



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

SOSTENIBILIDAD EN LA VIVIENDA EMERGENTE, UNA  
PROPUESTA PARA LA REGIÓN ANDINA, CASO ECUADOR

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTOR: SANTIAGO SEBASTIAN LITUMA SAETAMA**

**DIRECTOR: Arq. MSc. JEFFERSON ELOY TORRES QUEZADA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2021**

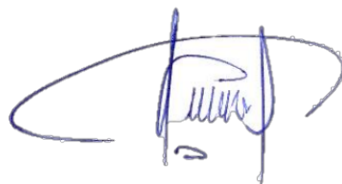
*Yo me gradué en  
los 50 años de La Cato!  
... y sostuve la Universidad*

## Declaración

Yo, **Santiago Sebastian Lituma Saetama**, con cédula de identidad 1401012263, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. Que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en la presente investigación.
2. Que trabajo es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, citas completas, ilustraciones, tablas, etc. sacadas de alguna publicación (en versión digital o impresa).  
Caso contrario, referencio en forma clara y exacta su origen o autor.
3. Que el trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.
4. Que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Católica de Cuenca.

Me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado y asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a la normas establecidas y vigentes de la UCACUE.



---

Santiago Sebastian Lituma Saetama

## Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: “*Sostenibilidad en la vivienda emergente, una propuesta para la Región Andina, caso Ecuador*” ha sido elaborado por el Sr. **Santiago Sebastian Lituma Saetama**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



---

Arq. MSc. Jefferson Eloy Torres Quezada

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo con especial cariño a mis padres, porque gracias a ellos y su constante apoyo he podido cumplir uno de mis sueños.

Dedico también a mi persona por todo el esfuerzo y compromiso que he mantenido desde el primer día de clases. Pero sobre todo deseo infinitamente dedicar este trabajo de titulación a mis abuelos paternos y maternos, aunque hoy no están conmigo y jamás los conocí a tres de ellos, sé que herede al menos una pequeña porción de su insaciable responsabilidad, compromiso fraterno y pasión por la vida.

## **Agradecimientos**

A mi padre y a mi madre quienes han forjado sus esfuerzos con pasión en mi educación.

A mi tutor de tesis: Arq. Jefferson Torres, quien ha dedicado tiempo y esfuerzos para dirigir este trabajo de titulación que en varios momentos gracias a mi inconsciente ha tratado de concebir otros caminos.

A todo el personal de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Cuenca, en especial quiero dar las gracias a todos los maestros que me han enseñado y preparado para mi vida profesional.

## Resumen

Ante los constantes desastres naturales a nivel mundial, y de manera específica en Ecuador como derrumbes, terremotos, deslizamientos, inundaciones, el presente trabajo aborda el estudio de una vivienda emergente en la región Andina de este país, cuya temperatura promedio anual es de 16°C. El diseño propuesto contextualiza las necesidades espaciales de los damnificados y los requerimientos de confort térmico interior a través estrategias pasivas.

Después del análisis realizado el autor postula que: la captación solar directa (ventanas) e indirecta (masa térmica), más un adecuado aislamiento térmico, y utilizando el principio de compactidad, posibilitan eficazmente el confort térmico interior de una vivienda emplazada en los Andes del Ecuador.

Usando estas peculiaridades se ha diseñado una vivienda de 53.58m<sup>2</sup> dividida en dos espacios habitables que albergarán a dos familias, quedando una vivienda orientada hacia el este y otra al oeste para aprovechar la energía solar de la mañana y tarde, con lo cual se ha obtenido una temperatura promedio interior individual de 18.90°C y 20.62°C respectivamente; la configuración designada ha posibilitado al mismo tiempo una vivienda permanente para la etapa de desarrollo post-desastre adaptando los 53.58m<sup>2</sup> para una sola familia.

