

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA**



**“ECO-PANEL EN BASE A LANA DE OVEJA COMO AISLANTE TÉRMICO
PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT DE LA VIVIENDA EN EL
ALTIPLANO BOLIVIANO. Caso de estudio: Ciudad de El Alto”**

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución HCC N° 161/2021

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

PhD. Arq. Javier Gerónimo Guarachi Flores
Univ. Reynaldo Arias Mamani
Univ. Joan Carlos Poma Siñani

EL ALTO – BOLIVIA
2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico

RECTOR

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph.D.

VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph.D.

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Arq. Fabio Apaza López

DIRECTOR DE CARRERA DE ARQUITECTURA

MSc. Lic. Rolando Aruquipa Quinteros

COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – MUNICIPIO DE EL ALTO

REGISTRO SENAPI: Resolución Administrativa Nro. 1-3468/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre 2021

El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

Los Institutos de Investigación de la Universidad Pública de El Alto se constituyen, en centros del más alto nivel científico de promoción y realización de la ciencia y tecnología. En ese sentido, el Instituto de Investigación de la carrera de Arquitectura, IICA, da a conocer la presente investigación denominada: ECO-PANEL EN BASE A LANA DE OVEJA COMO AISLANTE TÉRMICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT DE LA VIVIENDA EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO. Caso de estudio: Ciudad de El Alto. Dirigida por el Dr. Arq. Javier Gerónimo Guarachi Flores y coadyuvada por los auxiliares de investigación: Aux. Reynaldo Arias Mamani y Aux. Joan Carlos Poma Siñani en el marco de las líneas de investigación que posee la carrera de Arquitectura.

Me es grato hacer la entrega de este producto académico en sus manos, producto del esfuerzo, constancia y rigor científico de los docentes investigadores y auxiliares de investigación e invito al mismo tiempo a participar de la lectura de dicho documento para construir juntos un conocimiento científico en el campo de la Arquitectura.

M.Sc. Lic. Rolando Aruquipa Quinteros

**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA**

UPEA

AGRADECIMIENTOS INSITUCIONALES

Agradecer a la Universidad Pública de El Alto – UPEA, Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología DICyT, Área de Ciencias y Artes del Habitar, y al Instituto de Investigación de la Carrera de Arquitectura bajo la coordinación del M.Sc. Lic. Rolando Aruquipa Quinteros por haber sido partícipes de la investigación titulada: “ECO-PANEL EN BASE A LANA DE OVEJA COMO AISLANTE TÉRMICO PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT DE LA VIVIENDA EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO. Caso de estudio: Ciudad de El Alto”. Finalmente, también agradecer a los universitarios Reynaldo Arias Mamani y Joan Carlos Poma Siñani por la colaboración realizada como auxiliares de investigación y sus aportes importantes para el logro del objetivo planteado en la investigación.

Ph.D. Arq. Javier Gerónimo Guarachi Flores

INVESTIGADOR PRINCIPAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1. EL PROBLEMA.....	2
2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA.....	4
2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES.....	6
3. CORRIENTE O ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
4. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES.....	9
5. LANA DE OVEJA.....	10
6. CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA.....	11
7. LA VIVIENDA.....	12
a) El rol de la Vivienda Colectiva en Latinoamérica.....	16
b) La piel de la Arquitectura - Vivienda colectiva y la sostenibilidad.....	17
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	19
1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	19
4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	20
5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	25
1. DISEÑO DE PANELES – ETAPA PRELIMINAR.....	25
2. ESTRUCTURA DEL ECO-PANEL.....	28
3. ECO-PANEL TÉRMICO EN BASE A LANA DE OVEJA.....	30
4. CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA – CASO DE ESTUDIO.....	36
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	41
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	45
WEBGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración del eco-panel en un muro. Fuente: Elaboración propia.....	26
Figura 2. Eco.paneles con estructura de madera. Fuente: elaboración propia.	26
Figura 3. Eco-paneles en forma hexagonal. Fuente: elaboración propia	27
Figura 4. Eco-panel con la incorporación de figuras circulares. Fuente: elaboración propia.	27
Figura 5. Estructura de madera del eco-panel de 0.50 x 0.50m. Fuente: elaboración propia	28
Figura 6. Estructura de eco-panel y conjunto que forman en un muro. Fuente: elaboración propia	29
Figura 7. Dos tipos de módulo propuestos para que se puedan unir entre ellos. Fuente: elaboración propia	29
Figura 8. Módulos 1 y 2 y una imagen de sus uniones. Fuente: elaboración propia.....	30
Figura 9. Alternativas de unión entre eco-paneles. Fuente: elaboración propia.....	31
Figura 10. Alternativas de uniones en esquina de los eco-paneles. Fuente: elaboración propia.	31
Figura 11. Otra alternativa de Uniones entre eco-paneles. Fuente: elaboración propia	32
Figura 12. Eco-panel con cerchas metálicas en cada esquina. Fuente: elaboración propia	32
Figura 13. Módulo 1 x 1m que muestra medidas de los elementos. Fuente: elaboración propia.	33
Figura 14. Relleno de la lana en los eco-paneles. Fuente: elaboración propia	33
Figura 15. Alternativas con el uso de la totora como material sostenible. Fuente: elaboración propia.	34
Figura 16. Cubo de totora. Fuente: https://arquitecturayempresa.es/noticia/el-cubo-de-totora-tecnicas-y-materiales-ancestrales-para-la-arquitectura-actual	34
Figura 17. Imagen de implementación del eco-panel en muros y techo. Fuente: elaboración propia	35
Figura 18. Sistema constructivo en base a ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia	36
Figura 19. Ficha de caracterización de la tipología de vivienda unifamiliar de ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia	37
Figura 20. Materiales del sistema constructivo en base a ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia.	38

RESUMEN

La vivienda se ha convertido en el espacio donde el ser humano reside la mayor parte del tiempo en su desarrollo, misma que debe tener condiciones de habitabilidad aceptables y apropiadas, sin embargo, se puede apreciar en nuestra realidad un déficit habitacional cualitativo que tiene relación con un nivel de confort térmico insuficiente para generar un bienestar a los usuarios en la vivienda de la ciudad de El Alto, situación que genera problemas de salud a sus habitantes, y se han convertido en espacios que no tienen las condiciones de habitabilidad mínimas para que la población se pueda desarrollar; sobre el tema del confort térmico, se ha podido apreciar que se debe a un sistema constructivo precario que se suma a las bajas temperaturas en la estación de invierno que se tienen en el Altiplano boliviano.

En ese contexto, la presente investigación plantea la creación de un Eco-Panel novedoso en base a lana de oveja, insumo abundante en la región del Altiplano, asimismo, el producto generado tiene como materiales básicos que son sostenibles, renovables y reciclados. Es así que se tiene como objetivo *“crear un Eco-Panel como aislamiento térmico en base a lana de oveja con bases teóricas y técnicas para mejorar el confort térmico de las viviendas unifamiliares de la población vulnerable de la ciudad de El Alto, desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico”*. En consecuencia, mejorar la calidad de vida de la población.

En primera instancia, se ha establecido y caracterizado la tipología de vivienda unifamiliar en la ciudad de El Alto como caso de estudio, luego, se ha revisado y analizado sistemas de aislamiento térmico en base a lana de oveja, y finalmente se ha diseñado el prototipo virtual del Eco-Panel desde un enfoque constructivo, arquitectónico y tecnológico. A la fecha se está realizando el prototipo real a escala 1:1 de acuerdo a los materiales establecidos en la investigación, también, se están desarrollando los resultados finales en relación a la transmitancia térmica (valor U) con la incorporación del Eco-Panel en los muros de ladrillo de 6 huecos y adobe que son los sistemas constructivos de los casos de estudio con los cuales se ha trabajado.

ABSTRACT

The house has become the space where the human being resides most of the time in its development, which must have acceptable and occupational habitability conditions, however, we can see in our reality a qualitative housing deficit that is related to an insufficient level of thermal comfort to generate well-being for users in the housing of the city of El Alto, a situation that generates health problems for its inhabitants, and they have become spaces that do not have the minimum habitability conditions for the population can develop; On the subject of thermal comfort, it has been seen that it is due to a precarious construction system that is added to the low temperatures in the winter season that they have in the Bolivian Altiplano.

In this context, this research proposes the creation of a novel Eco-Panel based on sheep's wool, an abundant input in the Altiplano region, likewise, the generated product has as basic materials that are sustainable, renewable and recycled. Thus, the objective is to “create an Eco-Panel as thermal insulation based on sheep's wool with theoretical and technical bases to improve the thermal comfort of the single-family homes of the vulnerable population of the city of El Alto, from an approach integral between the construction, architectural and technological system”. Consequently, it will improve the quality of life of the population.

In the first instance, the typology of single-family housing in the city of El Alto has been established and characterized as a case study, then, thermal insulation systems based on sheep's wool have been reviewed and analyzed, and finally the prototype has been designed Virtual Eco-Panel from a constructive, architectural and technological approach. To date, the real prototype is being made at 1: 1 scale according to the materials established in the research, also, the final results are being developed in relation to thermal transmittance (U value) with the incorporation of the Eco-Panel in the 6-hole brick and adobe walls that are the construction systems of the case studies with which we have worked.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La vivienda en términos generales, se ha convertido en el espacio donde se desarrolla parte importante de las actividades básicas de quehacer cotidiano del ser humano y tiene la función social de mejorar el hábitat de la población (Morales et al., 2012).

Si bien la Constitución Política del Estado (CPE) en el Artículo 19 párrafo I señala: “Toda persona tiene derecho a un hábitat y vivienda adecuada, que dignifique la vida familiar y comunitaria” (CPE, 2009). Esta situación no se cumple en la realidad referencia a la calidad de la vivienda, así como lo demuestra la encuesta de Hogares 2016-2018 realizada por el Instituto Nacional de Estadística del Estado Plurinacional de Bolivia, en la cual indica que en Bolivia se ha realizado avances en cuanto al tema cuantitativo de la vivienda, sin embargo se tiene pendiente el tema cualitativo que tiene relación con la inadecuada “calidad” de las viviendas que se manifiestan en la calidad de los materiales, el hacinamiento y la baja cobertura a los servicios básicos (INE, 2019).

Por otra parte, en la actualidad, hoy el mundo enfrenta una crisis global por el deterioro del medio ambiente, debido al efecto invernadero generado por las emisiones de CO₂, las que se asocian directamente con el sector de la energía, pues se producen por la combustión de energías fósiles, tales como el carbón, gas, petróleo y quema de leña (Bustamante, 2009).

Esta energía se genera normalmente en sistemas complejos, costosos y contaminantes (C. D. Serrano, 2012), dentro de este contexto, los edificios utilizan el 50% de toda la energía producida en el planeta para calefacción, refrigeración, iluminación y en las industrias referidas a la construcción, por lo tanto, la mayor parte de este consumo está directamente relacionada con los aspectos arquitectónicos y el uso del espacio (Maciel et al., 2007). Se puede apreciar la importancia de la energía para calefacción en los espacios en una vivienda que

proporcionen confort térmico a sus habitantes, problema que se puede apreciar en la calidad habitacional de la vivienda en Bolivia (INE, 2019)

1. EL PROBLEMA

El problema-oportunidad nace, precisamente, del déficit habitacional cualitativo que tiene que ver con las condiciones de los espacios en la vivienda unifamiliar de la ciudad de El Alto que provoca diversas enfermedades a sus ocupantes y un gasto significativo para el Estado para la atención médica, producto de un sistema constructivo precario y que no considera un aislamiento térmico dada las condiciones climáticas del lugar que permita llegar al confort en la vivienda. Este problema afecta la calidad habitacional y desempeño de las viviendas, y además conlleva problemas sociales y económicos.

En ese sentido, la investigación tiene el objetivo de crear un Eco-Panel como aislamiento térmico en base a lana de oveja con bases teóricas y técnicas para mejorar el confort térmico de las viviendas unifamiliares de la población vulnerable de la ciudad de El Alto, desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico

2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Crear un Eco-Panel como aislamiento térmico en base a lana de oveja con bases teóricas y técnicas para mejorar el confort térmico de las viviendas en la ciudad de El Alto, desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Establecer y caracterizar la tipología de Vivienda unifamiliar de la población vulnerable de la ciudad de El Alto y definir herramientas de recolección de datos para analizar y estudiar una muestra representativa.
- b) Analizar y evaluar los sistemas de aislamiento térmico utilizados en la edificación residencial.
- c) Diseñar el prototipo de Eco-Panel en base a lana de oveja desde un enfoque constructivo, arquitectónico y tecnológico.
- d) Validar el prototipo de Eco-Panel para mejorar el confort térmico de viviendas unifamiliares y definir su comportamiento medio-ambiental

4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El Eco-Panel en base a lana de oveja como aislamiento térmico, implementado en la envolvente de la vivienda unifamiliar de la población vulnerable de la ciudad de El Alto mejora la calidad de vida de sus habitantes en relación al rango de confort térmico de los espacios interiores de la vivienda según la situación climática del lugar.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

Un trabajo final de Máster de Rosas Ángel de 2016 de la Universidad Politécnica de Catalunya, “La lana de Ovino como material aislante: Natural, renovable y sostenible, dónde se analiza el aislamiento térmico en base a la lana de oveja como una alternativa en la construcción de una obra nueva y de rehabilitación (Rosas, 2016).

