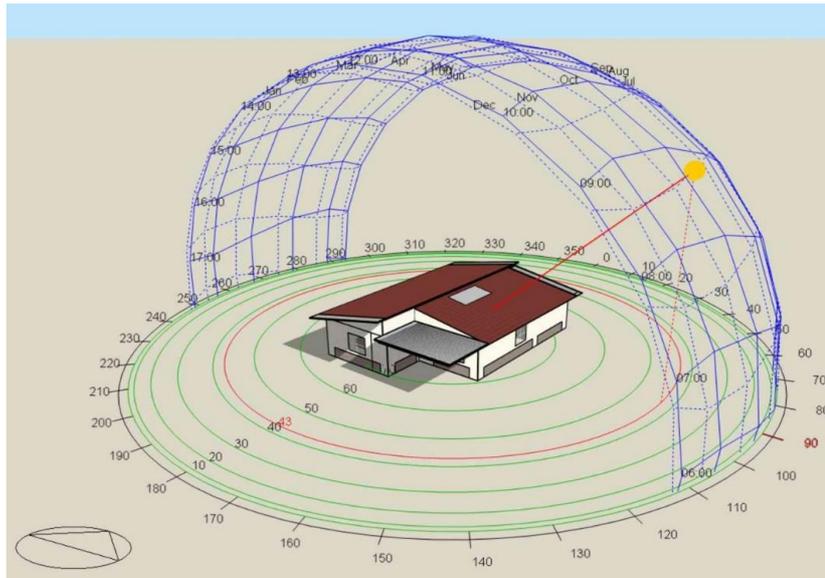


Figura 5.10: Propuesta de Vivienda con Súper Adobe con Estrategias Pasivas.

Realizado por: Vera Miguel, 2024.

Al comparar estas dos opciones, la vivienda de súper adobe tiene un costo inicial más bajo a pesar de tener un área más grande. Sin embargo, es importante considerar otros factores además del costo inicial, como la durabilidad, el mantenimiento a largo plazo y el impacto ambiental. La vivienda de súper adobe también puede ofrecer beneficios adicionales en términos de eficiencia energética y sostenibilidad a lo largo de su ciclo de vida.

Comparativa entre los dos sistemas aplicados a la vivienda de interés social

1. Costo inicial más bajo, pero área más grande:

- La vivienda de súper adobe, a pesar de tener un área más grande, puede tener un costo inicial más bajo debido al uso de materiales locales y de bajo costo como la tierra cruda. Este aspecto ha sido destacado en varios estudios. Por ejemplo, un estudio realizado por Al-Othman y Alyousef (2018) examinó la viabilidad económica de la construcción con súper adobe en comparación con métodos de construcción convencionales y encontró que el súper adobe era más rentable en términos de costo de materiales y mano de obra.

- Además, el estudio de Elnaz et al. (2017) encontró que el costo de construcción de viviendas de súper adobe era significativamente más bajo en comparación con las técnicas de construcción convencionales en regiones donde los materiales para súper adobe son abundantes y económicos.

2. Consideraciones adicionales:

- Durabilidad: La durabilidad de la vivienda de súper adobe puede variar dependiendo de los métodos de construcción y los materiales utilizados. Sin embargo, varios estudios han destacado la durabilidad del súper adobe cuando se implementa adecuadamente. Por ejemplo, el estudio de Rael (2018) examinó la durabilidad del súper adobe en diferentes condiciones climáticas y encontró que, cuando se utiliza correctamente, el súper adobe puede ser una opción duradera y resistente.

- Mantenimiento a largo plazo: Debido a su construcción simple y el uso de materiales naturales, la vivienda de súper adobe puede requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con las estructuras de hormigón tradicionales. Este aspecto ha sido señalado en estudios como el de Vargas et al. (2016), que analizó la sostenibilidad y el mantenimiento de viviendas de súper adobe en contextos rurales.

- Impacto ambiental: La vivienda de súper adobe puede ofrecer beneficios significativos en términos de impacto ambiental debido al uso de materiales naturales y locales, así como a su eficiencia energética. El estudio de Bagheri et al. (2020) examinó el impacto ambiental del súper adobe en comparación con métodos de construcción convencionales y encontró que el súper adobe tenía una huella ambiental considerablemente menor.

Se puede definir que, aunque la vivienda de súper adobe puede tener un costo inicial más bajo y ofrecer beneficios en términos de eficiencia energética y sostenibilidad, es esencial considerar la durabilidad, el mantenimiento a largo plazo y el impacto

ambiental al tomar decisiones de construcción. Estudios y análisis previos respaldan estas consideraciones al evaluar las ventajas y desventajas de la construcción con súper adobe.

Porcentaje de participación Nacional mínimo

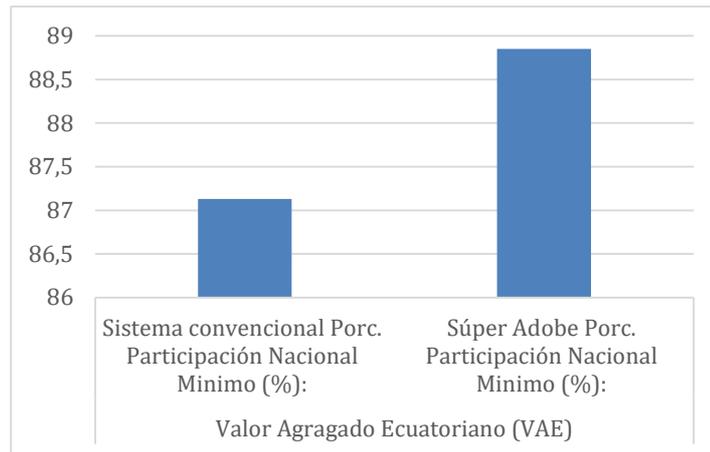


Figura 5.11: Gráfico Comparativo del Porcentaje de Participación Nacional Mínimo (%).
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

- El Valor Agregado Ecuatoriano (VAE) es un indicador que representa el porcentaje de contenido nacional en un producto o servicio. Indica la proporción de valor generado dentro del país en relación con el valor total del producto o servicio.

1. Sistema convencional:

- El gráfico muestra que el VAE para el sistema convencional es del 87.13%. Esto significa que el 87.13% del valor total del producto proviene de insumos y procesos realizados dentro del Ecuador.

2. Súper Adobe:

- Por otro lado, el VAE para el sistema de súper adobe es del 88.85%. Esto indica que el 88.85% del valor total del producto se genera dentro del Ecuador, lo que sugiere un mayor contenido nacional en comparación con el sistema convencional.