Así también, el uso de materiales de la zona (madera, adobe, carrizo) y materiales reciclados (tableros ecopak) configurados de una manera austera, a más de contribuir al confort térmico interior, han logrado que la embodied energy de la vivienda mantenga un consumo energético de apenas 213.69 MJ/m<sup>2</sup>.

*Palabras clave:* Región Andina del Ecuador, vivienda emergente, confort térmico interior, huella ecológica, prefabricación

## Abstract

In the face of constant natural disasters worldwide, and specifically in Ecuador, such as landslides, earthquakes, landslides, floods, this paper deals with the study of emerging housing in the Andean region of this country, whose average annual temperature is 16° C. The proposed design contextualizes the spatial needs of the victims and the requirements of interior thermal comfort through passive strategies.

After the analysis made, the author postulates that direct solar capture (windows) and indirect solar capture (thermal mass), plus adequate thermal insulation, and using the principle of compactness, effectively enable the interior thermal comfort of a house located in the Andes of Ecuador.

Using these peculiarities, a 53.58m<sup>2</sup> house has been designed, divided into two living spaces that will house two families, with one house facing east and the other west to take advantage of the morning and afternoon solar energy, which has obtained an individual average interior temperature of 18.90°C and 20.62°C respectively; the designated configuration has also made it possible to have a permanent house for the post-disaster development stage, adapting the 53.58m<sup>2</sup> for a single-family.

Likewise, the use of local materials (wood, adobe, reeds) and recycled materials (ecopak panels) configured in an austere manner, in addition to contributing to the thermal comfort of the interior, have achieved that the embodied energy of the house maintains an energy consumption of only 213.69 MJ/m<sup>2</sup>.

*Keywords:* Ecuadorian Andean region, emerging housing, interior thermal comfort, ecological footprint, prefabrication

# Índice de Contenidos

Declaración	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Índice de Contenidos	VII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tablas	XI
Introducción	XII
Problemática	XIV
Objetivos	XV
Justificación	XVIII
Metodología	XXVII
<b>1. Antecedentes</b>	<b>1</b>
1.1. Desastres, el motivo de la vivienda emergente . . . . .	1
1.1.1. Catástrofe, vulnerabilidad y desastre . . . . .	3
1.1.2. Clasificación de los desastres . . . . .	5
1.2. Desastres en Ecuador . . . . .	5

---

1.3.	Desastres en la región andina ecuatoriana . . . . .	10
1.4.	La vivienda emergente como respuesta a los desastres . . . . .	12
1.4.1.	Contexto . . . . .	12
1.4.2.	Conceptualización de vivienda emergente . . . . .	16
1.4.3.	Referentes de Vivienda Emergente, configuración tecnológica y espacial . . . . .	17
1.4.4.	Soluciones precarias con buena acogida . . . . .	25
1.4.5.	Vivienda emergente, factores que permiten concebir una solución eficiente . . . . .	29
1.5.	La vivienda emergente en los andes del Ecuador . . . . .	30
1.5.1.	Región andina ecuatoriana: contexto . . . . .	30
1.5.2.	Caso referente, la fundación techo en los andes del Ecuador . . . . .	33
<b>2.</b>	<b>Modernidad, un aporte inherente para la vivienda emergente</b>	<b>38</b>
2.1.	El inicio de la modernidad . . . . .	38
2.2.	Arquitectura post guerra y la vivienda emergente . . . . .	39
2.2.1.	1941 refugio primitivo: Alvar Aalto . . . . .	40
2.2.2.	1943, Plas -2 points-house (Marcell Breu) . . . . .	41
2.2.3.	6 x 6 House (Jean Prouvé) . . . . .	42
2.2.4.	1948 Geodesic Dome. (R. Buckminster Fuller) . . . . .	44
2.3.	Prefabricación un concepto propio de la modernidad . . . . .	46
<b>3.</b>	<b>Arquitectura bioclimática: un complemento eficaz para una vivienda emergente sostenible</b>	<b>48</b>
3.1.	Sostenibilidad y arquitectura bioclimática . . . . .	48
3.2.	Arquitectura bioclimática, materiales, confort térmico y eficiencia energética	50
3.2.1.	Inercia térmica y aislamiento . . . . .	52
3.3.	Indicadores bioclimáticos en la práctica del confort y la eficiencia energética	56
3.4.	Orientación y captación solar para climas fríos . . . . .	58
3.5.	Vivienda emergente sostenible, caso referente . . . . .	61
<b>4.</b>	<b>Sostenibilidad, un preámbulo para abordar una vivienda emergente sostenible en los andes de Ecuador</b>	<b>64</b>
4.1.	Construcción sostenible . . . . .	64
4.1.1.	Sistemas constructivos sostenibles . . . . .	65
4.1.2.	Materialidad sostenible . . . . .	69