El estudio se desarrolla en el Perú, en la región de Puno, se indica la bajas temperaturas que existen en el lugar como problema a solucionar y el aprovechamiento del recurso de la lana para el aislamiento de las viviendas, sin embargo, se puede apreciar que el punto de vista de la investigación se enmarca en el tema ambiental y comenta temas de sostenibilidad desde una perspectiva no integral, es decir, tomando los tres pilares fundamentales de la Sostenibilidad o Desarrollo Sostenible que son el Social, económico y medio ambiental.

La investigación coloca énfasis en el aprovechamiento de la lana de oveja como material abundante en la región de Puno, y como material que sustituya a otros como la lana mineral y la espuma sintética en el campo de la edificación.

En conclusiones señala que se debe comprender la preocupación por el consumo de energía, la emisión de diferentes gases que contaminan nuestro medio ambiente y la reflexión que debe existir al momento de decidir por un material que sea amigable con nuestro entorno. Asimismo, en relación a la comparación de la lana de oveja como aislante térmico concluye que se demuestra que éste es una material sostenible y competitivo con otros como la lana mineral y espuma sintética.

Asimismo, se tiene el trabajo sobre Utilización de la lana de oveja de bajo valor como aislante térmico en la Patagonia, Argentina; con el objetivo de analizar

alternativas para la obtención de aislantes térmicos para las viviendas de la región sur de Río Negro. Se señala que utilizaron diferentes técnicas de elaboración de paños y un análisis comparativo de las mismas (Zanovello & Cardose, 2019).

Los autores informan que se analizó el comportamiento térmico de los paños como producto final mediante la medición de la transmisión de calor en diferentes estaciones del año con un equipamiento de autoconstrucción. Para el tema de conductividad térmica señalan que se ha trabajado bajo la norma ISO 8301:2010 y los resultados obtenidos se acercan a $0.038 \text{ W/m}^2\text{K}^0$ de valor U que demuestran su eficiencia en la rehabilitación higrotérmica de las viviendas rurales de la región Patagonia.

En el mismo sentido, se tiene el trabajo de titulación 2020 sobre el “Estudio Técnico para la Implementación de la Lana de Oveja como aislante en Chile” de Alan Pizarro de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar. La investigación indica que se puede evitar la pérdida de un 30% de energía térmica de la vivienda si se utiliza aislantes en la envolvente de las mismas (Pizarro, 2020). Es importante resaltar que en el contexto chileno se tiene una normativa térmica en cada región de ese país que de alguna manera tratan de mitigar los problemas ambientales que genera la utilización de materiales constructivos que son altamente contaminantes y que no provienen de fuentes renovables, y que van asociados a la huella de carbono que se genera, que finalmente deteriora nuestro medio ambiente y se encuentra relacionado con el cambio climático que está sufriendo nuestro planeta.

También señala que la lana de oveja como material se puede reciclar al finalizar su ciclo de vida. Asimismo, indica que éste material tiene un rango de conductividad térmica de 0.035 W/mK y 0.060 W/mK con enormes beneficios en el rubro de la edificación. El objetivo de la investigación ha sido compilar información científica sobre las características de la lana de oveja como material aislante para que puedan

ser aplicadas en el sector de la construcción y como una solución energética en Chile. Finalmente, concluye que la lana de oveja proporciona características de aislamiento térmico muy competitivo si se lo compara con materiales convencionales y que va en la línea de la sostenibilidad al ser un material natural.

Asimismo, el artículo científico sobre la “Utilización de Lana de oveja como material de construcción ha evaluado éste material como aislamiento térmico, refuerzo y precursor de fibra de carbono. El trabajo ha consistido en una comparación de éste material sostenible con el poliestireno, polipropileno y poliacrilonitrilo (polímeros) (Fundacion-Metrópolis, 2015) (Dénes et al., 2019). Como se puede apreciar ésta investigación no solo coloca a la lana de oveja como material aislante sino realiza un comparativo con otras formas de uso en el ámbito de la construcción. Entre sus conclusiones más relevantes se encuentra que éste material es versátil y eficaz; y en comparación con el poliestireno tiene similitud en los resultados obtenidos en relación a la conductividad térmica del material.

2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

La fibra de lana de oveja se ha convertido en una fuente potencial para aplicaciones tanto térmicas como acústicas tomando en cuenta sus propiedades naturales y la conductividad térmica de éste material se encuentra en un rango de 0.045 – 0.055 W/mK (Mohammadi et al., 2021).

La importancia radica en utilizar materiales de construcción ecológicos para que los edificios sean sostenibles, de tal forma que se puedan explorar materiales naturales y renovables; y que tengan una eficiencia energética para la satisfacción de los usuarios (Tiza et al., 2021).

El uso de la lana como material térmico también se puede complementar con otros materiales naturales, como se puede apreciar en la investigación sobre Plafones de yeso reforzado con lana de oveja y fibra de coco con mayor estabilidad y resistencia

acústica y térmica, trabajo realizado por Vijaykumar Guna et al (2021), donde se informa que las fibras de lana han proporcionado sustancialmente más resistencia a la humedad y mejora las propiedades térmicas. La investigación demostró que el uso de éstos materiales naturales que se llegan a complementar disminuirían la carga ambiental y ayudan a promover iniciativas en la construcción ecológica (Guna et al., 2021).

Asimismo, Pennacchio et al (2017) han realizado una investigación experimental sobre paneles aislantes sostenibles de lana de oveja y cáñamo, donde se indica que la innovación es un nuevo producto semirrígido con un bajo impacto ambiental. Según indican antes de ésta investigación el equipo ha desarrollado un sistema innovador para la producción de paneles semirrígidos para aislamiento térmico y acústico, mismo que sirve para realizar el aislante en base reciclado de lana de oveja y fibras de cáñamo (Pennacchio et al., 2017). Fitness es el panel creado, dónde la lana funciona como aglutinante y es de color negro por lo que no se puede utilizar en la industria del textil según indican los autores.

Los paneles tienen una dimensión de 0.90m x 0.52m, un grosor de 4.50 cm y un peso de 3 kg. La investigación concluye que los paneles FITNES con la adición de fibra de cáñamo a la lana de oveja contribuyen a disminuir el impacto ambiental del producto, y garantizan una mayor rigidez y una fácil instalación.

También se tiene un trabajo sobre la evaluación del desempeño e investigación de aislamientos térmicos alternativos basados en lana de oveja, dónde se hace énfasis que tanto la sostenibilidad y la eficiencia energética en el campo de la edificación no solo se evalúa en función del espesor del aislamiento térmico y la demanda de calefacción, sino también se debe considerar la demanda de la energía primaria, las reducciones de CO₂ y las propiedades ecológicas de los materiales de construcción (Zach et al., 2012). Asimismo, señala que éstos materiales aislantes ecológicos se

encuentran en el mercado, sin embargo, aún se utilizan materiales convencionales con predominio significativo.

Se indica que los actores de la construcción no tienen la certeza de que éstos materiales ecológicos o alternativos no cumplan con los requerimientos de rendimiento que los convencionales, sin embargo, en el caso de la lana de oveja el trabajo concluye que éste material tiene características y resultados comparables con la lana mineral, y en algunos casos con rendimientos superiores o con un funcionamiento mejor y con menos aspectos nocivos para la salud de los usuarios.

Finalmente, se tiene en la revisión bibliográfica realizada diversos estudios e investigaciones que se centran en la preocupación medioambiental y su protección, es así que se buscan materiales constructivos renovables, reciclables y naturales que por sus características son importantes como solución y alternativa en la línea de la sostenibilidad y en referencia a los materiales constructivos como aislantes térmicos; y que según los resultado obtenidos tienen muchas ventajas competitivas en el campo de la construcción (Dénes et al., 2019), (Streimikiene et al., 2020) y (Erkmen et al., 2020). Además, se debe entender el problema porque la construcción es el ámbito de mayor consumo de energía y el mayor productor de residuos que contribuye a la problemática del cambio climático que se está sufriendo en la actualidad.

La presente investigación maneja diferentes variables como: lana de oveja, Confort térmico, la vivienda, y aislante térmico, desde un enfoque de la habitabilidad de la vivienda y permita contextualizar y entender la temática del trabajo.(Pizarro, 2020)

3. CORRIENTE O ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como objetivo crear un Eco-Panel como aislamiento térmico en base a lana de oveja con bases teóricas y técnicas para mejorar el confort térmico de las viviendas en la ciudad de El Alto, desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico. Se puede apreciar que tiene que el

aspecto técnico tiene datos cuantificables como la medición del confort térmico y las comparaciones que se deben realizar con los casos de estudio, y en el mismo sentido con el sistema constructivo como tal, donde se establece datos cuantificables como la densidad de cada material constructivo, por lo que corresponde un enfoque cuantitativo desde una perspectiva externa y objetiva.

Por otro lado, el sistema arquitectónico posee datos cualitativos, como el color y la textura que son propios de cada material constructivo, en consecuencia, corresponde a un enfoque cualitativo, que no se basa en la estadística y se hace un análisis de múltiples realidades subjetivas y que no tiene una secuencia lineal. Asimismo, contiene una amplitud y riqueza interpretativa que contextualiza el fenómeno a estudiar desde un punto de vista holístico, es decir, como un todo.

Como resultado de lo antes mencionado se plantea para la investigación un enfoque mixto, es decir, combinar el enfoque cuantitativo y cualitativo en el estudio, de tal forma la recolección, análisis e interpretación de los datos de ambos enfoques para obtener mejores resultados en la investigación propuesta.

4. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES

En la presente investigación se utiliza bibliografía virtual por internet, revisando diferentes bases de datos, en ese sentido se ha realizado una investigación documental. Básicamente se ha recopilado información ya existente sobre el tema, posteriormente un análisis para filtrar los datos que sirven para el trabajo.

La información obtenida proviene de revistas científicas, artículos científicos, libros virtuales en pdf, y otros trabajos académicos referidos a las variables de la investigación como ser: Aislamiento térmico, confort térmico, lana de oveja, y la vivienda; todos éstos en el campo o ámbito de la construcción y edificación. Se ha establecido una relación entre las fuentes consultadas y las comparaciones correspondientes entre ellas para realizar un análisis de la información.

Por las características de la temática y por ser un ámbito aún incipiente en el contexto nacional lo más recomendable ha sido la búsqueda de información vía Online. Asimismo, se ha utilizado como bases de datos de Sistema abierto de información de revistas publicadas en castellano Dialnet, también, el Sistema de Información Científica Redalyc; ambas con acceso gratuito de la información. Al mismo tiempo se ha utilizado la herramienta de Google Académico y ScienceDirect que si bien la mayoría de los artículos científicos de ésta base de datos es de pago, se tiene algunas investigaciones que son de acceso abierto o gratuito.

5. LANA DE OVEJA

El hombre en la historia ha utilizado la lana de oveja para su protección, también como capa aislante en las paredes de sus yurtes (hábitat nómada) en el caso de lo mongoles. Éste material debido a su naturaleza rizada y cuando sus fibras se embanan juntas forman pequeñas bolsas de aire que sirve como un aislante térmico natural (Rivero, 2016).

La lana es una fibra tupida, suave y rizada que recubre la piel de algunos animales, su longitud varía entre los 20 a 350 mm y depende de la raza y frecuencia de esquila de la oveja. Su composición química está basada en proteínas (queratina y lanolina) y una fina capa de hidrocarburos de naturaleza grasa.

Al ser un material natural, la lana se tiene que tratar para evitar los hongos y en el caso de los insectos existen dos tratamientos, en base a los biocidas y en compuestos minerales. El primero consiste en agua oxigenada al 2% y permetrina en 0.350 ppm/kg, y el segundo con sales de bórax al 13% (Rivero, 2016).

Según Rosas (2016) la lana de oveja tiene las siguientes características:

- Es un material natural, renovable y sostenible.

- Las fibras de lana no suponen un efecto negativo en la salud humana, no causa irritación en los ojos, la piel o los pulmones.

- Las fibras de lana son transpirables; a diferencia de los productos a base de fibra de vidrio que pueden absorber y desorber la humedad, sin reducir el rendimiento térmico, lo que indica una ventaja frente a los otros materiales.
- Lana de las ovejas tiene resistencia estática. Debido a la absorción natural de la humedad del aire, tiene muy poca tendencia a recoger la electricidad estática.
- La lana es resistente a la suciedad. Su capacidad para absorber la humedad y por lo tanto su baja acumulación de electricidad estática significa que la lana no atrae a la pelusa y el polvo del aire. El engarzado en la fibra y raspado en la superficie de la fibra evita que la suciedad penetre en ella.
- Lana no admite la combustión y en caso de incendio se apagará.
- Cuenta con propiedades acústicas, absorbe y reduce los niveles de ruido.

