

ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN VIVIENDAS RURALES DE LA COMUNIDAD DE PÁRAMO TALATAG, COTOPAXI, ECUADOR

Diana Arias Maldonado

dianariasm.arq@gmail.com

Palabras clave: Integrales, prototipo, confort ambiental, altitud, software especializado.

Resumen

El presente estudio investigó estrategias integrales de sostenibilidad en un prototipo de vivienda rural en comunidades entre los 3500 y 4000 msnm, enfocándose en la comunidad indígena de Talatag, Cotopaxi, Ecuador. El artículo está dividido en cinco etapas: en primer lugar, se definió la sustentabilidad rural y se realizó un diagnóstico detallado de las viviendas en Talatag, evaluando aspectos sociales, culturales, ambientales y económicos. Se identificaron estrategias para el diseño del prototipo basadas en el diagnóstico y experiencias previas. El prototipo desarrollado se evaluó utilizando software especializado para el confort térmico, generando así criterios de sostenibilidad enfocados en el confort ambiental. Este estudio proporciona análisis y soluciones para mejorar la sostenibilidad en viviendas rurales de gran altitud, con aplicaciones prácticas y replicables.

1 INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad integral ha cobrado importancia en el diseño de viviendas rurales, especialmente en zonas desafiantes como las comunidades situadas entre 3500 y 4000 msnm; porque la tasa de pobreza multidimensional en las zonas rurales de Ecuador alcanzó el 70%, y la pobreza extrema multidimensional fue del 41,3%, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). El déficit cualitativo de vivienda en los Andes centrales oscila entre el 70 y el 90%, lo que afecta la habitabilidad y el bienestar de las personas más vulnerables. Estas condiciones reflejan necesidades básicas insatisfechas y subrayan la complejidad de lograr la sostenibilidad integral en medio de una crisis socioambiental global.

Este estudio se centró en la comunidad rural de Talatag, en la parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi, investigando estrategias de sostenibilidad para un proyecto. Sobre esta base, la propuesta que se detalla a continuación busca definir estrategias de sostenibilidad desde los ejes social, cultural, ambiental y económico, para aplicar en el diseño y construcción de vivienda apropiada y apropiable para la mencionada comunidad.

El estudio se realizó en cinco etapas, comenzando con una revisión de los conceptos de sostenibilidad con un enfoque integral en el contexto de zonas rurales. Posteriormente, se procedió al diagnóstico de las viviendas en la comunidad de Talatag, lo que implicó la recopilación de información sobre el territorio, teniendo en cuenta los aspectos sociales, culturales, ambientales y económicos de la sostenibilidad. Este análisis abarcó múltiples facetas, desde los tipos de lotes hasta la orientación de las viviendas, las necesidades de los usuarios y las actividades económicas locales.

Las conclusiones resaltaron criterios bioclimáticos aplicables y replicables en viviendas de contextos similares, contribuyendo al desarrollo sostenible de comunidades rurales en altitudes elevadas mediante un enfoque holístico que integra los aspectos ya mencionados en el diseño de viviendas sostenibles.

2 ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA SUSTENTABILIDAD Y LA VIVIENDA RURAL

Es esencial comprender en detalle los conceptos que permiten aplicar las estrategias de sostenibilidad integral en viviendas rurales de páramo. Esto incluye una definición precisa de sostenibilidad y una exploración de las estrategias asociadas, especialmente para utilizarlas

en las viviendas rurales ubicadas entre los 3500 y 4000 msnm. También se aborda la interacción intrínseca de los aspectos ambientales, sociales y económicos que influyen en la implementación exitosa de estas estrategias.

2.1 Enfoque de sostenibilidad en la arquitectura rural

El término sostenibilidad o desarrollo sostenible surgió en 1987 como respuesta a la preocupación por el deterioro del entorno natural, enfocándose en garantizar la satisfacción de las necesidades presentes y futuras (Naciones Unidas, 1987). Actualmente, se entiende como un proceso de integración sinérgica entre los grandes subsistemas que componen un territorio, asegurando y manteniendo un nivel creciente de bienestar a largo plazo sin comprometer las oportunidades de desarrollo y reduciendo los impactos negativos de la producción, el consumo y la urbanización.

El enfoque hacia la sostenibilidad reconoce la importancia de equilibrar la preservación del entorno, el progreso económico y el avance social. La arquitectura sostenible, reconocida oficialmente por la UIA en 1993, busca minimizar los efectos adversos en el entorno ambiental y utilizar eficazmente los recursos naturales disponibles.

Sobre esta base, Kim y Rigdon (1998) marcaran los primeros pasos hacia un desarrollo sostenible en el ámbito de la construcción. Los autores proponen tres principios fundamentales de sostenibilidad en la arquitectura: 1) el enfoque en la economía de los recursos que prioriza la conservación de energía, agua y materiales; 2) el ciclo de vida de la edificación que establece una interrelación vital entre las etapas de planificación, construcción y demolición de las estructuras; y, el factor más relevante; y 3) el diseño humano, centrado en la interacción armoniosa entre las edificaciones y su entorno ambiental, así como entre las edificaciones y las personas que las ocupan.