En resumen, estos gráficos muestran que tanto el sistema convencional como el sistema de súper adobe tienen un alto porcentaje de Valor Agregado Ecuatoriano, lo que indica que son opciones que contribuyen significativamente a la economía nacional y al empleo local. Además, el sistema de súper adobe parece tener un poco más de contenido nacional en comparación con el sistema convencional.

5.4 Análisis y Comparación de Eficiencia y Confort Térmico de la Vivienda Prototipo Propuesta

La tecnología del súper adobe, patentada y registrada (U.S. patent #5, 934,027, #3,195,445), se ofrece de forma gratuita a quienes la necesiten en todo el mundo y también cuenta con licencia para uso comercial. Inicialmente concebida por el arquitecto Nader Khalili para la NASA como una posible solución para construir hábitats en la Luna y Marte, se desarrolló a lo largo de años de investigación y práctica, con el objetivo de encontrar respuestas simples para la construcción con tierra. Surge de un enfoque humanitario y de la búsqueda de soluciones sencillas para las necesidades de refugio de la humanidad. (P. Sharma, 2015)



Figura 5.12: Casa de Apoyo Post Sismo del 2017 México.

Fuente: <https://www.moradasverdes.com>.

El confort térmico en las viviendas es un aspecto crucial para el bienestar y la calidad de vida de sus habitantes, especialmente en regiones con climas diversos como Ecuador. En este estudio, se llevará a cabo un análisis comparativo del confort térmico entre dos

propuestas de vivienda: una construida con el sistema tradicional y otra con adobe. Para realizar este análisis, se utilizará el software “Design Builder”, una herramienta avanzada de simulación energética y confort térmico. Se explorarán las condiciones de temperatura y humedad en ambas opciones de vivienda, utilizando modelos computacionales precisos basados en datos climáticos locales. Además, se presentarán las tablas de transmitancia térmica obtenidas mediante el uso del software, que proporcionan información detallada sobre la eficiencia energética y el comportamiento térmico de los diferentes materiales y componentes utilizados en cada propuesta de vivienda. Este análisis permitirá identificar las fortalezas y debilidades de cada sistema constructivo en términos de confort térmico, contribuyendo así a informar decisiones de diseño y construcción más sostenibles y orientadas al bienestar de los ocupantes.

5.5 Modelo de Vivienda de Interés Social con Estrategias Pasivas

El modelo de vivienda de interés social mejorado, empleando el sistema constructivo de súper adobe, propone la utilización de materiales autóctonos y sostenibles para garantizar la accesibilidad y la durabilidad de las edificaciones. Entre los materiales fundamentales que se proponen destacan:

- Revestimiento de barro con paja en paredes interiores y exteriores: Este revestimiento proporciona aislamiento térmico y acústico, además de otorgar una estética rústica a las superficies de la vivienda.
- Súper adobe como sistema de mampostería y estructural: Utilizando sacos rellenos de tierra compactada, se edifican muros y estructuras resistentes, adaptadas a las condiciones ambientales locales y capaces de soportar diferentes situaciones climáticas.
- Aislamiento de cama de paja para la cubierta: Este material proporciona propiedades térmicas y acústicas a la cubierta, mejorando el confort interior y la eficiencia energética.

- Carrizo para el cielo raso: El carrizo se emplea como material para el cielo raso, ofreciendo aislamiento térmico adicional y una estética natural.
- Piso de madera machihembrada: Se utiliza para el piso de la vivienda, garantizando una superficie duradera y estéticamente agradable.
- Concreto armado para el contrapiso: Proporciona una base sólida y estable para el piso final de la vivienda.
- Compactación de tierra bajo el contrapiso: Se emplea como base nivelada y resistente.