De acuerdo a lo señalado se puede apreciar las bondades de la lana de oveja que pueden ser aplicados al ámbito de la edificación como un material constructivo más para mejorar la calidad de vida de los usuarios en diferentes hechos arquitectónicos.

6. CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA

La vivienda es el espacio donde el ser humano reside la mayor parte del tiempo en su desarrollo y es necesario que tenga condiciones de habitabilidad aceptables y apropiadas; y que tenga el confort para que el usuario pueda habitar.

Para entender la definición de confort se ha revisado lo que indica la Real Academia de la Lengua española (2021) que señala que es “Bienestar o comodidad material”, sin embargo, en el campo de la Arquitectura y el habitar tiene relación con ése bienestar, la gestión ambiental interior de la vivienda y la eficiencia energética para climatizar los espacios arquitectónicos (Wegertseder, 2014).

En ese sentido, el confort en la vivienda tiene varios factores que influyen como ser: el clima, los hábitos del usuario, elementos constructivos y la envolvente de la edificación. De ésta última se trata la presente investigación para mejorar el confort térmico de la vivienda en la ciudad de El Alto y así mejorar la calidad de vida de la población.

En específico, el confort térmico para la investigación se entiende como la sensación de agrado de un usuario en el espacio interior de la vivienda. Existen normas que definen a un clima interior aceptable como la EN ISO 775 (2005), también se encuentra la norma ASHRE, misma que establece puntuaciones para la sensación del confort.

Asimismo, estudios realizados por Fanger (1970) establece tres condiciones para que un ser humano se considere en situación de confort térmico, de acuerdo al siguiente detalle:

- Que se cumpla el equilibrio térmico.
- Que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort.
- Que la temperatura media de la piel esté dentro de los límites de confort.

7. LA VIVIENDA

La vivienda en términos generales, se ha convertido en el espacio donde se desarrolla parte importante de las actividades básicas de quehacer cotidiano del ser humano y tiene la función social de mejorar el hábitat de la población (Morales et al., 2012). Entre las tipologías residenciales, la vivienda unifamiliar y la Vivienda Colectiva han sido parte importante en el desarrollo de la historia de la arquitectura y el desarrollo de las ciudades.

7.1. Vivienda Colectiva como tipología arquitectónica

Antes de empezar a desarrollar el presente acápite se toma la definición de “Vivienda Colectiva” se define a esta tipología residencial como condominios que

corresponden a viviendas insertas en copropiedades, es decir, bienes de dominio común pertenecientes a todos los copropietarios, así como también los destinados a servicios, recreación y esparcimiento.

En Europa, la segunda guerra mundial ha sido consecuencia subsiguiente de la emergencia habitacional y ha provocado una transformación disciplinar de la arquitectura y el urbanismo de la época. La Vivienda Colectiva en ese periodo ha sido el centro de las investigaciones formales, estructurales y compositivas de los arquitectos y urbanistas para generar nuevos modelos habitacionales, nuevas formas de habitar en la casa, el barrio y en la ciudad contribuyendo así a construir nuevas estructuras urbanas y sociales (Bonomo, 2009). Tal es el caso Alemán, donde los barrios han crecido de manera considerable y el número de viviendas crece por diez; y los edificios crecen en altura dando lugar a la densificación de las ciudades (Moya, 2007).

La Vivienda Colectiva en el siglo XX como tipología arquitectónica describe una trayectoria del camino de las transformaciones sociales acaecidas en ese tiempo que va desde la búsqueda de la uniformidad hasta la diversidad como una expresión arquitectónica específica de la época y se ha visto materializado en conjuntos habitacionales de vivienda desde las visiones más antagónicas (Gadea, 2010). Por otra parte, hoy en día, gran parte del ejercicio cotidiano de la arquitectura se desarrolla en el marco de la vivienda colectiva o en altura, convirtiéndose ésta en la casa contemporánea (Quintana, 2010).

A principios del siglo veinte los arquitectos del movimiento moderno asumen el problema de la Vivienda Colectiva, dando respuesta con proyectos y la construcción de viviendas estándar para el habitante tipo; en cambio en la actualidad la Vivienda Colectiva contemporánea posee espacios personalizados, sin embargo el exterior de los edificios y los espacios de uso común no distinguen a una comunidad que los reside, por lo que no existe una relación con sus habitantes (Rivera, 2011). En contraste Barquero (2013) sostiene que la vivienda colectiva urbana ha pasado del

interés por la generación de espacios comunitarios autosuficientes a la producción de nuevas formas híbridas de espacio libre, ya sea este público y/o comunitario, ambos compatibles con el espacio contemporáneo (Torroja, 2013)

Siguiendo en la misma línea, según French (2009) la vivienda colectiva ha sido un fértil campo de experimentación en el siglo XX e indica la importancia que seguirá teniendo en el siglo XXI, lo anterior debido a las formas de vida, la evolución tecnológica y sobretodo la necesidad de aumentar la densidad de las ciudades hace que esta tipología tenga una relevancia especial.

La Vivienda Colectiva como espacio urbano probablemente sea la más determinante en la imagen de la ciudad, es la tipología arquitectónica que compone la mayor parte de la estructura urbana de nuestras ciudades y actualmente es la protagonista de la mayoría de operaciones inmobiliarias (Escala, 2010). En el mismo sentido su importancia radica en una idea de ciudad y consolida un hacer que se reproduce como modelo, y por su impacto urbano adquiere un rol significativo tomando en cuenta su crecimiento masivo en las ciudades.

Como manifestación tipológica se han convertido en un dispositivo de transformación urbana, arquitectónica social de la urbe latinoamericana, y como muestra de manifestación cultural y factor constructor del paisaje urbano, constituyéndose en un recurso con enormes posibilidades de puesta en valor, rehabilitación y reintegración al tejido, el paisaje y las funciones urbanas (Ferrada, 2013).

Mayoral y Bascones (2013) en las Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción, señalan la importancia de la participación activa de los usuarios para modificar las estrategias de concepción espacial, estructural y constructiva de la vivienda colectiva que sirvan como claves para el habitar futuro, además de incorporar valores en el diseño arquitectónico como el de la flexibilidad de usos tanto doméstica como colectiva (Torroja, 2013)

En el mismo sentido y con una mirada al futuro como señala Ballen (2007) la política habitacional debe promover la vivienda dentro del perímetro urbano consolidado, es decir bajar el ritmo de la expansión dispersa y enfocarse en la compactación como renovación urbana, para así aprovechar el suelo y densificar áreas residenciales (S. Ballén, 2007) y proporcionar la importancia que exige para el futuro de las ciudades (Mozas & Per, 2006).

Por lo que se hace necesario la búsqueda de nuevos conceptos ante la necesidad de construir casas colectivas con cierta densidad, con el fin de limitar la ocupación de superficies verdes, el deterioro del paisaje (Schittich, 2005). Tal como señala Álvarez (2014) “las Viviendas y la Arquitectura deben ser flexibles para adaptarse al cambio”, es decir, en la actualidad existe una necesidad de una adecuada utilización de las nuevas tecnologías y los recursos técnicos, de forma integral en la concepción espacial de las viviendas para la adaptabilidad y sustentabilidad (Alvarez, 2014). En consecuencia, el edificio como pieza del paisaje habitado, su presencia en varias decenas de años en un lugar determinado incide en la vida cotidiana de los habitantes en varias generaciones y además existe una interacción mutua que genera una serie de sentimientos en la expresión del hecho arquitectónico (Pons, 2013).

En la tesis doctoral de Monserrat Solano (2012) se abarca la temática de la Vivienda Colectiva durante el movimiento moderno, señala que la residencia multifamiliar en la primera mitad del siglo XX define el tema central de las investigaciones en el ámbito del proyecto arquitectónico, mostrando nuevos modos de habitar acordes a la cultura y la sociedad moderna de la época (Solano, 2012). Además, indica que existen diversos modos de interpretar el espacio habitable que permite identificar en los proyectos residenciales diversos sistemas arquitectónicos con estrategias proyectuales con las que se configuraron los barrios de vivienda colectiva en la expansión de las principales ciudades europeas.

En la actualidad esta tipología arquitectónica posee una capacidad para reactivar el entorno cercano, es decir como “elementos reactivos urbanos”, el habitar en colectividad con los usuarios, en un campo de relaciones física, social y ambiental (Sallago, 2014).

a) El rol de la Vivienda Colectiva en Latinoamérica

En Latinoamérica el año 1960 se ha establecido una población de 120 millones residiendo en las ciudades, en 1999 se ha pasado a 360 millones de personas, lo que muestra que se ha triplicado la población en el área urbana de las diferentes ciudades (J. Serrano, 2002). La construcción de edificios en altura en las ciudades capitales de Latinoamérica ha sido acelerada hacia fines del siglo XIX y comienzos del XX, esto debido a los procesos de modernización convirtiendo a las urbes en un motor de la valoración y crecimiento (Cutruneo, 2012).

La vivienda colectiva en Latinoamérica ha sido gestada mediante nombre diversos, como ser: casa de vecindad, callejón, ciudadela, colectivo, cité, cortico, corralón, conventillo, inquilinato, mesón, y vecindad; y se han convertido en un conjunto de manifestaciones tipológicas que han generado una transformación urbana, arquitectónica social y política de la urbe que explica una parte importante de la historia del desarrollo de la Arquitectura en Latinoamérica (Ferrada, 2013).

Según Ballén (2009) la vivienda en altura y la aplicación de altas densidades van en busca de un modelo de crecimiento urbano compacto sustentable donde se tenga prioridad la calidad de vida de los usuarios, en relación a la dinámica de las ciudades latinoamericanas en el marco social, político y económico de la realidad de la región (S. A. Ballén, 2009).

Brasil se caracteriza por su alta producción de vivienda multifamiliar y la importancia de esta tipología arquitectónica en sus ciudades. Por su parte, Venezuela es conocida por la construcción de “superbloques” en el área residencial y de iniciativa estatal (Ballén Zamora, 2009).

En Perú más allá de aspectos tipológicos, las viviendas colectivas registran dos dimensiones a considerar, una doméstica referida a los problemas del usos interno que le dan los usuarios; y otra Urbana, que va referida a la relación de este tipo de vivienda con la calle, el barrio y la ciudad (C. D. Serrano, 2012), por lo que se evidencia la importancia de la presencia de esta tipología arquitectónica en áreas urbanas.

En Argentina, la vivienda colectiva en altura aparece como una expresión constructiva de la modernidad, que tiene relación directa con lo funcional, tecnológico y constructivo para satisfacer las demandas en las áreas urbanas, y las principales tipologías de edificios en Buenos Aires han sido una consecuencia del tejido y la trama de la ciudad (Alvarez, 2011).

En el mismo sentido, el trabajo de Eunice García (2009) muestra la importancia de la vivienda colectiva en varios países de la Región, como Argentina, Brasil, Chile y México como soluciones habitacionales que dan respuesta al problema de la vivienda y valorizando los aspectos formales de estos edificios (Garcia, 2009).

b) La piel de la Arquitectura - Vivienda colectiva y la sostenibilidad

Como sostiene Hernández (2011), la piel de la nueva arquitectura está hecha de valores sostenibles y los diferentes avances permiten crear pieles de edificio más personalizadas. La arquitectura contemporánea se ha convertido en un sello de la identidad de las ciudades y el reto de las nuevas fachadas está en la combinación de la belleza con valores ecológicos y de confort (Hernandez, 2011). Si se suma a esto el avance de nuevas tecnologías, se tiene una alternativa con enormes potenciales en esa búsqueda de la sostenibilidad en la edificación.

En el mismo sentido, la vivienda colectiva como tipología arquitectónica en el área residencial se presenta como una opción a valorar ante las actuales demandas de desarrollo sostenible en el territorio urbano, ofrece un potencial de recuperación y solución tanto a los déficits de vivienda como a la necesidad de repoblamiento de

las áreas urbanas (Ferrada, 2013). En esa búsqueda de sostenibilidad en Arquitectura se puede considerar aprovechar las superficies disponibles en fachada e integrar nuevas tecnologías para mejorar el confort térmico de los espacios en la vivienda.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizará una Investigación descriptiva en un primero momento para conocer las características de las variables de la investigación. Asimismo, se complementará con el tipo de investigación explicativa y correlacional para medir el grado de relación que tiene la lana de oveja para el mejoramiento del confort térmico en la Vivienda de la ciudad de El Alto.

2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se propone que se trabaje en la clasificación de Diseños experimentales, sin embargo, como ya se ha explicado la investigación es mixta, en ese sentido, se menciona un como experimental debido a que se realiza prototipos del Eco-Panel propuesto, es decir, se harán diferentes diseños y pruebas las que serán sometidas a un cálculo para ver su comportamiento térmico e ir comparando resultados para luego definir que características debe tener el producto final que satisfaga el confort térmico en la vivienda de casos de estudio.