---

---

<b>5. Propuesta</b>	<b>75</b>
5.1. Metodología . . . . .	75
5.2. Definición del espacio de emplazamiento . . . . .	75
5.3. Un lugar para abordar la propuesta . . . . .	76
5.4. Programa arquitectónico . . . . .	77
5.4.1. Análisis dimensional necesario según actividad . . . . .	78
5.4.2. Programa arquitectónico para la vivienda emergente propuesta en los andes del Ecuador . . . . .	80
5.5. Diseño . . . . .	81
5.5.1. Estrategia de diseño . . . . .	81
5.5.2. Estrategia tecnológica: sistema constructivo . . . . .	83
5.5.3. Estrategia bioclimática . . . . .	100
5.5.4. Representación del diseño . . . . .	101
5.5.5. Adaptaciones del prototipo . . . . .	107
5.6. Resultados energéticos térmicos . . . . .	108
5.6.1. Resultados energéticos de la zona 1 (vivienda orientada al este) . . . . .	109
5.6.2. Resultados energéticos de la zona 2 . . . . .	110
5.7. Resultados de huella ecológica . . . . .	111
5.8. Beneficios por coste . . . . .	115
<b>6. Conclusiones</b> . . . . .	<b>117</b>
<b>7. Recomendaciones</b> . . . . .	<b>119</b>
<b>8. Referencias bibliográficas</b>	<b>133</b>
Referencias . . . . .	133
<b>9. Anexo</b>	<b>144</b>
6.1. Análisis de precios unitarios (APU) . . . . .	145
6.2. Resultados del tiempo necesario para configurar la vivienda emergente de la propuesta de estudio . . . . .	154

## Lista de Figuras

- 1.1. Escala logarítmica de desastres en el mundo 1970-2010. Tomada de <http://www.numericaid.com/publicaciones/NumericaNotas/vol1/NIIDNotasDic2016911.pdf>. . . . . 1
- 1.2. Movimiento de las placas tectónicas en el mundo. Tomada de <https://okdiario.com/curiosidades/movimiento-placas-tectonicas-832036> . . . . . 2
- 1.3. A la izquierda asentamiento por terremoto de 6.7° en Hokkaido-Japón, a la derecha flujos piroclásticos por erupción del volcán de fuego en Guatemala el 18 de noviembre de 2018. Tomada de <https://www.perfil.com/noticias/internacional/en-fotos-los-mayores-desastres-naturales-ocurridosen>. . . . . 2
- 1.4. A la izquierda Incendio en California, a la derecha Incidente en la central nuclear de Chernóbil. Tomada de <https://www.perfil.com/noticias/internacional/en-fotos-los-mayores-desastres-naturales-ocurridos-en-2018>. . . . . 3
- 1.5. Viviendas en zonas vulnerables Quito-Ecuador. Tomada de <https://journals.openedition.org/bifea/5906> . . . . . 4
- 1.6. Conceptualización de desastre. Fuente: Autor . . . . . 4
- 1.7. Contexto geodinámico del Ecuador, situación entre la placa Nazca y Sudamericana. Tomada de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers/16-09/010022382.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers/16-09/010022382.pdf) . . . . . 6
- 1.8. Registros de gran impacto por eventos de tipo Hm y G Tomada de Vargas (2008). . . . . 7
- 1.9. Escala vertical logarítmica 1970-2007 de registros de menor impacto según eventos. Tomada de Vargas, 2008 . . . . . 7
- 1.10. Mapa de riesgos del Ecuador. Tomado de Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador por D´Ercole & Trujillo (2003). . . . . 9
- 1.11. Al izq. mapa de registros de evento Hm por cantones, a la derecha registro de pérdidas. Tomada de Vargas (2008) . . . . . 10
- 1.12. Registro de pérdidas multianual (1970-2006) por evento Hm. Tomada de Vargas (2008) . . . . . 10