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CON ESTRATEGIAS PASIVAS

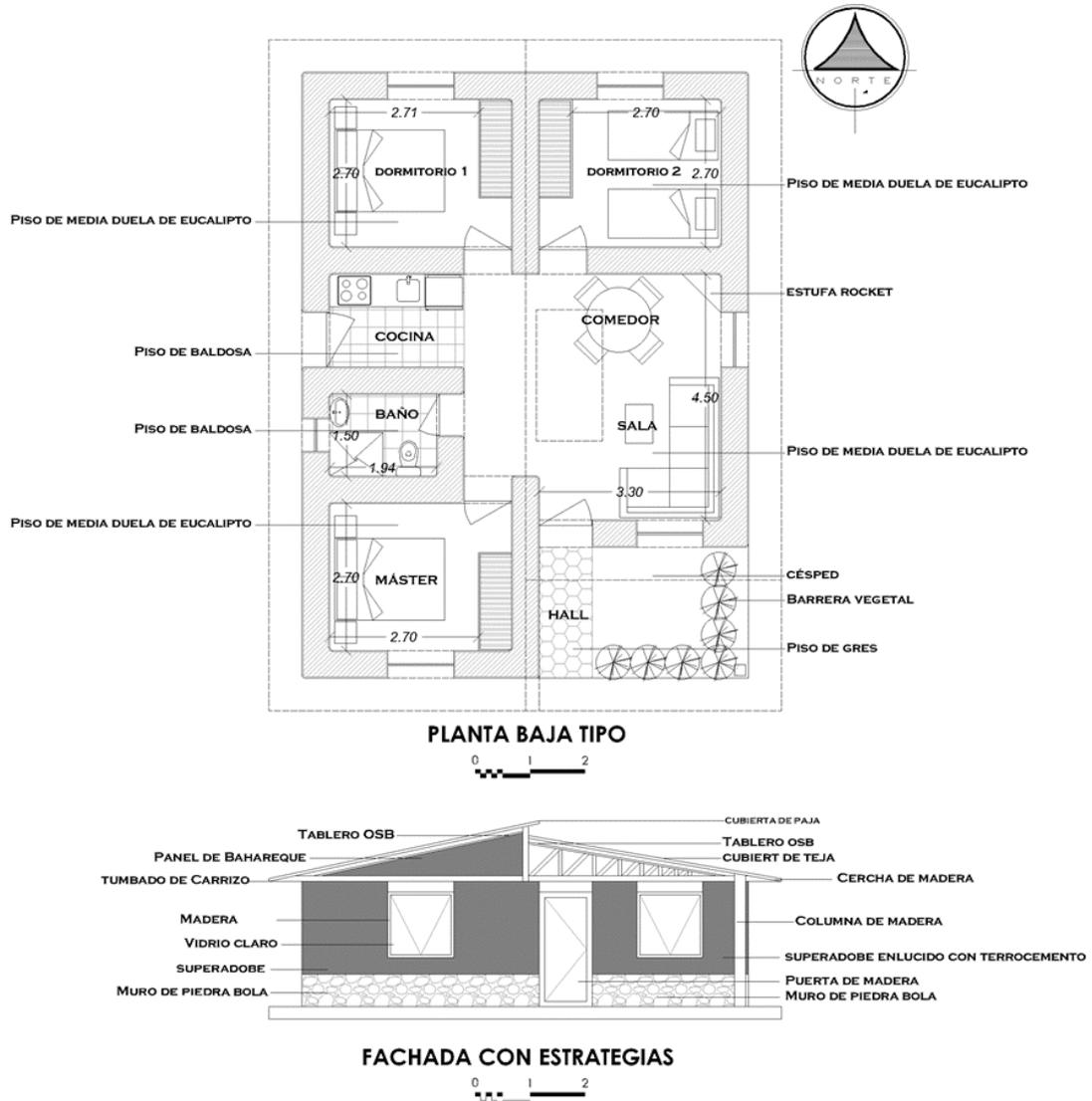


Figura 5.13: Planta Fachada con Estrategias Pasivas (Modelo de Súper Adobe).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

Tabla 5.3: Base de Transmitancia Térmica de Vivienda De Interés Social con Sistema Tradicional

ELEMENTO	CAPAS	MATERIAL	Espesor	Conductividad W/Mk
Muro exterior	EXTERIOR	Enlucido	0.01	0.82
	CENTRO	Bloque de concreto	0.13	0.44
	INTERIOR	Enlucido	0.01	0.82
Cubierta	Techo	Cubierta metálica	0.003	45
Cielo Razo		Gypsum plasteboard	0.020	0.25
Piso	EXTERIOR	Cerámica	0.01	1.3
	CENTRO	Hormigón	0.07	1.4

	INTERIOR	Tierra compactada	0.200	0.52
Zócalo	EXTERIOR	Concreto Pulido	0.025	0.53
	CENTRO	Concreto Simple	0.070	1.51
	INTERIOR	Tierra compactada	0.200	0.52
Puerta exterior	EXTERIOR	Puerta de madera	0.040	0.12
Puerta interior	EXTERIOR	Puerta de madera	0.040	0.12
Vidrio exterior		Vidrio	0.006	0.9

Realizado por: Vera Miguel, 2024

Tabla 5.4: Base de Transmitancia Térmica de Vivienda de Interés Social con Súper Adobe

ELEMENTO	CAPAS	MATERIAL	Espesor	Conductividad W/Mk
Muro exterior	EXTERIOR	Barro con paja	0.025	0.09
	CENTRO	Súper adobe	0.450	0.52
	INTERIOR	Barro con paja	0.025	0.09
Cubierta	EXTERIOR	Cama de Paja	0.020	0.09
Cielo Razo		Carrizo	0.020	0.06
Piso	EXTERIOR	Madera machihembrada	0.025	0.12
	CENTRO	Concreto armado	0.070	1.63
	INTERIOR	Tierra compactada	0.200	0.52
Zócalo	EXTERIOR	Concreto Pulido	0.025	0.53
	CENTRO	Concreto Simple	0.070	1.51
	INTERIOR	Tierra compactada	0.200	0.52
Puerta exterior	EXTERIOR	Puerta de madera	0.040	0.12
Puerta interior	EXTERIOR	Puerta de madera	0.040	0.12
Vidrio exterior		Vidrio	0.006	0.9

Realizado por: Vera Miguel, 2024

La disparidad en los coeficientes de transmitancia térmica entre el sistema convencional y el sistema de súper adobe, que han sido analizados en “Design Builder”, refleja las diferencias en la capacidad de transferencia de calor de cada material. Esta variación en los coeficientes de transmitancia térmica resalta las distintas propiedades de aislamiento térmico de cada sistema constructivo, y fue evaluada minuciosamente en el software “Design Builder” para comprender mejor cómo afectan al confort térmico y a la eficiencia energética de las respectivas construcciones.

Tabla 5.5: Tabla de Resultados de Análisis en “Design Builder”

MODELO	TRADICIONAL	SUPER ADOBE	TRADICIONAL	SUPER ADOBE
MES	ENERO	ENERO	JULIO	JULIO
Air Temperature (°C)	17.51	18.44	14.51	15.95
Relative Humidity (%)	50.01	46.70	52.81	47.24

Realizado por: Vera Miguel, 2024

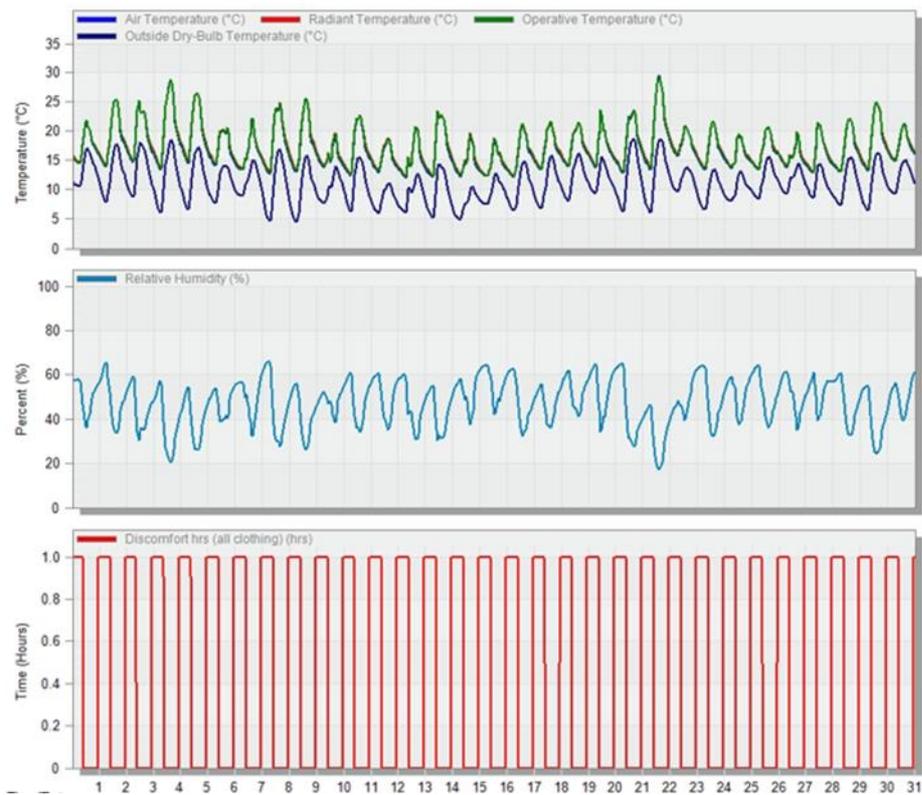


Figura 5.14: Gráfico del Mes Más Cálido (Enero) – Modelo Tradicional.
Realizado por: Vera Miguel, 2024