Asimismo, se harán análisis de los prototipos de Eco-Panel y se medirán los resultados a través del tiempo en el desarrollo de las muestras de la investigación

3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se trabajará con el método descriptivo experimental, es decir, en el análisis se realizará la separación de las variables como la lana de Oveja, Confort térmico, y los usuarios o habitantes de las viviendas de los casos de estudio para conocer sus elementos fundamentales y las relaciones que existen entre ellos. Por otro lado, la Síntesis va a proporcionar una composición de las variables una vez analizadas para concretar el producto final que pretende determinar el presente trabajo.

4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La presente investigación tiene como objeto de estudio un producto en base a lana de oveja, además de materiales sostenibles y reciclados como la madera, totora, y las bolsas plásticas (desechos), mismas que conforman el eco panel como aislante térmico.

5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Se utiliza la técnica de observación donde se apela a nuestros sentidos como instrumento de registro de información o datos, como ejemplo la forma y el color que se dará al Eco-Panel, que son aspectos directamente accesibles a través de los sentidos y son cualidades que se busca dentro el aspecto arquitectónico del producto final. Para el registro de éste tipo de observación se utiliza libreta de notas y cuadros comparativos para luego sintetizar la información relevante que servirá como base para la toma de decisiones.

Asimismo, se pretende utilizar la entrevista como instrumento de investigación en referencia a una conversación con expertos sobre el tema de aislamiento térmico y confort que den mayores luces sobre los resultados u objetivo que se tiene trazado. Se plantea una entrevista no estructurada, dónde se tiene claro las variables a estudiar, sin embargo, conversar de forma integran con el entrevistado se considera más valioso para la investigación.

También se trabaja con la Encuesta, en las fases establecidas se tiene planificado la participación de los usuarios para conocer la realidad que tiene en referencia al confort térmico más que todo en la estación de invierno dónde los espacios de la vivienda se ven afectados por las bajas temperaturas que se tiene, es así que se considera importante y valiosa su participación para encontrar su valoración en referencia a la temática del trabajo.

Por otro lado, para un mejor desarrollo del trabajo se tiene como planteamiento una metodología que se encuentra desglosada por cada objetivo específico de la investigación, donde se establecen las actividades a desarrollar por cada una de ellas, de acuerdo al siguiente detalle:

Objetivo específico 1

- a) Establecer y caracterizar la tipología de Vivienda unifamiliar de la población vulnerable de la ciudad de El Alto y definir herramientas de recolección de datos para analizar y estudiar una muestra representativa.

Revisión de información

Para la revisión de la información se establecen las siguientes actividades:

- Análisis de los tipos de vivienda en la ciudad de El Alto
- Estudio de la legislación y normativa con referencia a la vivienda en Bolivia
- Entrevista con expertos, arquitectos y profesionales concernientes al tema de investigación
- Características constructivas de las edificaciones
- Elementos de la edificación
- Materiales constructivos tradicionales
- Revisión de sistemas constructivos

Selección de los casos de estudio

- En base a un análisis estadístico determinar una muestra representativa de las viviendas
- Criterios de selección de los casos de estudio
- Número de casos de estudio.

Diseño de instrumentos y herramientas para la investigación

- Metodologías y base de análisis
- Identificación de variables e indicadores de confort térmico
- Diseño de herramientas de medición y toma de datos
- Físico constructivo, cuestionarios, simulaciones - software

Objetivo específico 2

- b) Analizar y evaluar los sistemas de aislamiento térmico utilizados en la edificación residencial.

Análisis del aislamiento térmico

- Identificación de los aislamientos térmicos disponibles en el mercado
- Análisis documental
- Revisión del estado del Arte sobre el aislamiento térmico en base a lana de oveja aplicados a la edificación
- Legislación y normativa de referencia

Evaluación de los aislamientos térmicos para el confort de la vivienda

- Desempeño de los aislamientos térmicos, software: Designbuilder, Revit de Autodesk
- Costos
- Confort térmico
- Contrastación de los resultados de los análisis realizados

Objetivo específico 3

- c) Diseñar el prototipo de Eco-Panel en base a lana de oveja desde un enfoque constructivo, arquitectónico y tecnológico.

Evaluación del prototipo de eco-Panel en base a lana de oveja

- Análisis de los prototipos en base a lana de oveja
- Mediciones con simulaciones mediante software

Evaluación del confort en los casos de estudio

- Evaluación del confort térmico
- Evaluación de rendimiento

Relaciones de resultados

- Relación entre rendimiento y confort térmico
- Correlación de mediciones

Objetivo específico 4

- d) Validar el prototipo de Eco-Panel para mejorar el confort térmico de viviendas unifamiliares y definir su comportamiento medio-ambiental

Establecer los parámetros de los componentes del eco-Panel

Definir requisitos y exigencias del eco-Panel

Especificar los parámetros del Eco-Panel

- Definición de metodologías y base de análisis: códigos técnicos, normativas y reglamentaciones
- Definición de parámetros del Eco-Panel, constructivos, técnico, arquitectónico
- Definición de análisis de resultados

Definición y determinación del Eco-Panel

- Mejoramiento de confort en relación a casos base
- Mejoramiento ambiental
- Costo – beneficio

Validación del Eco-Panel

Simulaciones, software

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En el presente Capítulo se tienen los diseños del Eco-panel de forma virtual, es decir, realizada mediante un software, misma que se ha desarrollado diferentes etapas, con un análisis y evaluación de las primeras aproximaciones del producto final que se espera se ha definido ya el prototipo con todos los materiales que lo constituyen. Y en cumplimiento al objetivo general se trabaja bajo las bases teóricas y técnicas que debe tener el prototipo desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico. Se ha decidido por estrategia antes de construir el prototipo del eco-panel real utilizar diferentes softwares para el modelado virtual como el Revit y Sketchup que nos permiten tener un acercamiento casi real de lo que se pretende como producto final.

En ese sentido, en referencia al sistema constructivo se han definido cómo éstos eco-paneles se unen entre sí y también cómo es que se adecua a los muros ya existentes de las viviendas en la ciudad de El Alto como caso de estudio. Desde el punto de vista arquitectónico para trabajar sobre temáticas de color y textura se ha definido incorporar la Totorá como un material sostenible que nos brinda una novedosa expresión arquitectónica en relación a la estética de la conformación del conjunto de eco-paneles, y sobre el sistema tecnológico se puede apreciar la incorporación de materiales reciclados como insumos para generar un producto altamente tecnológicos y contemporáneo.

1. DISEÑO DE PANELES – ETAPA PRELIMINAR

Esta etapa se caracteriza por ser exploratoria, es decir que se han realizado varias propuestas iniciales de los eco-paneles mediante un software de modelado 3D, se han planteado varias alternativas de una forma integral (figura 1).



Figura 1. Configuración del eco-panel en un muro. Fuente: Elaboración propia

En la generación del eco-panel se ha considerado la forma, la unión entre paneles, el tipo de estructura, en la figura 2 se puede apreciar un módulo cuadrado de 0.50 x 0.50m que tiene una estructura de madera y el corazón relleno de la lana de oveja.



Figura 2. Eco.paneles con estructura de madera. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se ha analizado la posibilidad de tener una forma hexagonal de los eco-paneles, como se muestra en la figura 3. A la fecha se está realizando un análisis de la factibilidad de ésta forma teniendo en cuenta que los muros dónde se implementará el aislamiento térmico tienen formas regulares, por lo que se plantea un desafío el poder adecuar ésta forma a lo existente en las viviendas.



Figura 3. Eco-paneles en forma hexagonal. Fuente: elaboración propia

En el mismo sentido, se ha explorado nuevas formas que pueden ser implementadas en los eco-paneles como las formas circulares (figura 4), en éste caso efectos de formas que se pueden lograr a manera de textura con algún material externo que nos muestre una forma novedosa de una expresión arquitectónica que nos muestre figuras que se pueden representar en los muros de intervención donde se coloque el aislamiento térmico.

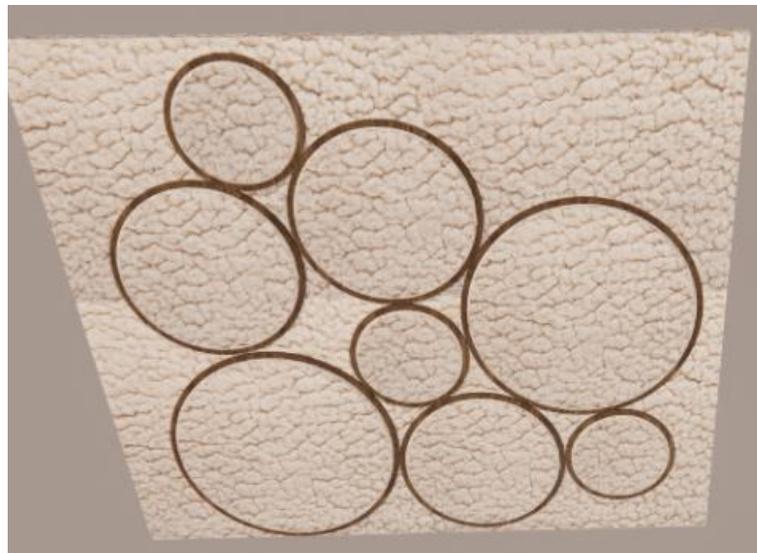


Figura 4. Eco-panel con la incorporación de figuras circulares. Fuente: elaboración propia.

Una vez que se ha planteado varias alternativas en referencia al diseño del eco-panel y luego de un análisis se ha determinado trabajar con el módulo cuadrado de 0.50m x 0.50m que se adecúa a las necesidades planteadas en el objetivo de la investigación. La forma regular elegida se justifica básicamente por las características que tienen las viviendas en la ciudad de El Alto que se constituyen en los casos de estudio, básicamente su ortogonalidad y la simpleza de los espacios en la vivienda en relación a su forma.

2. ESTRUCTURA DEL ECO-PANEL

Una vez definido las dimensiones y forma del eco-panel en este apartado se ha realizado un análisis sobre el material a utilizar para la estructura del mismo, con la consigna que debe ser un material sostenible y no contaminante al medio ambiente que mantiene la línea de investigación que se ha planteado desde un inicio, en ese sentido se ha definido trabajar con la madera como un material sostenible y renovable en el campo de la construcción, por la disposición de la madera cedro y maha en el mercado se ha decidido trabajar con ambas, con un tamaño del módulo de 0.50 x 0.50m (figura 5)



Figura 5. Estructura de madera del eco-panel de 0.50 x 0.50m. Fuente: elaboración propia

Una vez definido el módulo con el cual se trabaja, en una segunda instancia se ha generado la propuesta de uniones entre los eco-panels y su incorporación como un conjunto instalado en los muros perimetrales de la vivienda de caso de estudio que tengan contacto directo con el exterior.

En la figura 6 se puede apreciar una vista en la parte izquierda del módulo y en la parte derecha del conjunto de módulos o eco-paneles que serán parte de una unidad en el muro a intervenir.

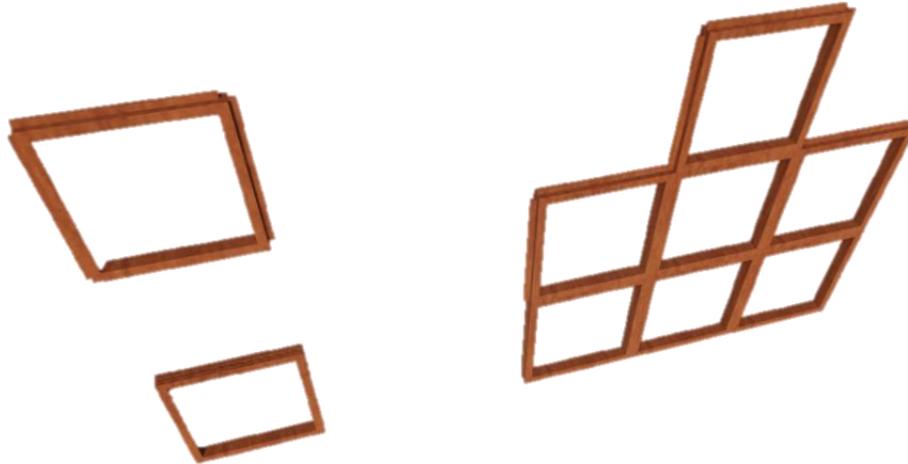


Figura 6. Estructura de eco-panel y conjunto que forman en un muro. Fuente: elaboración propia

Inicialmente se ha tenido diferentes tipos de uniones (se describen en el punto 4.3) que en algún caso se ha generado 2 o 3 tipos de eco-paneles, para que finalmente se pueda llegar a una solución de 1 (un) solo eco-panel que ha permitido dar solución a las uniones entre eco-paneles (figura 7).