Por ello, los fundamentos bioclimáticos son considerados como eje fundamental en la arquitectura sostenible incorporar los tres principios mencionados en el diseño inicial y su planificación. Estos actúan como la piedra angular para una construcción arquitectónicamente sostenible, siempre y cuando se integren las estrategias de diseño bioclimático.

2.2 La vivienda rural y vernácula en Latinoamérica

La vivienda rural, según Sánchez y Jiménez (2010), se describe como un ente dinámico que interactúa activamente con su entorno natural y comunitario. Es una herencia valiosa en términos culturales y un elemento esencial para la cohesión familiar y comunitaria. La participación de la comunidad en la construcción de la vivienda rural contribuye a la transmisión del conocimiento y fortalece la identidad cultural.

La arquitectura rural en Ecuador refleja una manifestación de la identidad y la historia de las comunidades rurales del país, influenciada por diversas culturas. La arquitectura vernácula, que se caracteriza por el uso de materiales locales y formas de construcción autónomas, es una expresión de la adaptación al entorno y la utilización de recursos locales.

De esta manera, Calderón (2021) destaca que la arquitectura rural en el Ecuador ha sido influenciada por diferentes culturas, como la Inca, Cañari, Puruhá, Manteña, entre otras, permitiendo una diversidad de formas y técnicas constructivas, pudiendo hablar de una arquitectura adaptativa y dinámica, que se ha ido transformando y enriqueciendo a lo largo del tiempo, logrando establecer una estrecha relación entre la vivienda y el entorno natural y social en el que se encuentra.

El estudio de casos en viviendas rurales en páramos, tanto en Ecuador como en Perú, muestra la importancia de preservar y promover esta arquitectura vernácula para conservar la cultura y la identidad de las comunidades locales. Yamaguchi (2021) destaca como la arquitectura vernácula andina se caracteriza por el uso de materiales locales y técnicas de construcción adaptadas al entorno. En Perú, por ejemplo, se utiliza materiales como adobe, piedra y madera y se integra armoniosamente con el paisaje y las condiciones climáticas locales. Esta

arquitectura refleja la cultura y las tradiciones de la comunidad local, y contribuye al orgullo y la autoestima de la misma. En un contexto de creciente conciencia ambiental, este enfoque sostenible adquiere aún más relevancia para promover el desarrollo sostenible en áreas rurales.

Vargas (2020) manifiesta que se observan similitudes en la disposición estructural, con áreas centrales que no solo distribuyen los espacios, sino que también se convierten en núcleos fundamentales en los que se desarrollan actividades sociales, laborales y relacionados con la alimentación.

A partir de estos casos de estudio, resulta evidente que los autores coinciden en la importancia de preservar y promover la vivienda rural altoandina para conservar la cultura e identidad de las comunidades asentadas en estos espacios, ejemplificando la práctica de estrategias de sostenibilidad al emplear materiales locales y técnicas constructivas adaptadas al entorno.

2.3 Condiciones demográficas, socioeconómicas, culturales y ambientales de la comunidad de Talatag y su influencia en la construcción de la vivienda

Talatag, a lo largo de su historia, ha estado marcado por cambios sociales, económicos, culturales y ambientales, momentos cruciales que han forjado la identidad y el rumbo de esta comunidad, ha experimentado una serie de transformaciones y eventos significativos que han dado forma a su desarrollo e identidad.

Conforme al Censo del año 2010, en esta zona habitaban aproximadamente 70 familias, con una población estimada de entre 900 y 1000 habitantes. Estos se identifican como parte del pueblo indígena de Panzaleo de la comunidad Kichwa.

La comunidad Talatag depende principalmente de la producción agropecuaria, pero enfrenta problemas sociales, económicos, políticos y técnicos, siendo el principal la baja productividad y rentabilidad debido a la falta de políticas públicas de apoyo a la pequeña producción campesina y la seguridad alimentaria. La crianza de ovejas es la base de la economía familiar, siendo las mujeres y los niños quienes se dedican a esta tarea, mientras que los hombres buscan trabajo en las ciudades en calidad de albañiles y en el negocio informal.

En Talatag, se evidencia la relación entre parentesco y territorialidad, así como la solidaridad en las tareas que no pueden realizarse eficientemente por la familia nuclear. La construcción de la casa implica la obligatoriedad moral de colaborar en el trabajo, dirigidos por el dueño de la casa o por quien este delegue como experto en la construcción, incluso un profesional. Este sistema de trabajo es conocido como pasamanos o minga. La temperatura más alta es en abril, con 7.70°C, y la más baja es en julio, con 7.0°C. El verano dura de junio a septiembre. Julio es el mes más seco, con 353 mm de precipitaciones, mientras que marzo es el más lluvioso, con 708 mm. La humedad relativa más baja es 78.19% en agosto, y la más alta es 88.54% en diciembre. Febrero tiene la menor cantidad de días lluviosos, con 26.43 días, y enero tiene la mayor, con 29 días.