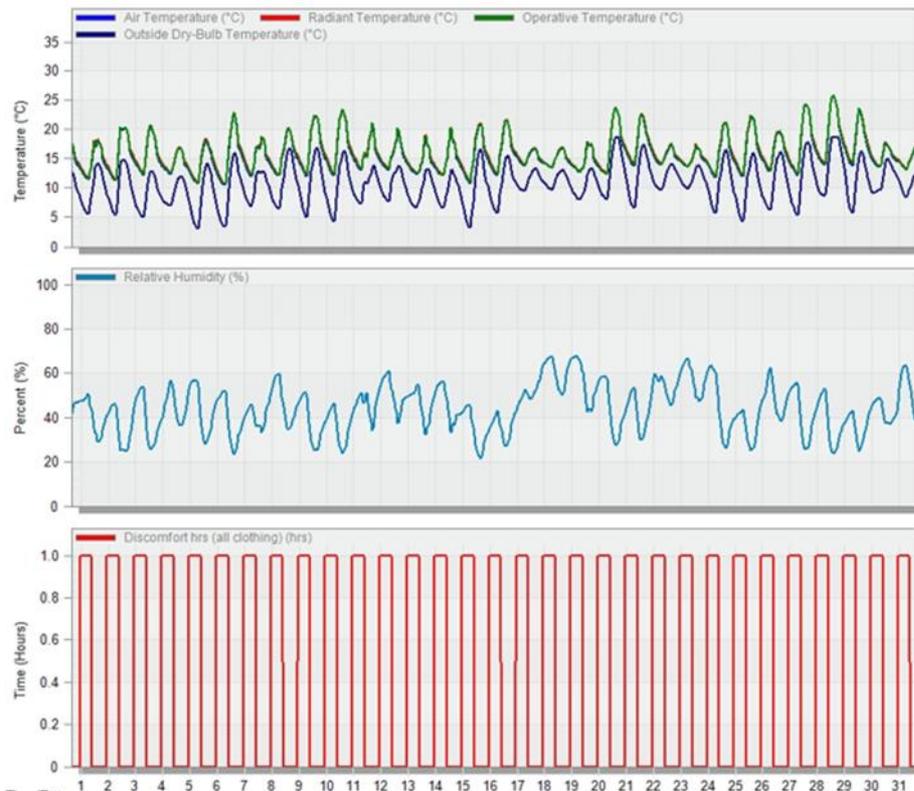


Figura 5.15: Gráfico del Mes Más Frío (Julio) – Modelo Tradicional.
Realizado por: Vera Miguel, 2024

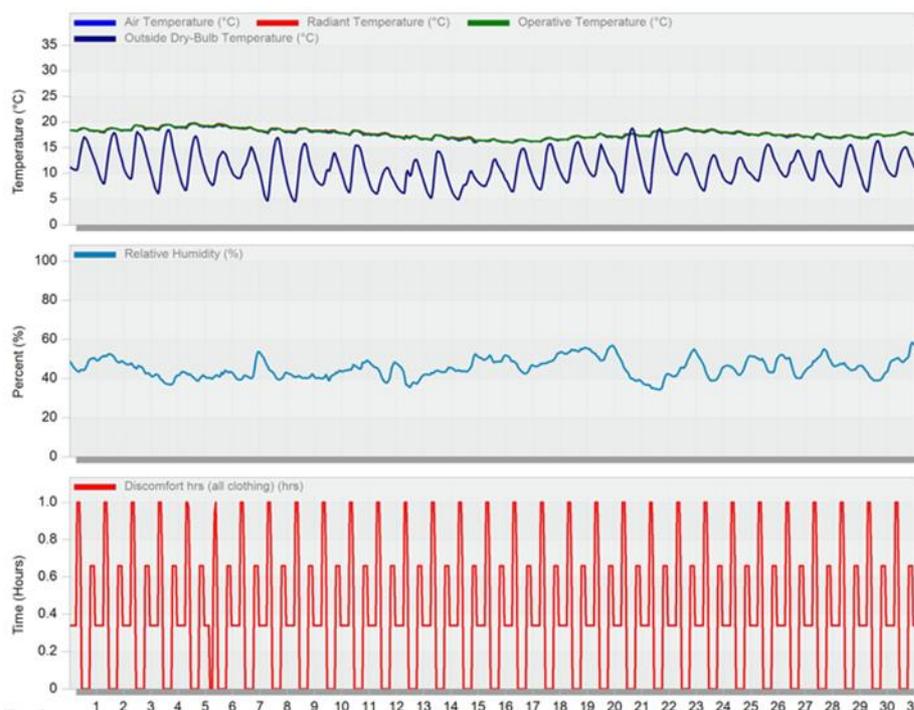


Figura 5.16: Gráfico del Mes Más Cálido (Enero) – Modelo Súper Adobe.
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