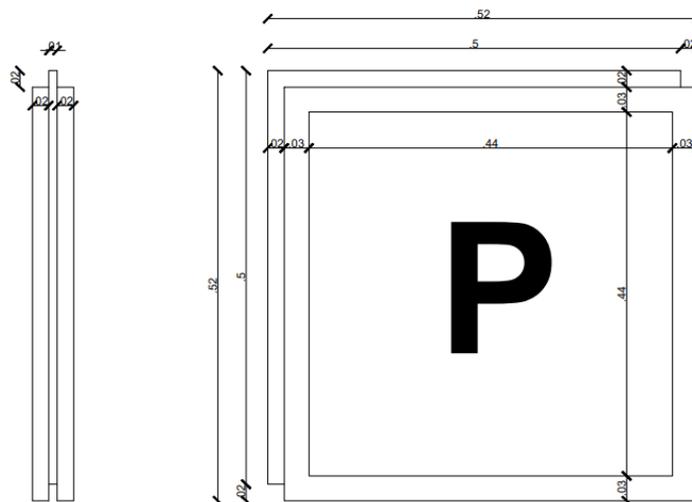


Figura 7. Dos tipos de módulo propuestos para que se puedan unir entre ellos. Fuente: elaboración propia

3. ECO-PANEL TÉRMICO EN BASE A LANA DE OVEJA

Esta etapa corresponde a la definición de las uniones de los diferentes módulos del eco-panel, inicialmente se ha decidido trabajar con dos tipos de módulos (figura 7), el primero con una espiga de manera perimetral y la segunda con un canal a nivel perimetral que permiten la unión entre paneles.

En la figura 8 se puede apreciar los dos tipos de módulos, en la parte superior izquierda el módulo que tiene las espigas de forma perimetral y en la parte inferior izquierda el segundo módulo con los canales de forma perimetral, y en la imagen de la derecha el armado de un conjunto de módulos que permite observar las uniones en éste caso de 7 módulos o eco-paneles.

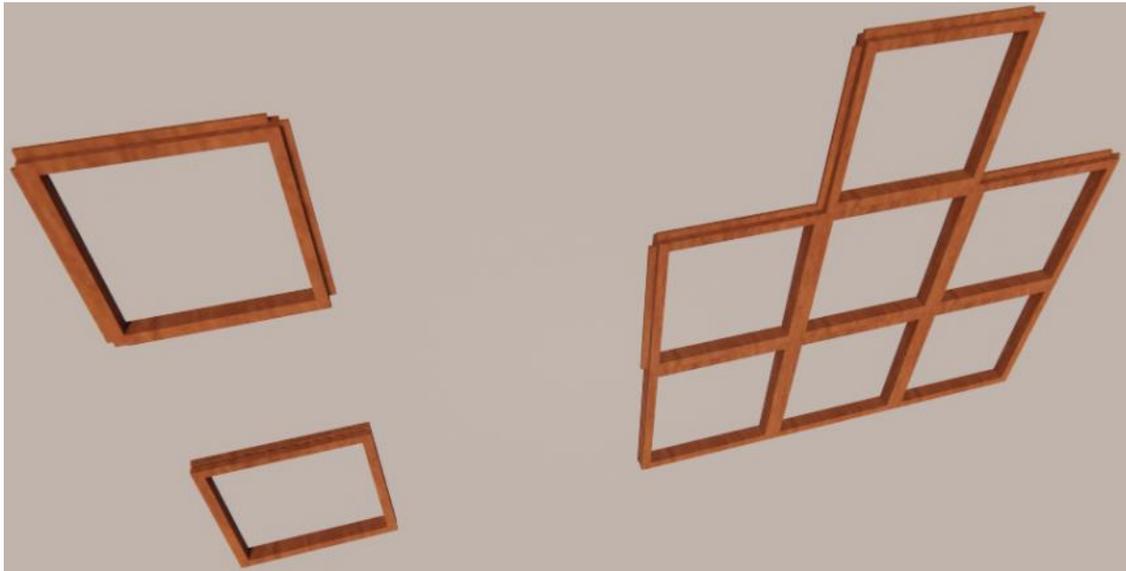


Figura 8. Módulos 1 y 2 y una imagen de sus uniones. Fuente: elaboración propia

Sobre el tema de las uniones entre eco-paneles a la fecha aún se siguen realizando ejercicios y viendo algunas alternativas que nos permitan garantizar una unión uniforme (figura 8) de acuerdo a las características del material como la madera.

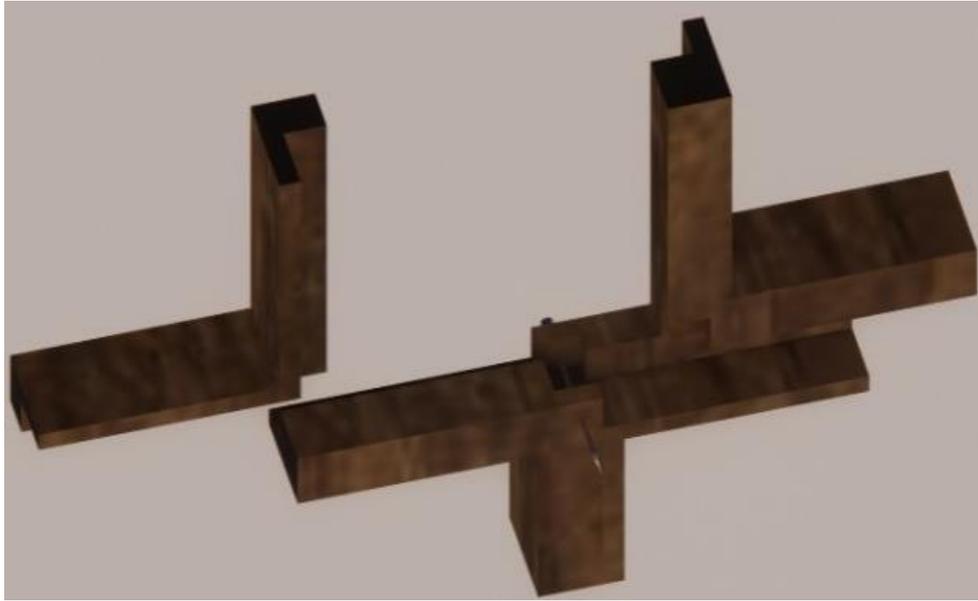


Figura 9. Alternativas de unión entre eco-paneles. Fuente: elaboración propia

En el mismo sentido, en la unión de las esquinas de la estructura del eco-panel se han realizado algunas alternativas, mismas que están siendo evaluadas para que posteriormente se puedan tomar las decisiones correspondientes y definir lo mencionado.

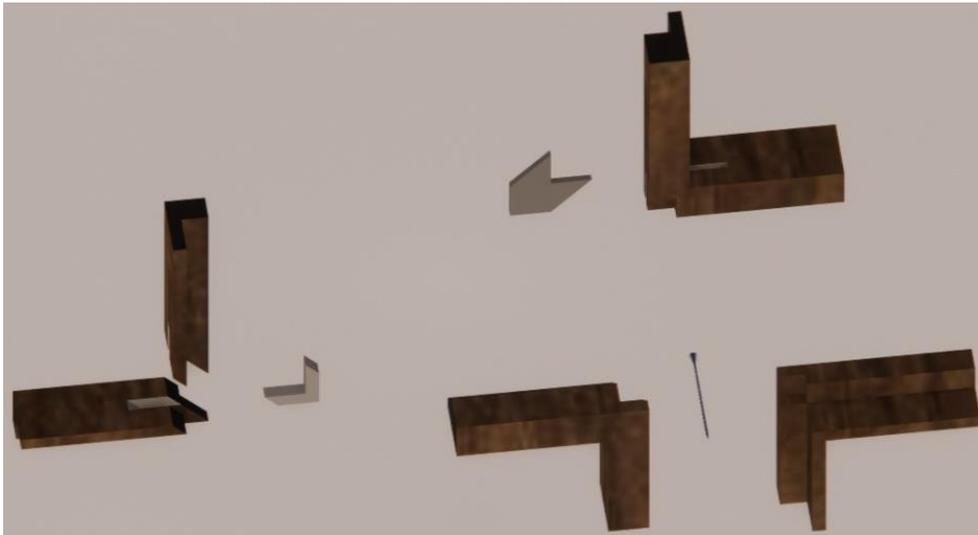


Figura 10. Alternativas de uniones en esquina de los eco-paneles. Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se muestra otra alternativa más sobre las uniones entre eco-paneles que aún sigue en evaluación, en éste caso se propone una sujeción en cada esquina del eco-panel.

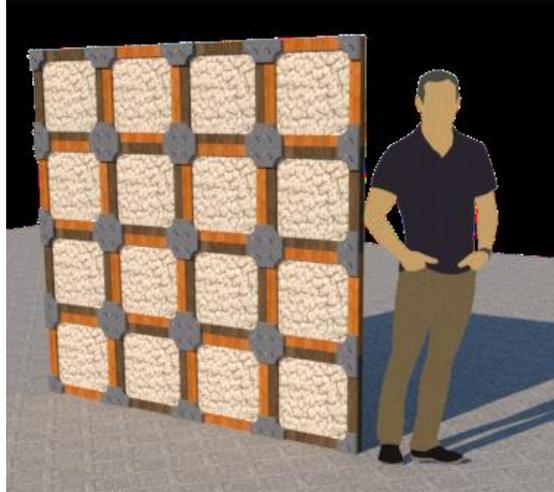


Figura 11. Otra alternativa de Uniones entre eco-paneles. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la figura 12 en cada eco-panel tiene puntos de sujeción con cerchas metálicas en cada esquina y que permiten la sujeción con el muro, una alternativa más que está siendo evaluada.

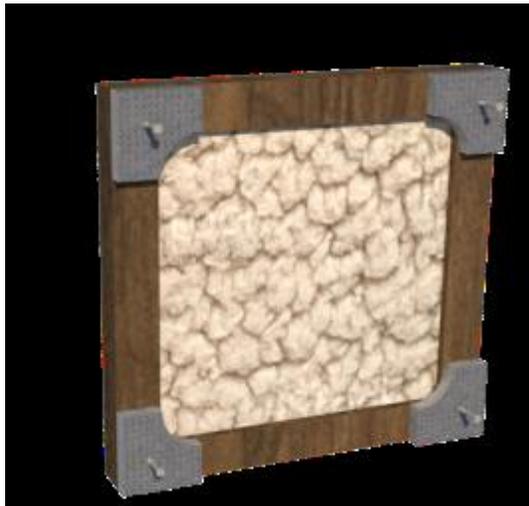


Figura 12. Eco-panel con cerchas metálicas en cada esquina. Fuente: elaboración propia

En este caso se ha generado un módulo de 1 x1m (figura 13) con las cotas correspondientes y definir algunos detalles en referencia a medidas que debe tener tanto la estructura como es espacio para que se pueda colocar la lana y las medidas de las cerchas metálicas.

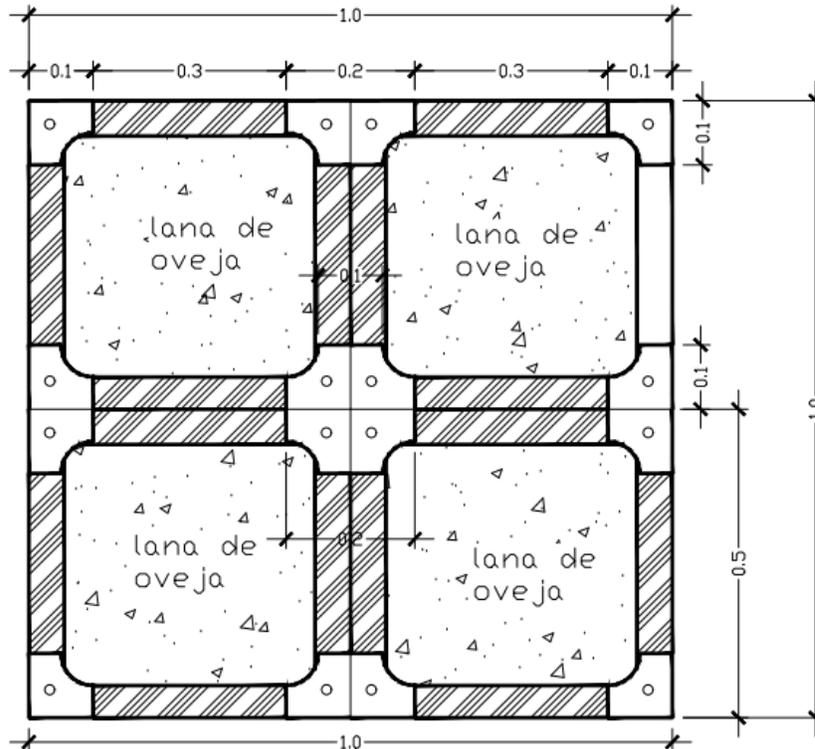


Figura 13. Módulo 1 x 1m que muestra medidas de los elementos. Fuente: elaboración propia.

En el caso del relleno de la lana que se tendrá en el eco-panel se ha estado realizando algunas pruebas que se muestran en la figura 14.