1.13. Cronología de desastres por erupciones volcánicas en la región Andina ecuatoriana. Figura elaborada con datos tomados de D’Ercole, Hardy, Robert, Metzger (2009) . . . . .	12
1.14. Campo de refugiados de Za’atari, Jordania. Diciembre de 2012. Tomada de <a href="https://www.flickr.com/photos/101268966@N04/10019055364/in/photos_tream/">https://www.flickr.com/photos/101268966@N04/10019055364/in/photos_tream/</a> . . . . .	13
1.15. Cmax System un refugio móvil para desastres naturales. Tomada de <a href="https://www.primerahora.com/noticias/ciencia-tecnologia/notas/un-refugio-movil-para-desastres-naturales-video/">https://www.primera hora .com/ noticias /ciencia -tecnologia /notas /un- refugio -movil -para -desastres- naturales -video/</a> . . . . .	14
1.16. A la izquierda Iglús de poliuretano en Turquía 1970-1975, a la derecha Iglús de poliuretano en el campamento “El Coyotepe” en Nicaragua tras el terremoto de 1972. Tomada de Ian Davis (1978) . . . . .	16
1.17. Suministro del prototipo Life Box. Tomada de <a href="https://revistacodigo.com/sin-categoria/5disenos-para-desastres-naturales/">https://revistacodigo.com/sin-categoria/5disenos-para-desastres-naturales/</a> . . . . .	17
1.18. Solución holística de Life Box, abajo la presentación Life Box air. Tomada de <a href="https://ifworlddesignguide.com/entry/144539-life-box">https://ifworlddesignguide.com/entry/144539-life-box</a> . . . . .	18
1.19. Exo Reaction Housing System, arriba suministro y transporte, abajo soluciones espaciales. Tomada de <a href="https://inhabitat.com/reaction-housing-system-a-rapid-response-flat-pak-emergency-shelter-exo-reaction-housing-system-easy-emergency-shelter-30">https://inhabitat.com/reaction-housing-system-a-rapid-response-flat-pak-emergency-shelter-exo-reaction-housing-system-easy-emergency-shelter-30</a> . . . . .	18
1.20. Prototipo Exo, solución espacial. Tomada de <a href="https://www.thecolector.com/exo-shelter/">https://www.thecolector.com/exo-shelter/</a> . . . . .	19
1.21. Maisons a Portiques, vivienda emergente prefabricada con perfiles de acero y paneles de chapa de aluminio en un sistema modular de 1 metro con un surtido repertorio de posibilidades para puertas y ventanas. Tomada de <a href="https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/jean-prouve-pre-industrializacion-en-los-anos-50">https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/jean-prouve-pre-industrializacion-en-los-anos-50</a> . . . . .	19
1.22. A la izquierda asentamiento temporal del terremoto de 1906, a la derecha sistema de transporte utilizado. Tomado de <a href="https://tinyhouse.design.com/concrete-canvas">https://tiny house design.com concrete-canvas</a> . . . . .	21
1.23. Better shelter, vivienda temporal (emergencia y recuperación) para refugiados. Tomado de <a href="https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ikea-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/">https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ikea-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/</a> . . . . .	22
1.24. Better shelter, vivienda temporal para refugiados. Tomado de <a href="https://www.marketingdirecto.com/anunciantes-general/anunciantes/better-shelter-refugio-innovador-social-ikea-premiado-mejor-diseno-2016">https://www.marketingdirecto.com/anunciantes-general/anunciantes/better-shelter-refugio-innovador-social-ikea-premiado-mejor-diseno-2016</a> . . . . .	22
1.25. Vivienda emergente la VEM. Tomado de <a href="http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/">http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/</a> . . . . .	23