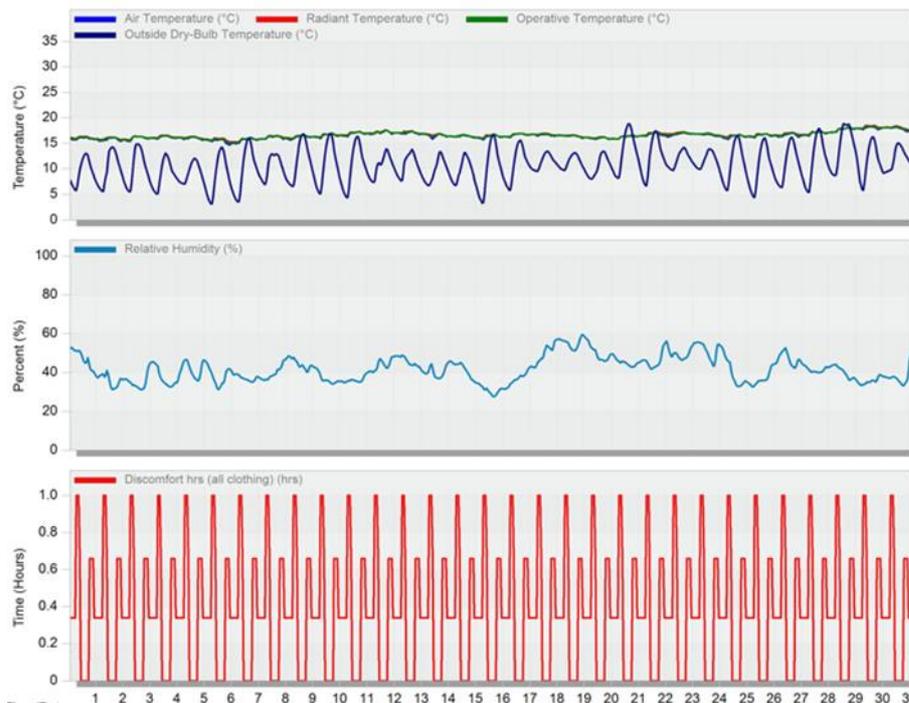


Figura 5.17: Gráfico del Mes Más Frío (Julio) – Modelo Súper Adobe.
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

Con los datos proporcionados sobre las temperaturas y la humedad relativa en Cayambe para los meses de enero y julio, podemos realizar un análisis comparativo entre el modelo tradicional y el modelo de súper adobe. Aquí hay algunas observaciones:

1. Temperatura del aire:

- En enero, siendo el mes más cálido en Cayambe, la temperatura promedio del aire es (17.51°C) modelo convencional, en comparación con el modelo de súper adobe la temperatura promedio en el mismo día es de (18.44°C). Analizando la gráfica podemos ver como la franja azul correspondiente al modelo con súper adobe mantiene la temperatura más continua a lo largo de las 24 horas, sin embargo, está por debajo de la temperatura confort promedio y por debajo de la temperatura promedio del modelo convencional, por norma la temperatura promedio para clima frío debe estar en 20-23°C según la NEC-HS-CL.

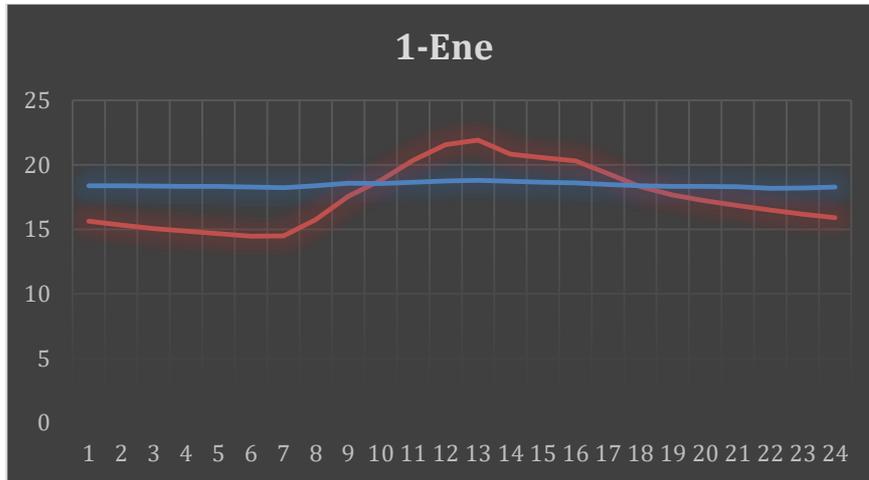


Figura 5.18: Gráfico Comparativo del Mes Más Cálido (Enero).
Realizado por: Vera Miguel, 2024.

- En julio siendo el mes más frío en Cayambe, la temperatura promedio del aire de un día en el modelo tradicional es de (14.51°C) en comparación con el modelo de súper adobe la temperatura promedio es de (15.95°C). Analizando la gráfica podemos ver la línea azul que es la temperatura en el modelo de súper adobe tiene menores variaciones durante las 24 horas del día en comparación al modelo con el sistema convencional con línea roja, sin embargo, está por debajo de la temperatura confort establecida y por debajo de la temperatura del sistema convencional, por norma la temperatura promedio para clima frío debe estar en 20-23°C según la NEC-HS-CL.

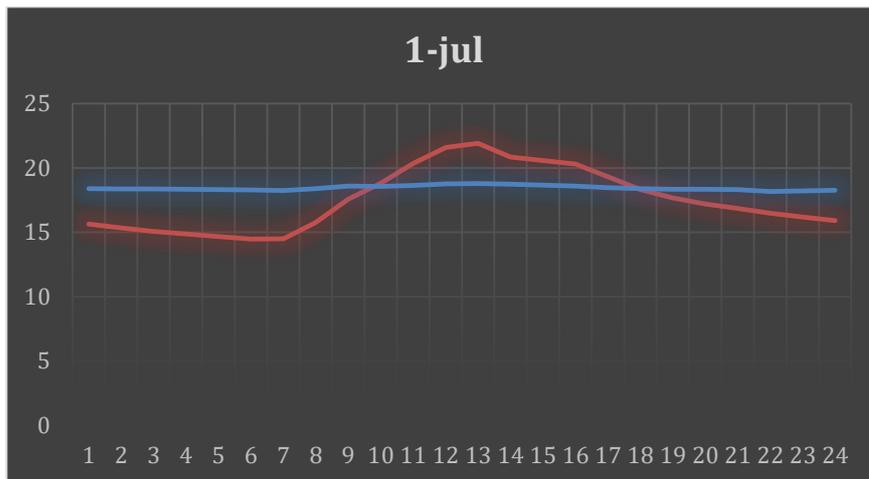


Figura 5.19: Gráfico Comparativo del Mes Más Frío (Julio).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

2. Humedad relativa:

- En enero, siendo el mes más cálido en Cayambe, la humedad relativa promedio en el modelo convencional es del (50.01%) en comparación con el modelo de súper adobe la humedad relativa promedio es del (46.70%). Con línea roja vemos la humedad relativa del modelo con súper adobe, es decir cumple con los parámetros promedio según la norma para climas fríos que va de 40-50% según la NEC-HS-CL, esto podría indicar una mejor regulación de la humedad en el interior del modelo con súper adobe.