Figura 14. Relleno de la lana en los eco-panels. Fuente: elaboración propia

En el caso del terminado de la parte frontal del eco-panel se han realizado pruebas de imagen en la incorporación de la totora como material sostenible que puede ser manejada de forma natural y aprovechando el color que tiene y su textura que realza la expresión arquitectónica que puede ofrecer (figura 15). Asimismo, la posibilidad de utilizar algún colorante natural para que se pueda tener eco-paneles de diferente color.

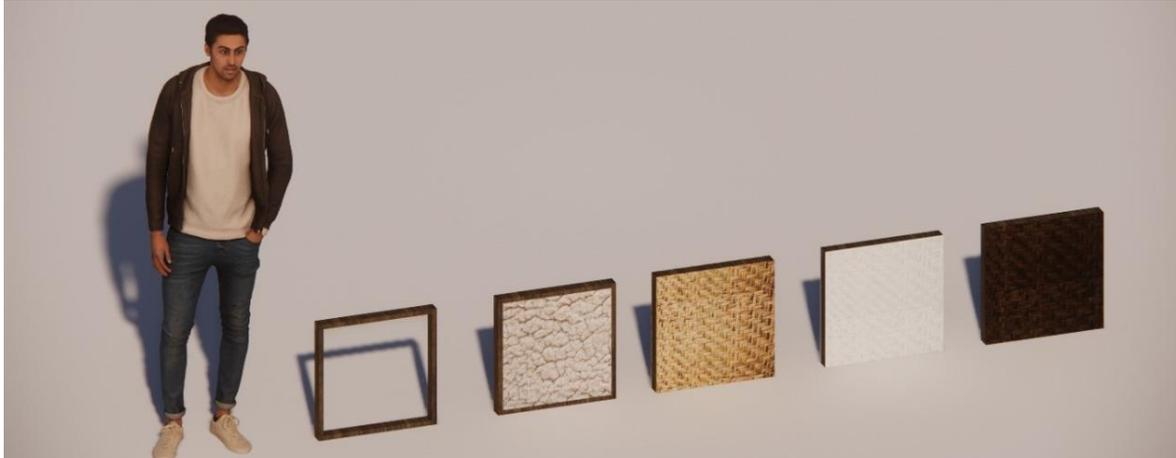


Figura 15. Alternativas con el uso de la totora como material sostenible. Fuente: elaboración propia.

Al respecto de lo explicado, se ha revisado experiencias sobre cómo se utiliza la totora y se puede dar color a la misma, se muestra en la figura 16 un producto de un trabajo de investigación en Otalavo, Ecuador donde han trabajado con los habitantes indígenas del lugar en la aplicación y construcción de un cubo de totora.



Figura 16. Cubo de totora. Fuente: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/el-cubo-de-totora-tecnicas-y-materiales-ancestrales-para-la-arquitectura-actual>

De acuerdo a ésta revisión se está analizando la posibilidad de rescatar la experiencia de Ecuador e implementarla en el eco-panel que se está trabajando.

Finalmente, para el presente informe se muestra un render (imagen virtual) donde se puede apreciar la implementación de los eco-paneles en un ambiente que simula la realidad (figura 17), en la misma se trabaja tanto en muros como en techo, son pruebas que se están realizando de acuerdo al avance que se tiene de la propuesta.



Figura 17. Imagen de implementación del eco-panel en muros y techo. Fuente: elaboración propia

4. CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA – VIVIENDAS CASO DE ESTUDIO

En éste apartado se muestra inicialmente los sistemas constructivos identificados en los casos de estudio de vivienda en la ciudad de El Alto, primero el sistema constructivo con ladrillo de 6 huecos y el segundo el sistema constructivo con adobe.

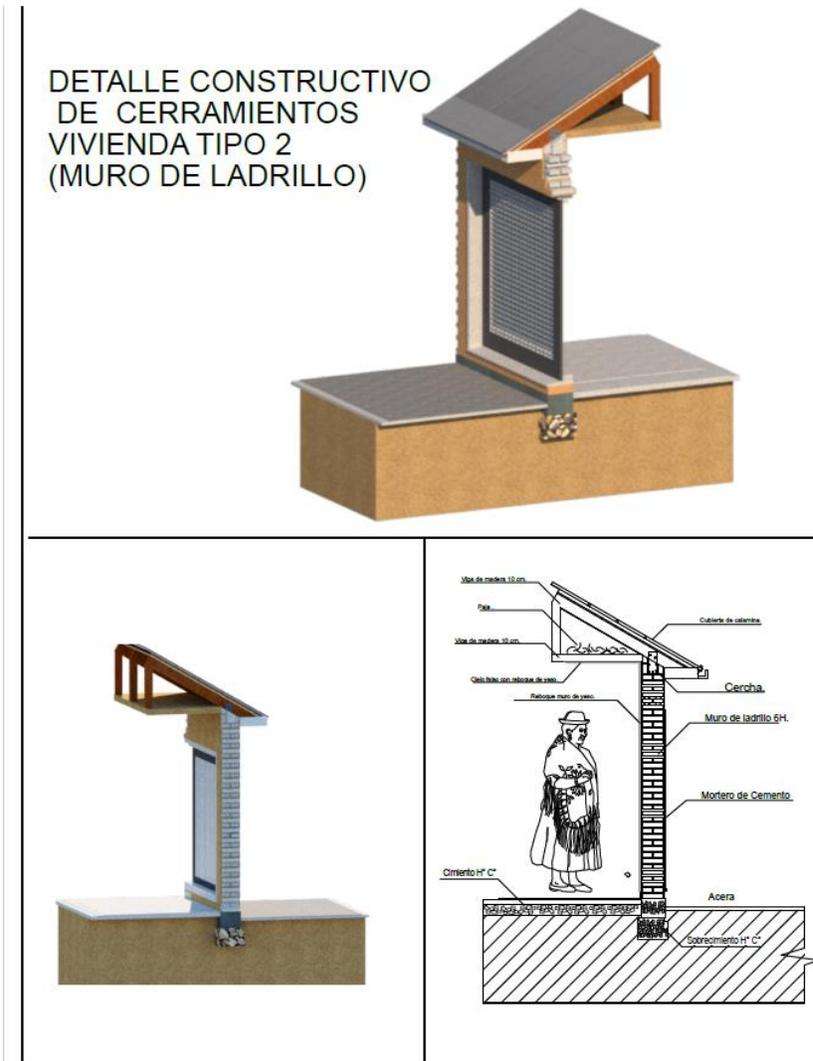
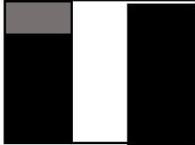


Figura 18. Sistema constructivo en base a ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia

En la figura 18 se puede apreciar los detalles del sistema constructivo en base a ladrillo de 6 huecos que es el material predominante en las construcciones residenciales en la ciudad de El Alto.

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
 D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Parcial con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: Ladrillo con revoque de yeso Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ○ Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche

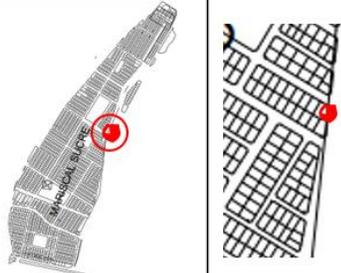



Figura 19. Ficha de caracterización de la tipología de vivienda unifamiliar de ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia

En la figura 19 se tiene una ficha que se ha trabajado con el equipo de investigación que muestra las características de la tipología de vivienda predominante en la ciudad de El Alto con un sistema constructivo basado en el ladrillo de 6 huecos que es característico de ésta región del país. En anexos se muestra más fichas que muestran las características de las viviendas de caso de estudio.

4.1. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ENVOLVENTE:

Analizar transmitancia térmica de los muros utilizando métodos de cálculo manual según la Nch 853, misma que es una norma chilena sobre reglamentación térmica que ha servido como parámetro para la investigación, siendo que en Bolivia no se tiene normativa alguna al respecto, en ese sentido, se ha hace necesario tener una referencia que la cual se puede trabajar sobre la línea de investigación planteada.

Las propiedades físicas de los muros están de acuerdo a los componentes (materiales) del sistema constructivo (figura 20), y para determinar teóricamente el valor de la transmitancia térmica, es necesario conocer la conductividad térmica y el espesor de cada uno de los materiales que conforman la solución constructiva, así como también es necesario conocer la resistencia térmica superficial y exterior de la solución constructiva.

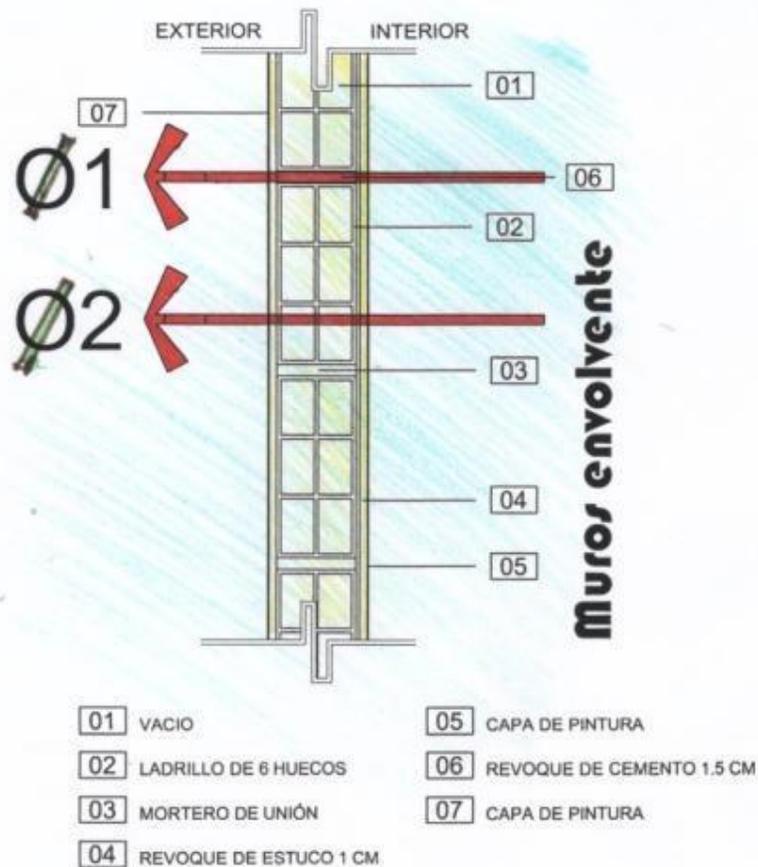


Figura 20. Materiales del sistema constructivo en base a ladrillo de 6 huecos. Fuente: elaboración propia.

En ese entendido, la solución constructiva del muro está compuesta por tres materiales en el exterior tiene un revoque de cemento de 1.5 cm, entre medio está el ladrillo y al interior está un revoque de estuco de 1 cm.

Materiales	Espesor (m)	λ Conductividad térmica (W/m °C)
Revoque de hormigón (exterior)	0.015	0.34
Ladrillo de 6 huecos	0.10	0.6
Mortero de pega	0.02	1.4
Revoque de estuco (yeso -interior)	0.01	0.35

TRANSMITANCIA TÉRMICA

Cálculo teórico - Calculo de Resistencia parciales

$$R_1 = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + R_{se}$$

$$R_1 = 0.12 + \frac{0.01}{0.35} + \frac{0.10}{1.4} + \frac{0.015}{0.34} + 0.05$$

$$R_1 = 0.12 + 0.0285 + 0.1666 + 0.044 + 0.05$$

$$R_1 = 0.3139 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_2 = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + R_{se}$$

$$R_2 = 0.12 + \frac{0.01}{0.35} + \frac{0.10}{0.6} + \frac{0.015}{0.34} + 0.05$$

$$R_2 = 0.12 + 0.0285 + 0.1666 + 0.044 + 0.05$$

$$R_2 = 0.4091 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Cálculo de área de participación por metro cuadrado

$$A_1 = (0.015 * 4) + (0.015 * 0.20) * (0.84 * 4)$$

$$A_1 = 0.06 + 0.10$$

$$A_1 = 0.07 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1 \text{ m}^2 - 0.07$$

$$A_2 = 0.93 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = A_1 + A_2$$

$$A_{total} = 0.07 + 0.93$$

$$A_{total} = 1m^2$$

Cálculo de U_{prom} a partir de Resistencias

$$R_T = \frac{(R_1 * A_1) + (R_2 * A_2)}{A_{total}}$$

$$R_T = \frac{(0.3139 * 0.07) + (0.4091 * 0.93)}{1m^2}$$

$$R_T = \frac{0.021973 + 0.3804}{1m^2}$$

$$R_T = \frac{0.4023}{1m^2}$$

$$R_T = 0.40 m^2 K/W$$

$$U_{prom} = \frac{1}{R_T}$$

$$U_{prom} = \frac{1}{0.40}$$

$$U_{prom} = 2.5 W/m^2 K$$

Este resultado final del valor de la transmitancia térmica (valor U) del sistema constructivo en base al ladrillo de 6 huecos es muy elevado, lo que hace deducir que el confort térmico en el interior de los espacios de la vivienda en la ciudad de El Alto no se encuentra en el rango para el bienestar de sus ocupantes.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Se ha cumplido con el objetivo general planteado en la investigación de “crear un Eco-Panel como aislamiento térmico en base a lana de oveja con bases teóricas y técnicas para mejorar el confort térmico de las viviendas en la ciudad de El Alto, desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico”, que permite tener un producto que no solo mejora las condiciones de vida de los usuarios en relación al confort térmico de los espacios en la vivienda de la ciudad de El Alto, sino que ofrece una estética desde el punto de vista arquitectónico con el uso de la totora y sus variantes que se pueden colocar en temas de color y textura.