1.26. Prototipo la VEM, arriba planta, abajo secciones verticales longitudinal y transversal. Tomado de <a href="http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/">http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/</a> . . . . .	23
1.27. Línea temporal de las viviendas emergentes analizadas . . . . .	24
1.28. Mediaguas en Chile construidas tras el terremoto de Tocopilla en 2010. Tomada de <a href="http://www.biobio.proyecta.cl/2010/05/06/las-mediaguas-estandar-de-viviendas-de-emergencia">http://www.biobio.proyecta.cl/2010/05/06/las-mediaguas-estandar-de-viviendas-de-emergencia</a> . . . . .	26
1.29. Planta arquitectónica. Tomada de <a href="https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones-constructiva-saplicadas">https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones-constructiva-saplicadas</a> . . . . .	26
1.30. Esquema colocación paneles de piso sobre estructura de piso. Tomada de <a href="https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones-constructivas-aplicadas">https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones-constructivas-aplicadas</a> . . . . .	27
1.31. A la izquierda asentamiento temporal del terremoto de 1906, a la derecha sistema de transporte utilizado. Tomado de <a href="https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614">https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614</a> . . . . .	27
1.32. A la izquierda propietaria posando en su vivienda, a la derecha viviendas conservadas en el Parque Presidio de San Francisco. Tomada de <a href="https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614">https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614</a> . . . . .	28
1.33. División geográfica y altitud de la región Andina ecuatoriana. Imagen elaborada con datos tomados de INAMHI (2019) . . . . .	31
1.34. Corte esquemático de la topografía de las regiones del Ecuador, al centro la región Andina representado por el volcán Chimborazo y Tungurahua, los picos más altos de la región. Tomada de <a href="https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf">https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf</a> . . . . .	32
1.35. Corte esquemático de la topografía de las regiones del Ecuador, al centro la región Andina representado por el volcán Chimborazo y Tungurahua, los picos más altos de la región. Tomada de <a href="https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf">https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf</a> . . . . .	32
1.36. Variación de temperatura anual y diaria. Tomada de Varela & Ron, 2020 . . . . .	33
1.37. A la derecha cimentación del prototipo, a la izquierda estructura de piso terminado. Tomada de Sandoval, 2013 . . . . .	34
1.38. Paneles prefabricados que componen la mampostería de la mediagua. Tomada de <a href="https://es.slideshare.net/catalinazl/manual-nuevo-de-mediagua-antigua1/4">https://es.slideshare.net/catalinazl/manual-nuevo-de-mediagua-antigua1/4</a> . . . . .	35
1.39. Viga maestra de la vivienda que usa la fundación Techo en los Andes del Ecuador. Tomada de Sandoval, 2013 . . . . .	35