Finalmente, en el levantamiento realizado por los estudiantes de Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), se identificó que el 77.7% (14) de las familias cuentan con vivienda, pero el 22.3% carece de ella, y el 100% de las viviendas se encuentra en estado de deterioro con severos daños en sus envolventes. De este levantamiento se pudo identificar que existen dos sistemas constructivos. Por un lado, destaca las viviendas tradicionales construidas con paredes de adobe, piso de tierra, cubierta de paja; y, por otro lado, se evidencia un sistema constructivo híbrido donde las paredes son de bloque de hormigón o de adobe, el piso de tierra, y la cubierta de zinc.

En el esquema de la planta arquitectónica del conjunto de una vivienda, se aprecia 3 bloques, el primero que corresponde al dormitorio, el intermedio a la cocina y el tercero a la bodega; cabe mencionar que contiguo al dormitorio existe un espacio que es destinado a diferentes usos: cuyero, almacén de granos (figura 1).



Figura 1. Vista vivienda (fuente: Proyecto vinculación PUCE)

2.4 Problemática en las estrategias de diseño

Para comprender la realidad socioeconómica, espacial, ambiental y cultural de la comunidad Talatag, se enfocó en un proceso integral para el diagnóstico de la situación actual de la comunidad, se examinó y evaluó la información recopilada por los estudiantes de la carrera de arquitectura de la PUCE, sumada a la investigación en territorio realizada.

De este modo, con la utilización de la herramienta térmica se identificó la patología de humedad por capilaridad debido a la permeabilidad en pisos y paredes, causadas por filtración de agua en el techo, infiltración lateral, falta de iluminación y ventilación, y falta de estructura y recubrimiento en muros.

Del mismo modo, mediante simple observación, se evidenció la patología contaminación por Hollín en las paredes interiores, causada por la acumulación de humo al no existir un espacio específico para el área de cocina y el uso del fogón de leña para cocer los alimentos y generar calor al interior de la vivienda.

Se observó que, el nivel promedio de humedad en el interior de las viviendas es del 78,20%, la ventilación interna promedio es del 36%, la presencia de hongos y moho alcanza un promedio del 40,35%, se aprecia vegetación invasiva en un 3,44%, el hollín alcanza el 10,75% en promedio, existen también eflorescencias en un 37,75%.

Por otra parte, de las mediciones realizadas con los equipos utilizados in situ para la medición de las condiciones climáticas, se obtuvo la sensación térmica en el interior de las viviendas en lo referente a la temperatura y humedad relativa de 13,70°C - 16,46%, 11,45°C - 54,60%, y 8,10°C - 27,40% respectivamente.

Del diagnóstico se concluye que la problemática de las viviendas en la comunidad es producto de la introducción de materiales y sistemas constructivos denominados “modernos”, pero inadecuados para las condiciones específicas de regiones de páramo, caracterizadas por un clima frío, un alto nivel de humedad ambiental, y una alta cota freática.

2.5 Estrategias de diseño

Abordar las estrategias de sostenibilidad implica explorar enfoques, prácticas y acciones para preservar los recursos naturales, socioeconómicos y culturales a largo plazo.

Del análisis y comprensión de cómo se aplican en contextos similares enfocados en comunidades rurales similares a los del páramo Taltag, la implementación de las estrategias implicó la gestión eficiente de los recursos naturales y la energía, hasta el fenómeno de prácticas culturales respetuosas con el medio ambiente y la promoción de la equidad social y económica.

Considerando los resultados obtenidos del diagnóstico de la problemática de la situación actual de las viviendas de la comunidad, se pone de manifiesto las estrategias de sostenibilidad en los ámbitos social, ambiental, económico y cultural, las condiciones climáticas (humedad, temperatura, velocidad del viento), la materialidad utilizada, los aspectos funcionales, formales y técnicas constructivas, considerados como escenarios recurrentes para su aplicabilidad en un prototipo de vivienda en el contexto rural altoandino.

Se proponen estrategias pasivas o bioclimáticas durante la fase de diseño, las mismas que se integraran al prototipo de vivienda tales como:

- a) Orientación: se orienta la vivienda hacia el este considerando las características de los materiales a utilizar para aprovechar la radiación solar, optimizar la inercia térmica del adobe, y el incremento de la temperatura con la implementación del muro Trombe. Así mismo, la ubicación estratégica de las ventanas para evitar que el viento ingrese a la vivienda.
- b) Protección de la lluvia, en consideración a las mayores precipitaciones que se producen en la zona, se propone la utilización de la cubierta de paja, con una pendiente mayor al 40% que permitan la rápida evacuación de las aguas.
- c) Protección del viento: la forma, implantación y orientación de la vivienda se utilizan para impedir y controlar el ingreso del viento en los espacios habitables de la vivienda.
- d) Aislamiento térmico: para aislar la vivienda del frío extremo, se propone utilizar una malla como aislante del frío extremo.
- e) Inercia térmica: para lograr la inercia térmica se plantea la construcción de un muro Trombe, para almacenar la energía durante el día y ser restituida en la noche.
- f) Materiales autóctonos: esta estrategia, se consideró muy importante por cuanto abarca los ámbitos cultural, social, ambiental y económico, al utilizar materiales provenientes del entorno inmediato en donde se encuentra la vivienda.
- g) Forma adaptada al terreno: el objetivo de utilizar esta estrategia se logra la protección de las inclemencias del clima aislando de las fluctuaciones de temperatura; además aprovecha la inercia térmica que lo rodea. Se orienta según la topografía.