El problema como se ha mostrado en la investigación del confort térmico de las viviendas en la ciudad de El Alto es una necesidad que se tiene que atender, es decir, los espacios de la vivienda no son los adecuados, situación que impide que los usuarios se puedan desarrollar y generan problemas de salud a los mismos, a esto se suma la precariedad de los sistemas constructivos utilizados y las bajas temperaturas que se registran en el Altiplano boliviano que se acentúa en la estación de invierno. Asimismo, se puede apreciar un gasto por parte del Estado atendiendo a los problemas que salud que se generan por tal situación, mismos que pueden ser reducidos tomando políticas de mejoramiento o readecuación de las viviendas.

En ese sentido, los resultados obtenidos de la investigación y del Eco-panel realizados de manera teórica sobre la conductividad térmica son importantes y significativos que pueden mejorar el confort térmico de las viviendas en el Altiplano boliviano. El Eco-panel generado se convierte en un producto novedoso como aislamiento térmico desde un enfoque integral entre sistema constructivo, arquitectónico y tecnológico que mejora el confort en los casos de estudio de la ciudad de El Alto, en consecuencia, genera un bienestar y mejora la calidad de vida de los habitantes.

La implementación del Eco-panel como aislamiento térmico también puede generar un ahorro de energía, puesto que en algún caso se dejaría de utilizar o disminuiría el uso de la calefacción de los espacios en la vivienda en época de invierno donde se registran las temperaturas más bajas en el Altiplano boliviano; así como también en gastos por parte de los usuarios que incurren al utilizar algún tipo de calefacción para calentar los espacios en sus viviendas.

El Eco-panel generado es un producto sostenible debido a que utiliza materiales renovables como la madera y la totora, asimismo, se resalta el reciclaje de bolsas plásticas que en éstos tiempos se han convertido en materiales altamente contaminantes para nuestro medio ambiente; en ambos casos ayudan a mitigar de alguna manera el problema que se tiene sobre la contaminación ambiental que se ha convertido en una de las preocupaciones mayores a nivel mundial.

Finalmente, el costo del Eco-panel determinado ha sido elevado en relación a costos de mercado de productos similares, en ese sentido, para bajar esos costos se debe considerar una producción masiva o en cantidades considerables que pueden ayudar a que el producto sea competitivo en relación a otros de similares características.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

La presente investigación utiliza la lana de oveja como material principal del Eco-panel como aislante térmico que mejora las condiciones de habitabilidad y confort en la vivienda, insumo abundante en el Altiplano boliviano, sin embargo, éste no se lo aprovecha y muchas veces es vendido como materia prima a países vecinos a un precio muy bajo. En ese sentido, éste material y otros deben ser aprovechados como materia prima para conseguir productos terminados como la ha sido el Eco-panel generado que tiene muchas bondades y que puede generar también fuentes laborales en caso de su producción masiva.

Se han realizado los cálculos teóricos para validar el producto final en referencia a la transmitancia térmica del mismo. Sin embargo, se recomienda realizar pruebas de laboratorio que permitan tener resultados exactos del comportamiento del producto para luego obtener alguna certificación de la calidad del mismo.

El problema de la calidad habitacional de la vivienda en la ciudad de El Alto es significativo y deben emerger alternativas de solución, por tanto, se recomienda implementar el Eco-panel en un caso real, de tal forma se pueda realizar el monitoreo y medición de temperaturas internas de los espacios en la vivienda y contrastar los resultados tanto en casos con y sin aislamiento térmico, y también poder apreciar y conocer la percepción de los usuarios del producto obtenido desde un punto de vista estético arquitectónico.

Finalmente, una vez realizada las pruebas de laboratorio del Eco-panel y conseguir las certificaciones de calidad correspondiente, se recomienda a la Universidad Pública de El Alto – UPEA vía la unidad que corresponde gestionar un financiamiento y/o realizar convenios con instituciones del Estado u otras para poder fabricar de forma masiva el producto generado, de tal forma se pueda implementar el mismo en diferentes instancias, como por ejemplo en la vivienda social, vía la Agencia Estatal de Vivienda, que viene a ser una política de Estado que favorece a

las familias más vulnerables de nuestro país. En ese sentido, la UPEA como institución pública cumple con la misión de poder generar conocimiento nuevo en beneficio de la población y puede aportar para mejorar el confort térmico de los espacios en la vivienda del Altiplano y mejorar la calidad de vida de una parte de nuestra población.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, F. (2011). La tipología departamento y la construcción del habitar moderno. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*.
- Ballén Zamora, S. A. (2009). VIVIENDA SOCIAL EN ALTURA: ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN EN BOGOTÁ. *Revista INVI*, 24(67), 95–124. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582009000300004>
- Bonomo, U. (2009). *Las dimensiones de la vivienda moderna*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cutruneo, J. P. (2012). *Hacia el edificio de renta. La transformación de la vivienda en altura en manos de los arquitectos*. 152–161.
- Ferrada, M. (2013). Arquitectura de la Vivienda Colectiva en Chile. *Universidad de Chile*. <http://fauopina.uchilefau.cl/arquitectura-de-la-vivienda-colectiva-en-chile/>
- French, H. (2009). *Vivienda Colectiva paradigmática del siglo XX*. Editorial Gustavo Gili.
- Hernandez, J. (2011, February). *La piel de la nueva arquitectura está hecha de valores sostenibles*.
- Maciel, A. A., Ford, B., & Lamberts, R. (2007). Main influences on the design philosophy and knowledge basis to bioclimatic integration into architectural design—The example of best practices. *Building and Environment*, 42(10), 3762–3773. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.041>
- Morales, E., Alonso, R., & Cruz, E. (2012). La vivienda como proceso. Estrategias de flexibilidad. *Habitat y Sociedad*, N 4, 33–54. www.habitatsociedad.us.es
- Moya, L. (2007). *La vivienda social en europa*.
- Pennacchio, R., Savio, L., Bosia, D., Thiebat, F., Piccablotto, G., Patrucco, A., & Fantucci, S. (2017). Fitness: Sheep-wool and Hemp Sustainable Insulation Panels. *Energy Procedia*, 111, 287–297. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.030>
- Sallago, B. (2014). *Parametrizar el campo de relaciones en la vivienda colectiva contemporánea a través de una herramienta concebida desde el proyecto arquitectónico* (Vol. 16). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Schittich, C. (2005). *Vivienda y densidad: Conceptos, diseño, construcción*. Birkhäuser. <https://books.google.cl/books?id=RYPTAAAQBAJ>
- Serrano, C. D. (2012). *Ciudad y vivienda colectiva republicana en el Perú*. (V. López (ed.); Primera Ed).

- Serrano, J. (2002). Latinoamérica: Hambre de Vivienda. *Revista Invi*, 17, 58–69.
- Torroja, F. E. (2013). *Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción. Vivienda: pasado, presente y futuro* (V. Azorín, P. Cassinello, N. Casinello, & A. Sortí (eds.); p. 196). Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Wegertseder, P. (2014). *INTEGRACIÓN DE CRITERIOS DE DESEMPEÑOS EN EL MEJORAMIENTO ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE VIVIENDAS EXISTENTES. Diagnóstico y análisis multifactorial en viviendas sociales del centro-sur de Chile*. Universidad del Bío - Bío.

WEBGRAFÍA

- Alvarez, F. (2014). La Construcción de la Vivienda en Altura en Buenos Aires. En busca de la Flexibilidad. *Época Revista Argentina de Economía Política*, 2(2), 15–59. http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/14892/108-113_Fernando_Alvarez_de_Toledo_.pdf?sequence=1
- Ballén, S. (2007). *Vivienda social en altura Tipologías urbanas y directrices de producción en Bogotá*. http://www.facartes.unal.edu.co/otros/tesis_habitat/vivienda_social_altura.pdf
- Ballén, S. A. (2009). Vivienda social en altura: antecedentes y características. *Revista INVI*, Vol. 24, 95–124. http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/mercado_vivienda/Vivienda_Social_Altura-Ballen_Sergio-2009.pdf
- Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Pontificia Universidad Católica. https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CEIQFjAD&url=http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20070212164420&hdd_nom_archivo=Guía_DEEVS_Web.pdf&ei=HuabUbOoHpSY8gTshYCAAQ&usq=AFQjCNGgIVpf8vgCvSmUf8XQ
- Dénes, O., Florea, I., & Manea, D. L. (2019). Utilization of Sheep Wool as a Building Material. *Procedia Manufacturing*, 32, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.208>
- Erkmen, J., Yavuz, H. I., Kavci, E., & Sari, M. (2020). A new environmentally friendly insulating material designed from natural materials. *Construction and Building Materials*, 255, 119357. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119357>
- Escala, R. 218. (2010). *Diagnóstico Viviendas Colectivas*. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-59086/revista-escala-n%25c2%25ba217-diagnostico-viviendas-colectivas>
- Fundacion-Metrópolis. (2015). *Un Compromiso por el Desarrollo Sostenible del Territorio*. http://archive.ffue.org/PDF/ISOC_Fund_y_Edificio_reducido.pdf
- Gadea, E. (2010). *Uniformidad y diversidad en la Vivienda Colectiva del siglo XX*. <http://vetarquitectura.tripod.com/Proyectos/textos/diversidad.pdf>
- Garcia, E. (2009). “*Las Aportaciones Proyectuales de los Conjuntos Habitacionales Modernos en las Ciudades de América Latina : 1950-65*.”
- Guna, V., Yadav, C., Maithri, B. R., Ilangovan, M., Touchaleaume, F., Saulnier, B., Grohens, Y., & Reddy, N. (2021). Wool and coir fiber reinforced gypsum

- ceiling tiles with enhanced stability and acoustic and thermal resistance. *Journal of Building Engineering*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102433>
- INE, I. N. de E. (2019). *Encuesta integrada de hogares 2016- 2017*. https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_30012020ad314_3hogarine.pdf
- Pizarro, A. (2020). *ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LANA DE OVEJA COMO AISLANTE EN CHILE* [Universidad Técnica Federico Santa María]. <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/49811/3560901069045UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pons, A. P. (2013). *Analizando la construcción*. Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica. <https://books.google.cl/books?id=s97OBAAQBAJ>
- Quintana, I. (2010). El Edificio Alto de los Pinos : una aproximación al espacio doméstico en Salmona desde el límite de la vivienda colectiva. *Dearquitectura*. <http://ezproxy.uniandes.edu.co:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat00683a&AN=udla.470165&lang=es&site=eds-live&scope=site%5Cnhttp://dearquitectura.uniandes.edu.co/fascicles/2010/el-espacio-dom-stico>
- Rivera, O. (2011). *Procesos de participación: proyectar, construir y habitar la vivienda contemporánea* [Univresitat Ramon Llull]. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/22702>
- Rivero, V. (2016). Análisis medioambiental de los aislamientos térmicos en la construcción [Universidade da Coruña]. In *Universidade da Coruña*. <http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17490>
- Rosas, A. (2016). La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible [Universidad Politécnica de Catalunya]. In *Universidad Politecnica de Catalunya*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84043/memoria_Y3698583J_1454367601159.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Solano, M. (2012). *Contextos Habitados. Del Movimiento Moderno al Team 10* [Universidad de Granada]. <http://hera.ugr.es/tesisugr/2094035x.pdf>
- Streimikiene, D., Skulskis, V., Balezentis, T., & Agnusdei, G. P. (2020). Uncertain multi-criteria sustainability assessment of green building insulation materials. *Energy and Buildings*, 219, 110021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110021>
- Tiza, T. M., Singh, S. K., Kumar, L., Shettar, M. P., & Singh, S. P. (2021).

Assessing the potentials of Bamboo and sheep wool fiber as sustainable construction materials: A review. *Materials Today: Proceedings*.