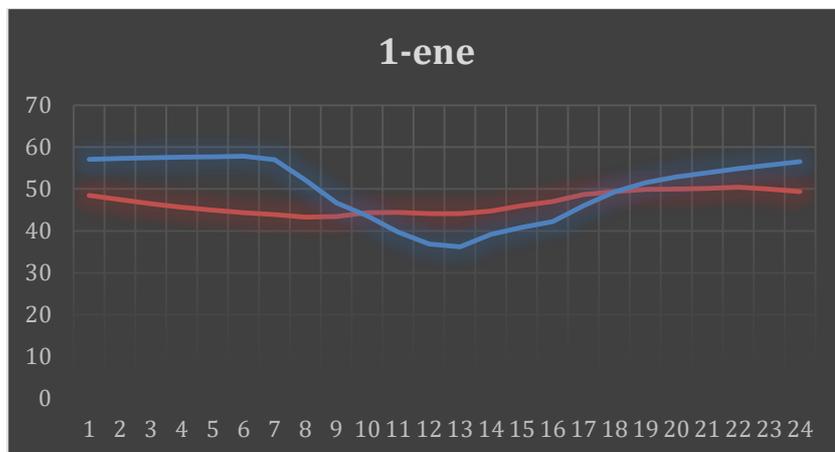


Figura 5.20: Gráfico Comparativo de Humedad en el Mes Más Cálido (Enero).

Realizado por: Vera Miguel, 2024

- En julio siendo el mes más frío en Cayambe, la humedad relativa promedio en el modelo convencional es de (52.81%) en comparación con el modelo de súper adobe la humedad relativa promedio de un día de julio es de (47.24%), como vemos en el gráfico con la línea roja es el sistema de adobe que se mantiene en la franja de humedad relativa promedio según la NEC-HS-CL, donde se indica que el rango promedio va de 40%-50% para clima frío. En este caso el modelo de súper adobe está dentro de rango establecido por la normativa según la NEC-HS-CL.

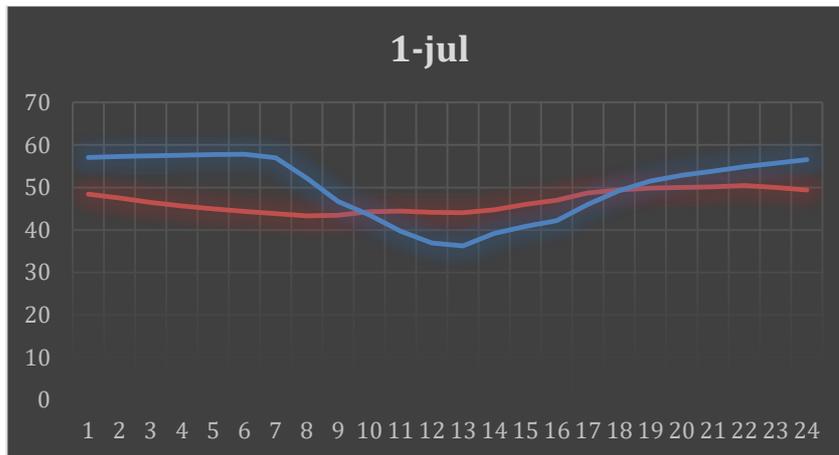


Figura 5.21: Gráfico Comparativo de Humedad en el Mes Más Frío (Julio).
Realizado por: Vera Miguel, 2024

En general, estos datos sugieren que el modelo de súper adobe podría tener ventajas en términos de control de temperatura interior durante períodos de clima cálido, manteniendo una temperatura más fresca en comparación con el modelo tradicional. Sin embargo, el modelo con súper adobe puede ofrecer una regulación ligeramente mejor de la humedad relativa en el interior.

CONCLUSIONES

En base al análisis realizado en esta investigación, el modelo de vivienda de interés social que se planteó con el sistema de súper adobe tiene un costo de construcción menor en un 3.62% en relación al modelo planteado con el sistema constructivo convencional, para la ciudad de Cayambe. Siendo este resultado muy favorable para poder incluir este sistema constructivo al momento de plantear vivienda de interés social para la región sierra.

También se concluye en base al resultado obtenido del análisis comparativo de temperatura interna y humedad relativa realizado en esta investigación, que el modelo de vivienda de interés social que se planteó con súper adobe tiene mayor eficiencia en cuanto a temperatura de aire interno con una diferencia mayor en 0.93°C en el mes de enero siendo éste el más caliente y en 1.44°C en el mes de julio siendo éste el más frío.

La temperatura promedio es más constante durante las 24 horas; sin embargo, a pesar de que el comportamiento del súper adobe es muy favorable para la temperatura interna, no se logró que esté dentro del rango de confort que nos indica la NEC-HS-CL.

En cuanto al análisis de humedad relativa, se comprueba que el modelo planteado con el sistema constructivo de súper adobe, es más eficiente que el sistema convencional, dado que se mantiene dentro del rango de confort que indica la NEC-HS-CL, en el mes más cálido y el mes más frío de Cayambe.

Estos resultados obtenidos nos permiten concluir que el sistema constructivo de súper adobe aplicado a la vivienda de interés social en Cayambe, es más favorable en el aspecto económico y de confort interno, en comparación al sistema convencional de hormigón y cubierta metálica.

Tomando en cuenta las características geográficas y climáticas de la región de Cayambe, se puede decir que posee la materia prima necesaria aplicada en el modelo propuesto en súper adobe, disminuyendo los gastos de construcción y aportando a la dinámica de la comunidad donde se aplica, ya que es una técnica constructiva que se puede reproducir en grupo, siendo un factor de posible cohesión. Pudiendo rescatar esta técnica de construcción que a corto, mediano y largo plazo va a ser benéfica para ésta población de la sierra ecuatoriana.

RECOMENDACIONES

Se sugiere desde los resultados obtenidos en los modelos analizados en esta investigación, las siguientes recomendaciones:

1. Incentivar la técnica de construcción con súper adobe: Se plantea el aplicar y reproducir esta técnica de construcción para generar mayor acceso a vivienda digna de carácter social para la región sierra principalmente.
2. Promover la construcción sostenible: Se recomienda que se tome en cuenta estrategias de sostenibilidad al momento de desarrollar nuevos proyectos.
3. Promover políticas y ordenanzas para la construcción con súper adobe: Se sugiere que se planteen más políticas públicas y ordenanzas de construcción acordes al contexto del Ecuador.
4. Realizar estudio de factibilidad: Se puede plantear como parte del aporte científico para el Ecuador, realizar los análisis e investigación necesaria para ver la factibilidad del sistema constructivo con súper adobe en otras zonas del país.
5. Socializar el sistema de súper adobe: Se recomienda socializar esta técnica constructiva a mayor profundidad desde la cátedra de las escuelas de arquitectura.