Dentro de las estrategias activas se incluyó la implementación de la denominada cocina mejorada con el propósito por una parte de mejorar el confort térmico dentro de la vivienda, y, por otro lado, conservar la tradición de cocinar con leña, una práctica ancestral para la preparación de los alimentos. La introducción de esta estrategia es mitigar las condiciones de salubridad reduciendo el humo y hollín en un 94.5%, generación de CO en un 94.3% y un 80.4% de CO₂ dentro de la vivienda con lo cual se logra reducir los problemas de salud de los habitantes debido a estos factores.

3 PROTOTIPO DE VIVIENDA

El prototipo de vivienda se concibió para mejorar la precaria situación de las viviendas actuales de la comunidad Talatag. Se incorporan elementos que rescatan la identidad cultural andina, recuperando principios filosóficos, conocimientos y simbolismo de la Cosmovisión Ancestral Andina. La intención es fortalecer a la comunidad y desarrollar una arquitectura propia con viviendas sustentables ubicadas con altitudes los 3500 y 4000 m. El prototipo permitió realizar las simulaciones de modo que se puedan ajustar a las necesidades de los usuarios.

Para desarrollar el prototipo de vivienda, se eligió un terreno plano, similar a las ubicaciones de las viviendas actuales. Una estrategia de sostenibilidad aplicada es la orientación y forma de la vivienda, ubicando los dormitorios hacia el este con un muro Trombe para captar la radiación solar y aumentar la temperatura interior. Esto mejora el confort térmico y reduce enfermedades respiratorias.

Así mismo, se implementó en el diseño la “cocina mejorada”, que consiste en una estructura de barro con una chimenea que conduce el humo al exterior de la vivienda, con una plancha de metal que ahorra leña, disminuyendo también el impacto negativo en la salud de los ocupantes, y por otra parte calienta el área de cocina comedor y área de estancia.

Como estrategia se utilizó el concepto de doble puerta de entrada, de modo que la vivienda mantiene el calor en su interior por más tiempo con temperatura cálida.

Para captar calor y como aislante térmico, se incorporó en el piso del prototipo tablas machihembradas, previo a la colocación de tierra y arena en el suelo, dejando una cámara de aire para ventilación.

Para conservar el calor generado por el muro Trombe, se insertó como estrategia la utilización de cielo falso, utilizando malla tejida impermeabilizada para evitar la fuga de calor (figura 2). Además, se contempló la utilización de materiales de la zona en sus envolventes como estrategia de sostenibilidad, así, en las paredes se mantiene el uso del adobe de 40 cm de espesor, material con suficiente inercia térmica. En la cubierta se plantea el uso de estructura de madera y paja de la zona, materiales que poseen también buena inercia térmica.

Se planteó el uso de doble ventana, la exterior de vidrio de baja emisividad con marcos de madera, una ventana interna de madera, lo cual contribuye a mantener el calor en el interior de la vivienda, y permite iluminación natural durante el día. Las puertas son de madera sólida, las ventanas internas son de madera, las externas con marco de madera y vidrio (figura 3). Los pisos son de duela machihembrada sobre una estructura de madera para crear una cámara de aire.



Figura 2. Detalle muro trombe



Figura 3. Detalle ventana

Para el diseño arquitectónico del prototipo de vivienda, se definieron espacios que se determinaron de acuerdo con las preferencias resultantes de la investigación, para lo cual se consideró un área de 103 m², la misma que dispone de área familiar destinada a actividades de cocina, comedor y estudio o área de trabajo, un área de descanso con dos dormitorios, un área de aseo con un baño, corredor frontal cubierto, y un área para cuyero y/o bodega anexa a la vivienda (figura 4).

En cuanto a los materiales, estos fueron definidos por la preferencia de los usuarios resultantes del diagnóstico realizado por la PUCE en 2022, como una estrategia sostenible desde el ámbito cultural, económico y ambiental, por cuanto predominan los materiales locales como el adobe en muros, la paja en cubierta y la madera, se insertan materiales como la piedra en la cimentación, malla para el cielo raso, y el policarbonato para el muro Trombe (figura 5).