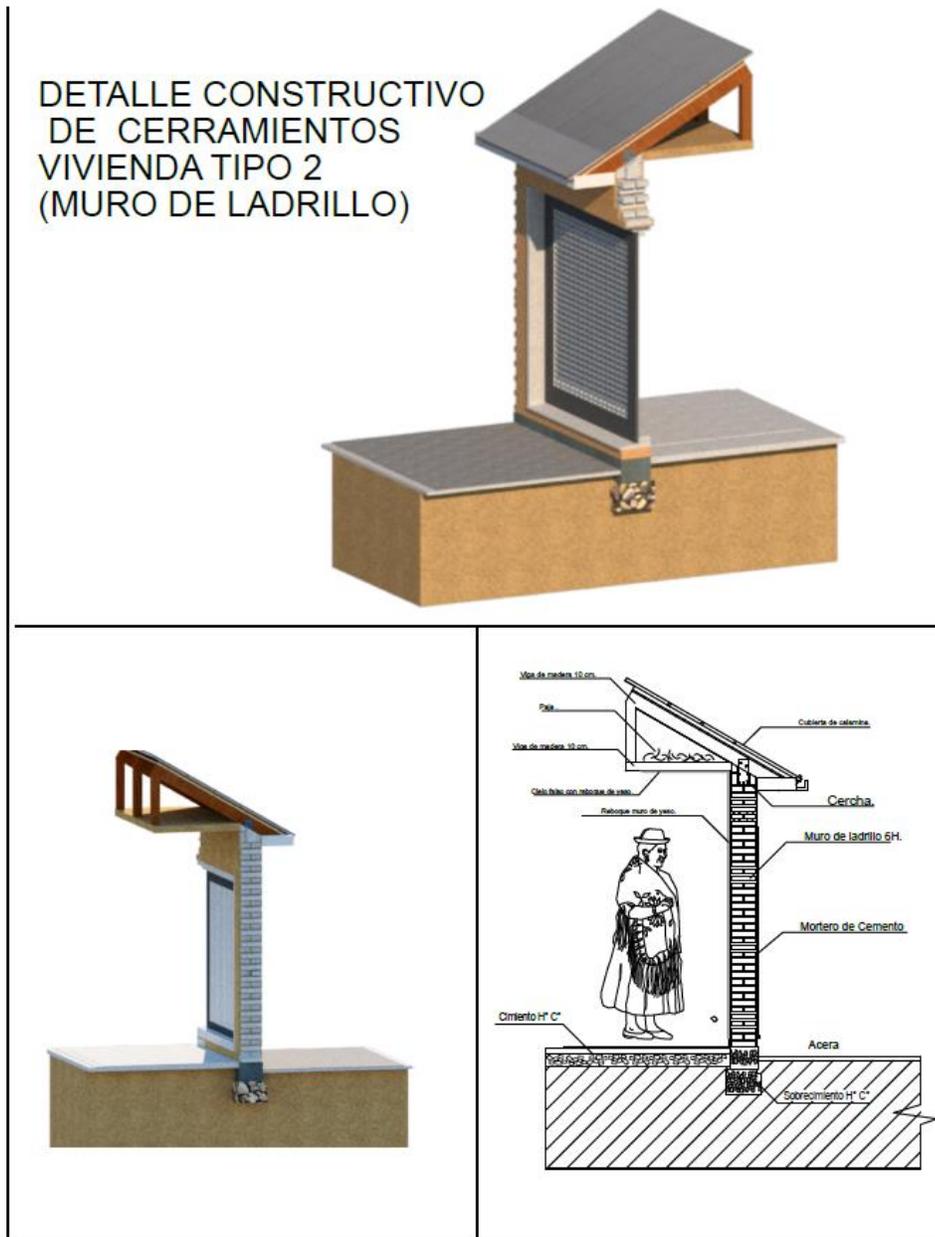
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.322>

Zanovello, L., & Cardose, B. (2019). Utilización de lana de oveja de bajo valor , como aislante térmico en la Patagonia , Argentina / Use of low value sheep wool as a thermal insulation in Patagonia. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 44(November), 49–57.

<https://www.researchgate.net/publication/338969289>

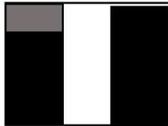
ANEXOS

Se puede mostrar las fichas según el sistema constructivo de las viviendas en la ciudad de El Alto, mismas que permiten realizar las simulaciones para determinar la conductividad térmica.

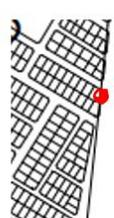


Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Parcial con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: Ladrillo con revoque de yeso Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche





Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Parcial con terraza	Media	Multifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: Ladrillo con revoque de yeso Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 20%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,20 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
Media baja	Día	Noche



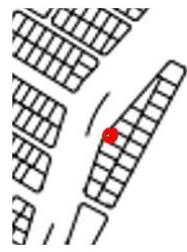


Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Media baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: ladrillo 6H. Cielo falso: estuco Piso: concreto	Losa
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción)
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche



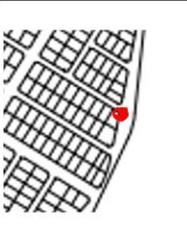


Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

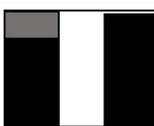
Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: Ladrillo 6H. Con revoque de yeso Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 25%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (cal)
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche

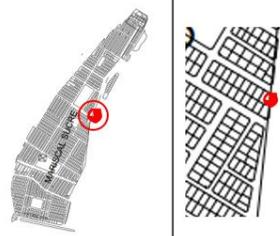




Fuente: Elaboración propia

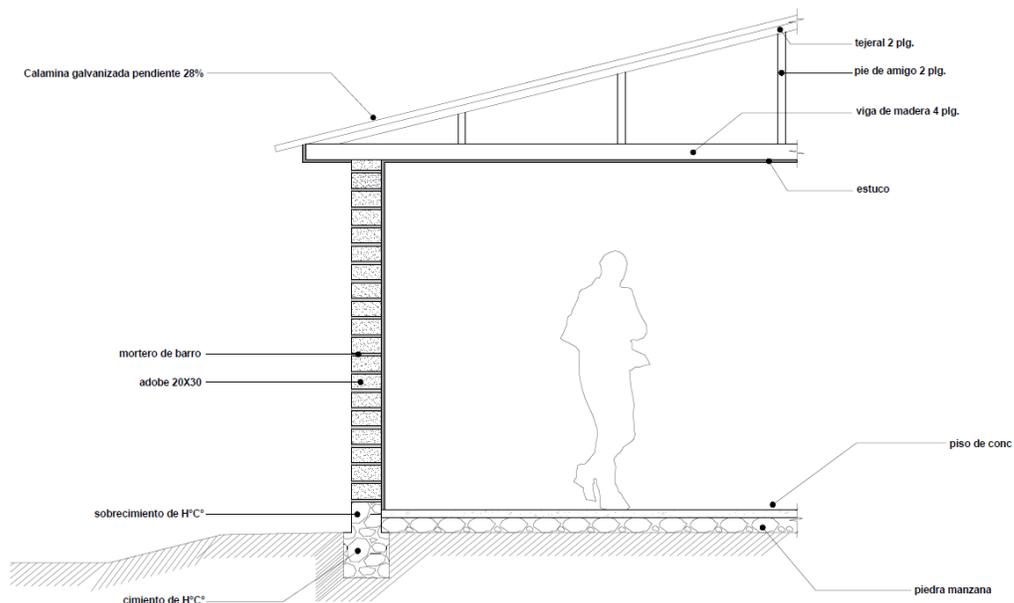
CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 2
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Parcial con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: Ladrillo 6H.	Muros: Ladrillo con revoque de yeso Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche

Fuente: Elaboración propia

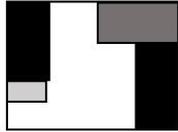
DETALLE CONSTRUCTIVO DE CERRAMIENTOS
VIVIENDA TIPO 1 (VIVIENDA DE ADOBE)



ESC. 1:25

Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 1
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

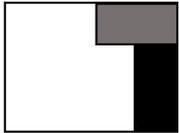
Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: adobe 20X30	Muros: estuco Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ○ Deposito ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche





Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 1
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: adobe 20X35	Muros: estuco Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,20 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche





Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 1
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: adobe 20X35	Muros: estuco Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche





Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 1
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: adobe 20X35	Muros: estuco Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción) 
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche



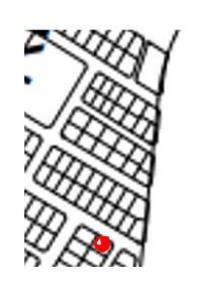


Fuente: Elaboración propia

CARACTERIZACIÓN DE VIVIENDAS TIPO 1
D-5 EL ALTO ZONA MARISCAL SUCRE

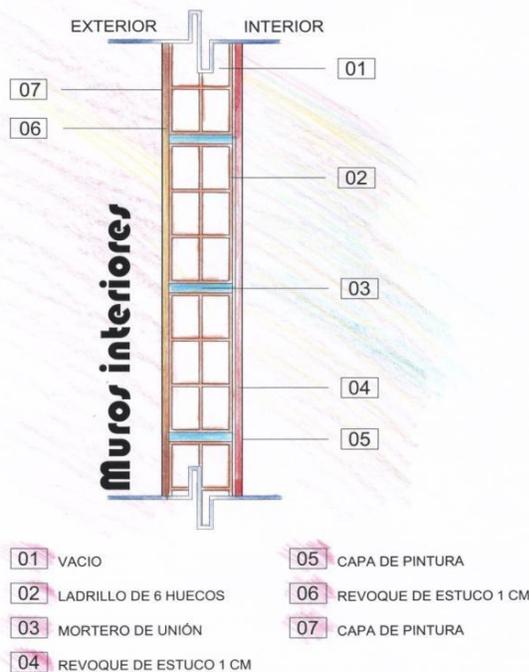
Tipología de vivienda		
Espacialmente	Por Densidad	Tipo de vivienda
Adosada con patio	Baja	Unifamiliar
Sistema constructivo		
Cerramientos	Acabados	Cubierta
Cerramientos verticales: adobe 20X35	Muros: estuco Cielo falso: estuco Piso: concreto	Calamina (pendientes 28%)
Forma, función y tecnología		
	<ul style="list-style-type: none"> ● Dormitorios (altura 2,30 m) ● Cocina Y Comedor 	Tecnología relacionado a la investigación (calefacción)
Otros		
Estatus social	Temperatura del ambiente (dormitorios)	
baja	Día	Noche



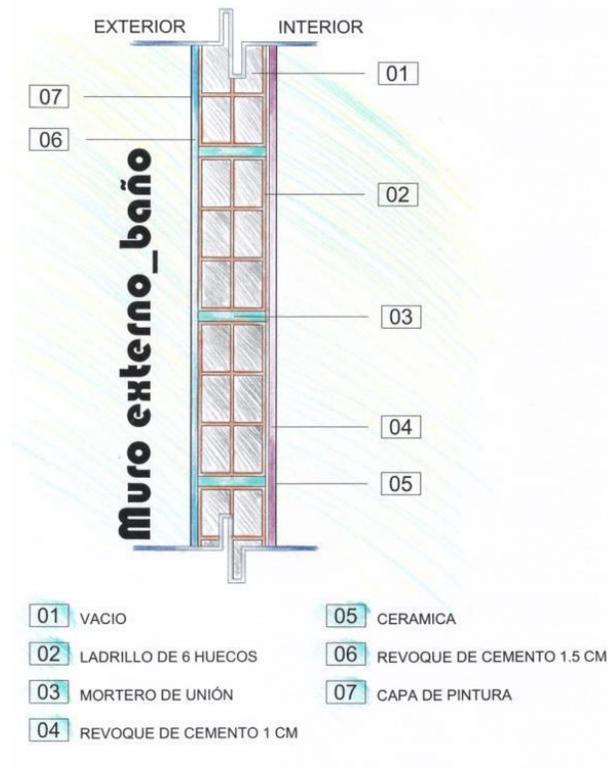


Fuente: Elaboración propia

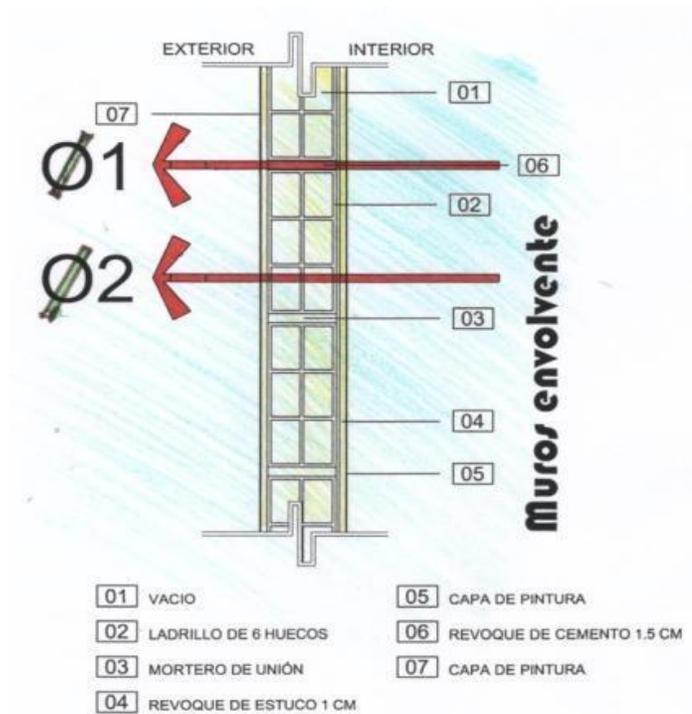
DETALLES CONSTRUCTIVOS



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración

propia