Estas recomendaciones pueden aportar como directriz ante el problema de vivienda de carácter social que hay en la comunidad de Cayambe.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., Aguirre, J., & Pañega, F. (2015). Diseño de paneles prefabricados en tierra. *Universidad de Cuenca*, 1–220.
- Acosta, M. E. (2009). La gestión de la vivienda social en el Ecuador: entre la espada y la pared. *Ayaz*, 8(5), 55.
- Adames González, S. M., Sierra, J., Tarra Figueroa, H. R., & Sanchez, G. A. (2017). Comparación financiera construcción tradicional y construcción sostenible para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca. *Universidad Católica de Colombia*, 1–73.
- Arantza, R. (2015). *Superadobe: problemas y soluciones*. 81.
- Arévalo, R., & Cadena, M. (2021). Análisis de la Técnica del Superadobe para la Construcción de Espacios Habitables en el Sitio Las Lomas de Riochico. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Issue Marzo). http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/13/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&etal=0&start=110
- Arrieta, G., & Maristany, A. (2018). Cambiando los paradigmas: Revisión del concepto de confort higrotérmico desde los 60' hasta la actualidad. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22, 01.01-01.12. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/108091/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. 19–72. <https://doi.org/10.2307/j.ctvm204k6.6>
- ASHRAE Standard. (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy 55-2004. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*, 1–34.
- Banco Central del Ecuador [BCE]. (2022). Informe de la Evolución de la Economía Ecuatoriana en 2021 y Perspectivas 2022. *Banco Central Del Ecuador*. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/EvolEconEcu_2021pers2022.pdf
- Becker Mark ;Tutillo Silvia. (2009). *HISTORIA AGRARIA Y SOCIAL DEL CAYAMBE*. FLACSO Ecuador : Abya-Yala.

- Berardi, U. (2013). Clarifying the New Interpretations of the Concept of Sustainable Building. *Sustainable Cities and Society*, 8(2013), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.01.008>
- Bernal García, G. H. (1989). *Geometría solar y trayectorias del sol en Colombia*. Bogotá: HIMAT.
- Bolay, J.-C., Rabinovich, A., Andre de la Porte, C., Ruiz, L., Unda, M., Vivero, M., Serrano, T., & Nieves, G. (2004). Interfase urbano-rural en Ecuador, hacia un desarrollo territorial integrado. *Cahier Du LaSUR No 5*, 354. http://infoscience.epfl.ch/record/114256/files/CahierLaSUR05_interfase_ecuador.pdf
- Bolívar, T., & Erazo Espinosa, J. (2012). *Dimensiones del hábitat popular latinoamericano* (Issue February).
- Cadetes, E. M. D. E. (2020). Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia. In *Miradas de innovación, sostenibilidad y desarrollo en torno a la gestión ambiental en el Ejército Nacional de Colombia*. <https://doi.org/10.21830/9789585318342>
- Calero, D. (2021). Florícolas: ¿motores de la expansión urbana? El caso de Cayambe, Ecuador. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 20, 52–72. <https://doi.org/10.17141/eutopia.20.2021.5164>
- Calero, D. M. (2017). Entre flores y la ciudad: la periurbanización de Cayambe en el período 1980-2010. *Block Caving – A Viable Alternative?*, 21(1), 1–9.
- CAMICON. (2020). *REVISTA CONSTRUCCIÓN*.
- CEPAL. (2019). Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe. *Instituto Latinoamericano y Del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)*, 59. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44731/1/S1900439_es.pdf
- Chávez del Valle, F. J. (2002). *Zona variable de confort térmico*.
- Ciutat, M. (2014). *Manual de superadobe*.
- Conseil International du Bâtiment. (2010). *Code national du bâtiment, Canada 2005*. 2.
- Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M. T., Postigo, J., & Peralvo, M. (2012). Panorama andino sobre cambio climático. *Condesa*, 1, 167. <http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2013/12414.pdf>
- Durán, Gabriela. (2020). Crecimiento Urbano En La Producción De Vivienda Formal Del Siglo Xx. *Diseño Arte Y Arquitectura*, 6609(9), 231–245. <https://doi.org/10.33324/daya.v1i9.344>
- Durán, Gustavo, Bayón, M., Bonilla Mena, A., & Janoschka, M. (2020). Vivienda social en Ecuador: violencias y contestaciones en la producción progresista de periferias urbanas. *Revista INVI*, 35(99), 34–56. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582020000200034>

- Fuentes Freixanet, V. A. (2002). Metodología de Diseño Bioclimático: El Análisis Climático. *Tesis Para Optar Grado de Maestro En Diseño, Línea Arquitectura Bioclimática de La Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias y Artes Para El Diseño. Azcapotzalco - México, 278.*
- GADIP del Municipio del Cantón Cayambe. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cayambe 2020-2030.*
- Gallegos, M., Beltrán, L., Calderón, L., & Guerra, V. (2020). La diferenciación como estrategia de competitividad en el sector florícola del Cantón Cayambe (Ecuador). *Revista Espacios, 41*(0798 1015), 1–10. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/20411002.html>
- García-Erviti, F., Armengot-Paradinas, J., & Ramírez-Pacheco, G. (2015). El análisis del coste del ciclo de vida como herramienta para la evaluación económica de la edificación sostenible. Estado de la cuestión. *Informes de La Construcción, 67*(537). <https://doi.org/10.3989/ic.12.119>
- González Velandia, K. D., Sánchez Bernal, R., Pita Castañeda, D. J., & Pérez Navarro, L. F. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Ingeniería Investigación y Tecnología, 20*(3), 1–9. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>
- Guamán, S., & Xavier, I. (2019). *Tecnología y campo expresivo: El adobe, piedra y la madera en el espacio interior. Diseño desde el proceso constructivo.* <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9063/1/14708.pdf>
- Guerra, M. (2012). *Cayambe: entre la agroempresa y la agrobiodiversidad.*
- Hábitat para la Humanidad, M. (2023). *Vivienda adecuada.* Vivienda Adecuada. [https://www.habitatmexico.org/article/vivienda-adeuada#:~:text=El término Vivienda Adecuada significa disponer, iluminación%2C calefacción y ventilación suficientes.](https://www.habitatmexico.org/article/vivienda-adeuada#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20Vivienda%20Adecuada%20significa%20disponer,%20iluminaci%C3%B3n%20calefacci%C3%B3n%20y%20ventilaci%C3%B3n%20suficientes.)
- Herbosa Gutiérrez, L. (2019). CONSTRUCCIÓN EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO CONSTRUCCIÓN CON TIERRA ENSACADA [UNIVERSIDAD DE VALLADOLID]. In *UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.* <https://core.ac.uk/download/pdf/151807279.pdf#page=35>
- Hwang, B.-G., & Tan, J. S. (2012). Sustainable Project Management for Green Construction. *Challenges, Impact and Solutions, June 2012, 9.*
- INEC. (2010a). INEC. *Sustainability (Switzerland), 7*(1), 2873. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/guayas.pdf%0Ahttp://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/26651%0Afile:///C:/Users/usuario/Documents/PS0315_16.pdf%0Ahttp://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanis

- INEC. (2010b). Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. *Fascículo Provincial Pichincha*, 0–7.
- INEN. (1982a). MECÁNICA DE SUELOS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA. MÉTODO DEL SECADO AL HORNO. 5–24. <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN. (1982b). MECÁNICA DE SUELOS. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO. MÉTODO DE CASA GRANDE. <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN. (1982c). MECÁNICA DE SUELOS. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO. <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN. (2019). LADRILLOS CERÁMICOS. PARTE 5: MÉTODOS DE ENSAYO. <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INER. (2016). *Análisis de las oportunidades de I+D+i en eficiencia energética y energías renovables en el Ecuador*. https://www.academia.edu/32653611/Agenda_I_D_i_en_eficiencia_energética_y_energía_renovable
- Jones, P., & Comfort, D. (2015). *Sustainability and the Uk ' S Leading Retailers Održivost I Vodeći Trgovci Na Malo*. 410.
- Karatas, A., & El-Rayes, K. (2015). Optimizing tradeoffs among housing sustainability objectives. *Automation in Construction*, 53, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.010>
- Labbé, J. F., & Cevallos, E. Q. (2021). Trajectories and aspirations of rural young people on territories in transformation: A case in rural areas in cayambe, ecuador. *Ager*, 2021(32), 157–188. <https://doi.org/10.4422/ager.2021.11>
- Lara, M. L., & Bustamante, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. *Revista Politécnica*, 49(2), 37–46. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.04>
- M.P. Boland', D. G. & J. F. R. (1991). La lucha por la vivienda social en las áreas centrales: el caso de São Paulo. *Αγαη*, 8(5), 55.
- Martínez Bravo, G. de F. (2020). ANÁLISIS DE LA IMPORTANCIA DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO: DIFERENCIAS ENTRE LA PERSPECTIVA PERSONAL Y EMPRESARIAL. *Revista Educativa Hekademos*, 28, Año XIII, Junio 2020., 2507(1), 1–9. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>

- MIDUVI. (2022). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. MIDUVI, 20. www.habitatyvivienda.gob.ec
- Miranda, M. (2016). *Elaboración de una dosificación para fabricación de superadobe, con ensacados de yute, cabuya y análisis comparativo de resistencia a compresión con mampuesto de ladrillo del cantón Chambo, provincia de Chimborazo*. 169.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *NEC-HS-EE: Eficiencia Energética*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/4.-NEC-HS-Eficiencia-Energetica.pdf>
- ONU-HABITAT. (2017). 5 TEMAS SELECTOS DEL HÁBITAT LATINOAMERICANO. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. [http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB%202.pdf)
- Parra Zurita, D. J. (2014). *UTILIZACIÓN DE LA FIBRA NATURAL DE CABUYA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS ANTIBACTERIANAS CON LA APLICACIÓN DE SULFATO DE COBRE*. [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE]. [https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7896/2/04 IT 173 Artículo.pdf](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7896/2/04%20IT%20173%20Articulo.pdf)
- Pinto, V., & Ruiz, S. (2009). Vivienda Rural en el Ecuador desafíos para procesos sustentables e influyentes. *Flacsoandes.Edu.Ec*, 1–28. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=114490&tab=opac
- Rodriguez, E., & Villalba, J. (2017). Análisis a flexión en vigas de concreto armado, compuestas de hormigón modificado con fibrillas recicladas de neumático, y su influencia en la cuantía de acero en un hormigón estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. *Universidad Nacional de Chimborazo*, 1–149.
- Sacro, P. (2022). *Saco tejido blanco 50 kg. - ficha técnica*. 2022. https://api.sacproperu.com/public/productos/164519-SACO_TEJIDO_BLANCO_50_KG_-_FICHA_TECNICA.pdf
- Samari, M., Godrati, N., Esmailifar, R., Olfat, P., & Shafiei, M. W. M. (2013). The investigation of the barriers in developing green building in Malaysia. *Modern Applied Science*, 7(2), 1–10. <https://doi.org/10.5539/mas.v7n2p1>
- Sangucho-Barros, D. S., Velasco-Cevallos, D. A., & Viera-Arroba, L. P. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 58–69. <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4495>
- Secretaría del buen vivir. (2017). Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021. *Educational Research*, 1, 48. <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf

- Sharma, P. (2015). a Study on Feasibility of Emergency Shelter Through Superadobe Technology. *International Journal of Research*, 512–217.
- Siguenza, J. (2014). Estudio del sistema constructivo superadobe, y su aplicación en la vivienda rural. *Universida de Cuenca*, 1–275.
- Smith, A., Voß, J. P., & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4), 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>
- Solano, E., & Testa, A. (2022). La bioconstrucción en Latinoamérica: una redención ante la crisis por pandemia Bioconstruction in Latin America: a redemption from the pandemic crisis. *Nodo*, 32, 33–42. <https://orcid.org/0000>
- Sunday, O. (2010). *Sustainable Housing Development in Africa. International Business and Management*.
- Torres Gutiérrez, X. E. (2018). Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el período 2009-2015. *Universidad Andina Simón Bolívar*, 5, 176. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6052/1/T2544-MAE-Torres-Estudio.pdf>
- UN-HABITAT. (2010). El derecho a vivienda, a la ciudad y al hábitat sostenibles. In *Вестник Росэдравнадзора* (Vol. 4, Issue 1).
- Valarezo, G. R. (2019). Territorio, identidad e interculturalidad. In *FLACSO*.
- Vásquez, C. (2012). El Diseño Del Sistema De Cerramiento-Internacional-Esp. *ARQ (Santiago)*, 82, 102–107. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962012000300017&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Vasquez Palacios, J. R., & Quesada Molina, J. F. (2017). Determinación del costo de construcción de las diferentes clasificaciones para una vivienda sustentable en la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(2), 28–39. <https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.02.03>
- Vives-Miró, S., & Rullan, O. (2016). Desigualdades intraurbanas y globales en la obra de Neil Smith (1954-2012). *Biblio3W. Revista de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona*, 21(1.178), 8.