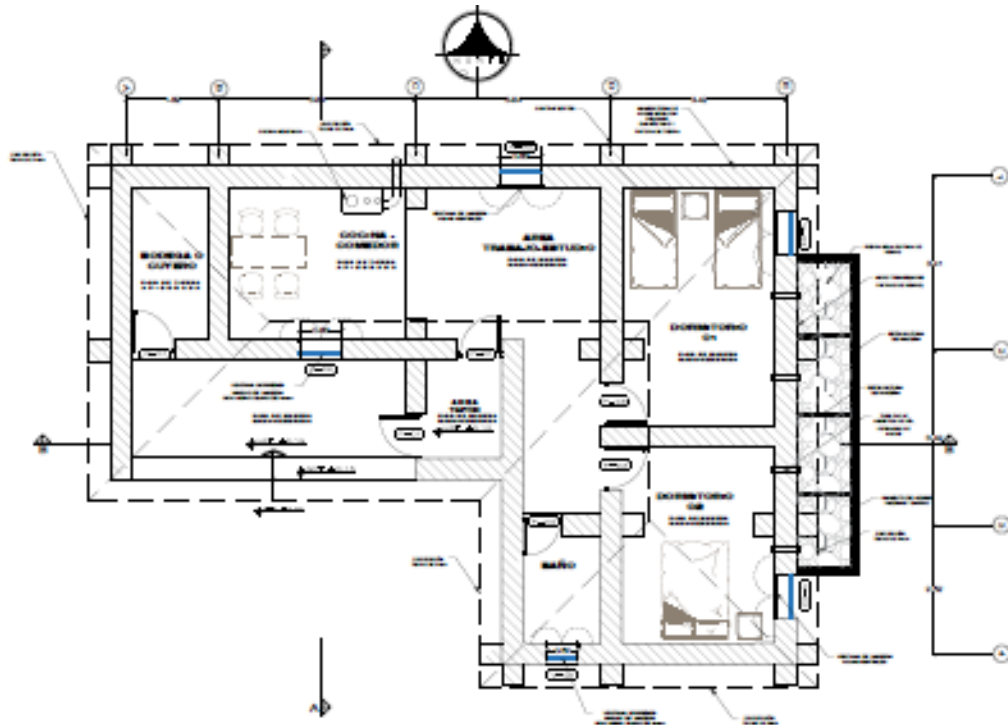


Figura 4. Planta arquitectónica prototipo vivienda

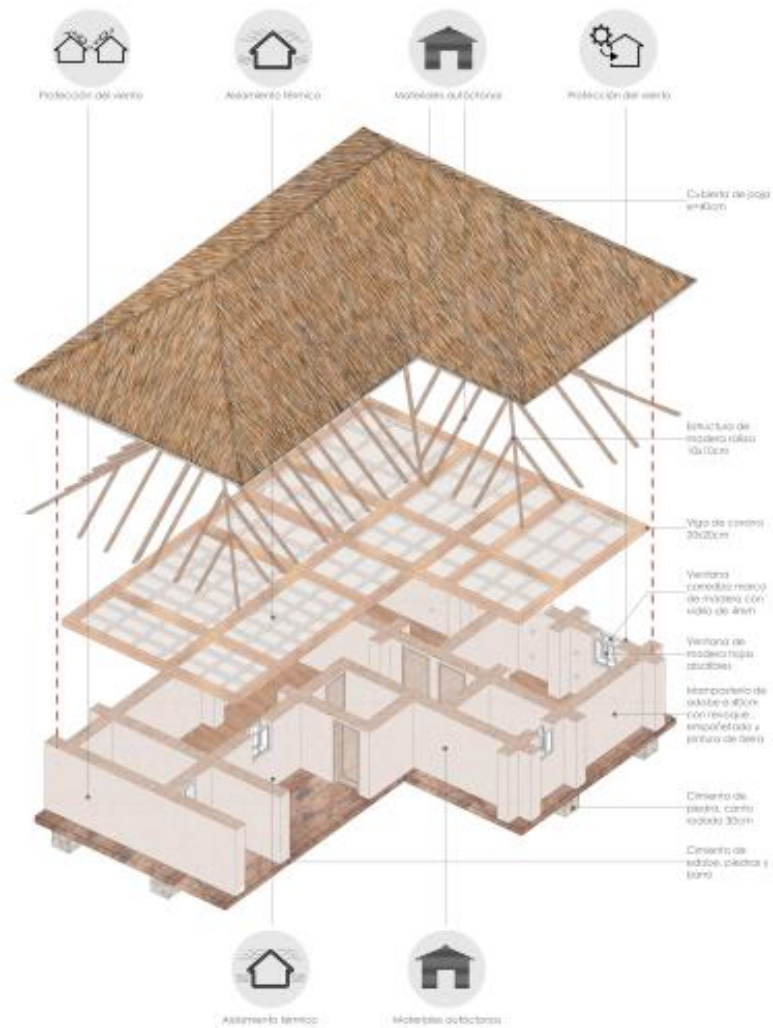


Figura 5. Axonometría prototipo vivienda

4 SIMULACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL

Al analizar el prototipo de vivienda, se establecen tres escenarios basados en el tipo y forma de implantación observados en el diagnóstico: el primero incluye un patio para el secado de granos, el segundo aprovecha el desnivel del terreno para proteger la casa del viento y usa una cuneta para evitar la filtración de agua en época de lluvias, detrás de un pequeño talud, y el tercero utiliza un muro de piedra y vegetación como barrera contra el viento.

La evaluación de la propuesta de estrategias de sostenibilidad aplicadas en el prototipo de vivienda rural, se la realizó con el Software Desing Buliding versión 5 especializado en simulación energética y medioambiental. Que permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, consumo de energía y emisiones de carbono.

Para obtener la información meteorológica, basadas en las mediciones realizadas en las viviendas de la comunidad, se buscó la antena más cercana para obtener la hoja climática en formato EPW, que en este caso fue la ubicada en la ciudad de Cañar, la misma que se encuentra a 3080 msnm., ubicada en la zona ecuatorial y en la misma zona climática 5 Ecuador, 5C zona climática ASHRAE 90.1 fría, criterio térmico CDD10°C 2500 y HDD18°C 300, 3000 m, altura (m) 5000 m, conforme lo indica la tabla de referencia para la zonificación climática, y la tabla de zonificación climática por región inserto en NEC (2011).

Adicionalmente, se consideró la ocupación de dos personas en las áreas comunes y dos personas por cada habitación, la actividad metabólica de 120W/persona; el grado de arropamiento ingresado fue de 1.14 clo invierno: pantalones, camisa de manga larga más chaqueta de traje, chaleco, camiseta. 0,57 clo verano: pantalones, camisa de manga corta. La temperatura de diseño dentro del rango de confort 18°C a 26°C, utilización de ventilación natural con una apertura efectiva de ventanas del 50%

Así mismo, se ingresaron los materiales propuestos: paredes - adobe, cubiertas -paja, piso-tierra madera piedra, ventanas vidrio 3mm- madera sólida, elementos translucidos vidrio 3mm, etc., con sus respectivas propiedades térmicas según la NEC, en lo referente a conductividad térmica (k), calor específico (Cp) y densidad (d):

Adobe: 0,95k, 920Cp, d 1600 kg/m³.

Madera: 0,13k, 1381Cp, d 840 kg/m³

Piedra: 1,83k, 712Cp, d 2200 kg/m³

Madera sólida: k= 0,13 W/m K; Cp= 1381 J/kg K; d= 840 kg/m³

Vidrio simple: k= 0,03 W/m K; Cp= 0.9J/kg K

Con la información ingresada en el software, se generaron las tablas gráficas de radiación solar, obteniendo la incidencia solar en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, en horarios de 9h, 12h y 15h. Este software permite analizar los factores ambientales mencionados desde la incidencia solar, y desempeño ambiental.

Del análisis del recorrido solar (incidencia solar), en los meses de diciembre, septiembre junio y marzo, en los horarios de 9h, 12h y 15h, se determina que la orientación del prototipo es óptima y se consigue la ganancia solar requerida para obtener un incremento de temperatura al interior de la vivienda durante todo el año, captando la energía solar en la mañana con la implementación del muro Trombe, la ubicación estratégica de ventanas en espacios que requieren recibir la radiación solar durante la mañana y la tarde. a las 12h, cae perpendicularmente en los meses de marzo y septiembre, y con una ligera inclinación hacia sureste en diciembre y al oeste en junio. Adicionalmente, se evidencia el ingreso de luz natural durante todo el día recibida tanto en la mañana como en la tarde.

De la simulación realizada para determinar la incidencia solar, el mejor escenario resulta de la ubicación de la vivienda con el talud natural, el mismo que protege a la vivienda del viento sobre todo en los meses de julio y agosto que son los meses más fríos con temperaturas entre

6°C y 7°C en el exterior y conforme las mediciones en estos meses la temperatura oscila entre los 8.1°C y los 13,70°C en el interior de las viviendas , lo cual permite alcanzar confort térmico dentro de la vivienda, evidenciando que, con las estrategias implementadas en el prototipo se consigue incrementar la temperatura promedio de hasta 11°C, considerando que la temperatura de diseño está en el rango de 18°C a 26°C.

En cuanto al desempeño ambiental las simulaciones realizadas en el prototipo de vivienda permitieron obtener los efectos de las estrategias de sostenibilidad. La simulación se realizó en los tres escenarios, en dos meses del año, el más frío (julio) y el más cálido (abril) orientados a determinar el comportamiento térmico en el interior del prototipo Los datos obtenidos corresponden a confort térmico, temperatura del aire, humedad relativa, temperatura radiante, temperatura operativa, de este modo se realizó un análisis a partir de datos comparativos con la temperatura externa de bulbo seco (figura 6).

	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	0:00
1-jul	13,3	13,1	18,3	18,8	18,6	18,5	18,4	21,5	22,2	22,8	22,9	23,1	22,9	23	23,2	23,2	23,3	22,9	22,6	21,1	19,6	19,3	19,1	1	
2-jul	18,8	18,7	18,6	18,5	18,4	18,3	18,3	18,7	18,7	18,8	19,1	19,1	19	18,9	18,9	18,8	18,8	18,7	18,5	18,4	18,3	18,3	18,2	18	
3-jul	18	18	17,9	17,8	17,7	17,6	17,6	18,3	18,3	19,2	19,2	19	18,9	18,8	18,7	18,7	18,6	18,6	18,4	18,3	18,3	18,3	18,3	18	
4-jul	18,2	18,1	18,1	18	17,9	17,9	17,9	20,9	21,9	22,7	22,9	23,1	23	23	23,2	23,3	23,3	22,9	22,7	21,3	19,8	19,6	19,4	19	
5-jul	19,2	19,1	19	19	18,9	18,8	18,7	21,4	21,9	22,6	22,9	23,1	23	23,1	23,3	23,4	23,4	23	22,7	21,3	19,6	19,3	19,1	18	
6-jul	18,7	18,6	18,4	18,3	18,1	18	18	21,2	22,2	22,9	23	23,1	22,9	22,9	23,1	23,2	23,3	22,9	22,6	21,1	19,4	19,1	18,9	18	
7-jul	18,5	18,4	18,2	18,1	17,9	17,8	17,8	21	22,1	22,8	23	23	22,9	22,9	23,1	23,2	23,3	23	22,7	21,3	19,8	19,5	19,4	19	
8-jul	19,3	19,2	19,1	19,1	19	18,9	19,1	22,3	23,2	23,7	23,8	23,8	23,7	23,7	24	24	24,1	23,9	23,5	22,1	20,6	20,3	20,1	19	
9-jul	19,8	19,7	19,6	19,5	19,4	19,3	19,3	19,6	20	20,2	20,1	20,1	20	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,6	19,5	19,4	19,3	19,3	19	
10-jul	19,1	19	18,9	18,7	18,6	18,5	18,5	19,1	19,7	19,9	19,9	19,9	19,8	19,6	19,6	19,6	19,7	19,6	19,4	19,3	19,2	19,2	19,1	19	
11-jul	19	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,5	21,7	22,8	23,5	23,7	23,8	23,7	23,7	23,9	24	24,1	23,8	23,5	22,1	20,7	20,4	20,3	20	
12-jul	20,1	20	20	19,9	19,8	19,7	19,8	22,9	23,3	23,8	23,8	23,8	23,9	24	24,3	24,5	24,6	24,3	23,9	22,5	21	20,8	20,6	20	
13-jul	20,4	20,3	20,2	20,1	20	19,9	19,9	23	23,7	24,1	24,2	24,3	24,3	24,3	24,6	24,6	24,6	24,2	24	22,5	21	20,7	20,5	20	
14-jul	20,3	20,1	20	19,9	19,8	19,6	19,5	22,1	22,6	23,2	23,5	23,6	23,6	23,7	24	24,1	24,1	23,8	23,5	22	20,4	20,1	20	19	
15-jul	19,7	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,2	22,1	22,7	23,3	23,6	23,8	23,8	23,9	24,1	24,1	24,1	23,8	23,5	22,1	20,5	20,2	20	19	
16-jul	19,7	19,6	19,4	19,3	19,2	19	19	19,6	20,2	20,3	20,3	20,3	20,2	20,1	20,1	20,1	20,1	20	19,7	19,6	19,5	19,5	19,4	19	
17-jul	19,3	19,3	19,2	19,1	19,1	19	19	19,5	20	20,1	20,2	20,2	20,1	20	20	20	20	19,9	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19	
18-jul	19,7	19,6	19,6	19,6	19,5	19,5	19,4	22,1	22,6	23,2	23,5	23,7	23,6	23,7	23,9	24	24	23,6	23,4	22	20,4	20,1	19,9	19	
19-jul	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,1	19	21,7	22,3	22,9	23,1	23,3	23,3	23,4	23,6	23,6	23,6	23,7	23,3	21,7	20	19,7	19,5	19	
20-jul	19,3	19,1	19	18,9	18,8	18,7	18,6	21,3	21,8	22,4	22,6	22,8	22,8	23	23,2	23,3	23,3	23,1	22,7	21,3	19,7	19,4	19,2	19	
21-jul	19	18,9	18,8	18,7	18,6	18,6	18,6	21,9	22,8	23,5	23,8	23,9	23,8	23,8	24	24,1	24,2	24	23,8	22,4	20,9	20,6	20,5	20	
22-jul	20,3	20,2	20,1	20	19,9	19,8	19,8	23	24	24,6	24,8	24,9	24,8	24,8	25	25	25,1	24,8	24,5	23,1	21,6	21,4	21,1	20	
23-jul	20,9	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	19,9	19,8	19,6	19,5	19,5	19,4	19,3	19
24-jul	19,2	19,1	19,1	19	18,9	18,8	18,8	18,8	18,8	18,9	19	19	19,1	19,1	19	19	18,9	18,8	18,7	18,6	18,6	18,5	18,4	18	
25-jul	18,2	18	17,9	17,8	17,7	17,6	17,6	20,9	21,8	22,5	22,7	22,8	22,7	22,7	22,9	23	23,1	22,8	22,5	21,1	19,4	19,1	18,9	18	
26-jul	18,7	18,6	18,5	18,4	18,3	18,2	18,2	21,5	22,6	23,3	23,5	23,6	23,5	23,5	23,7	23,7	23,8	23,5	23,2	21,8	20,3	20	19,9	19	
27-jul	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,1	19,1	22,2	23	23,7	23,9	24	23,9	23,9	24,1	24,1	24,2	23,9	23,6	22,2	20,5	20,2	20	19	
28-jul	19,7	19,5	19,4	19,3	19,1	19	19	22,2	23,2	24	24,2	24,3	24,2	24,2	24,4	24,4	24,5	24,2	24	22,6	21,1	20,8	20,7	20	
29-jul	20,5	20,4	20,3	20,2	20,2	20,1	20,1	23,3	24,3	25,1	25,3	25,4	25,3	25,2	25,4	25,4	25,6	25,4	25,2	23,9	22,5	22,2	22,1	21	
30-jul	21,8	21,6	21,4	21,3	21,1	21	21	21,5	22	22,2	22,1	22,1	21,9	21,8	21,7	21,7	21,6	21,5	21,3	21,2	21,1	21	20,9	20	
31-jul	20,8	20,7	20,6	20,6	20,5	20,4	20,4	20,3	20,5	20,6	20,7	20,8	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,1	20	20	19,9	19	

Figura 6. Tabla de calor mes de julio

De la simulación realizada se desprende que el mejor escenario resulta de la ubicación de la vivienda con respecto al talud natural, el mismo que protege a la vivienda del viento que corre en todo momento, lo cual ayuda a conseguir confort térmico dentro de la vivienda, de modo que con las estrategias implementadas en el prototipo se consigue mantener una temperatura interior con un incremento promedio en este caso de hasta 11°C, con lo cual se alcanza el confort térmico en el interior de la vivienda dentro del rango de 18°C a 26°C, tanto en el mes de julio que es el más frío, como en el mes de abril que es el más cálido respectivamente.

5 CONCLUSIONES

Luego de aplicar diversas estrategias de sostenibilidad y validarlas mediante la simulación con el software especializado Design Builder versión 5, se ha obtenido conclusiones valiosas y alentadoras respecto a la eficacia de estas prácticas en el diseño y desarrollo del prototipo de vivienda rural para la comunidad Talatag. Los resultados que revelan la integración de las estrategias bioclimáticas arrojan beneficios significativos en términos de reducción de impacto ambiental y confort térmico. Estos resultados resaltan la importancia de integrar conocimientos y prácticas tradicionales con soluciones modernas en la búsqueda de la sostenibilidad en las comunidades de paramo. El enfoque holístico que abarca los aspectos culturales, ambientales y de bienestar ha demostrado ser fundamental para alcanzar el equilibrio en este entorno.

Este trabajo ha logrado un avance significativo al combinar el respeto por la herencia cultural con la implementación de estrategias sostenibles, los beneficios tangibles, como el aumento

de la temperatura interior, subrayan la viabilidad y la importancia de estas prácticas en viviendas ubicadas entre los 3500 y 4000 msnm con condiciones similares y que contemplen los ejes social, cultural, ambiental y económico.

Cabe anotar, que esta propuesta se enfocó principalmente en los aspectos físico – ambientales, y culturales de la comunidad, de modo que las respuestas se adaptan a su cultura, que se enmarca en un sistema complejo que dista de la vivienda urbana, ya que abarca el aspecto agroecológico, paisaje natural y cultura, sumado a sus saberes ancestrales. Por lo tanto, se evidencia que muy poco se habla de la ruralidad en el entorno de nuestras culturas indígenas, usualmente se afirma que la vivienda rural es precaria y con problemas de salud. Esta falta de interés por la ruralidad en nuestro país, y en América latina en general, se evidenció al momento de realizar la revisión bibliográfica, muy pocos autores abordan el tema, algunos de ellos lo trataron hace treinta o más años atrás.

Finalmente, se recomienda la elaboración de un manual de construcción de este prototipo de vivienda, en virtud de que el alcance del presente trabajo no contempló la elaboración de este documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calderón, J. C. (2021). La tierra un material compuesto. *Daya*, 167-179. doi:dorcid.org/0000-0002-1475-4239

Kim, J.; Rigdon, B. (1998). *Introduction to sustainable design*. Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education.

Naciones Unidas (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas. Jakarta: Naciones Unidas. Obtido de https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

NEC (2011). Norma ecuatoriana de la construcción. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Sánchez Quintanar, C.; Jiménez Rosas, E. O. (2010). La vivienda rural. Su complejidad y estudio desde diversas disciplinas.. *Revista Luna Azul*, (30), 174-196.

Vargas, C. G. (2020). Vivienda vernácula de las provincias de Cusco. *La Vida & La Historia*, 7(2), 16-33. doi:<https://doi.org/10.33326/26176041.2020.2.980>

Yamaguchi Saito, E. (2021). La arquitectura vernácula andina y su valor como expresión de identidad cultural en el Valle del Sondondo. [Trabajo de Investigación para optar el grado académico de Magíster en Arquitectura, Urbanismo y Desarrollo Territorial Sostenible], Lima. Obtido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20286>

AUTORA

Diana Lucia Arias Maldonado, arquitecto, especialista en diseño urbano y magister en arquitectura con mención en arquitectura sostenible, profesional Independiente.