- 
- 2.1. A la derecha Fuller con la maqueta del diseño, a la izquierda Dimaxion House emplazada. Tomada de <https://www.plataformarquitectura.cl/cl/02-288162/clasicos-de-arquitectura-la-casa-dymaxion-buckminster-fuller/51> . . . . . 39
- 2.2. A la derecha Dimaxion Dployment Unit, a la izquierda el interior. Tomada de <http://sebastiaankaal.nl/architecture/roundhouse-DDU/index.php?fno=9> 40
- 2.3. Refugio Primitivo, modelo transportable. Tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Transportavel\\_fig18\\_277159417](https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Transportavel_fig18_277159417) . . . . . 40
- 2.4. Refugio Primitivo, modelo movable. Tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Movel\\_fig19\\_277159417](https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Movel_fig19_277159417) . 41
- 2.5. Prototipo Plas-2- House proyectado por Marcell Breuer. Tomada de <https://likemyplace.wordpress.com/2014/02/12/looking-back-prefab-marcel-breuer-1942> . . . . . 41
- 2.6. 6 X 6 House de Jean Prouvé, configuración final y montaje. Tomada de <https://www.metalocus.es/es/noticias/jean-prouve-casa-desmontable-de-6x6m-1944600cm> . . . . . 42
- 2.7. 6 X 6 House de Jean Prouvé, planta arquitectónica. Tomada de <https://issuu.com/yurichamblas/docs/solucionesconstructivasaplicadas> . . . . . 43
- 2.8. 6 X 6 House de Jean Prouvé, esquema de ensamblado de paneles. Tomada de <https://issuu.com/yurichamblas/docs/solucionesconstructivasaplicadas> . 43
- 2.9. Geodesic Dome. Tomada de <https://www.pinterest.de/pin/8493514294564917> 44
- 2.10. Viviendas Manning Portable Colonial Cottage (cabaña colonial transportable). Tomada de <http://www.mimbrea.com/hablando-de-construccion-modular-primera-parte/> . . . . . 45
- 2.11. Modelos prefabricados, a. sistema de marcos; b. sistema de paneles; c. sistema de módulos. Tomada de Saffery & Balxas (2013) . . . . . 46
- 3.1. Ganancias y pérdidas de calor en el usuario. Tomada de <http://alternativa-renovable.blogspot.com/2016/12/confort-termico.html> . . . . . 50
- 3.2. Lugares aplicables de la masa térmica para una eficiente inercia térmica. Tomada de <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes> . . . . . 52
- 3.3. Comparación ilustrativa de aislamiento térmico. Tomada de [https://in.pinterest.com/pin/ampclientid=CLIENTIDmwebunau thid=default.session\\_simplified=true](https://in.pinterest.com/pin/ampclientid=CLIENTIDmwebunau thid=default.session_simplified=true) . . . . . 54

3.4. Lugares aplicables de la masa térmica para una eficiente inercia térmica. Tomada de <a href="https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes">https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes</a> . . . . .	55
3.5. Incidencia solar en función de la topografía. Tomada de Coch & Serra 1995	55
3.6. Diagrama psicométrico de Baruk Givoni. Tomada de <a href="http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm">http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm</a> . . . . .	57
3.7. Diagrama psicométrico de Baruk Givoni para la región Andina del Ecuador. Tomada de <a href="http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm">http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm</a> . . . . .	57
3.8. Incidencia solar en la tierra. Tomada de Coch & Serra 1995 . . . . .	59
3.9. Estereográfica solar para el Ecuador (latitud 0°), indica el curso solar y su incidencia directa de 6am-18pm para todos los meses del año. . . . .	59
3.10. Proporción de incidencia solar hacia el interior del edificio. . . . .	60
3.11. Proporción de incidencia solar hacia el interior del edificio. . . . .	61
3.12. Comportamiento de las partículas de aire caliente y frío en función de la altura del edificio. . . . .	61
3.13. Paper Log House, vivienda emergente sostenible. Tomada de <a href="https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban">https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban</a> . . . . .	62
3.14. Viviendas Manning Portable Colonial Cottage (cabaña colonial transportable). Tomada de <a href="https://www.flickr.com/photos/nachetz/6075942304/in/photos_tream/">https://www.flickr.com/photos/nachetz/6075942304/in/photos_tream/</a> . . . . .	63
4.1. Ciclo de vida abiertos VS ciclo de vida cerrada. Tomada de <a href="http://informesde.laconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesde.laconstruccion/article/view/806/892">http://informesde.laconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesde.laconstruccion/article/view/806/892</a> . . . . .	64
4.2. Cimentación con sobre-cimiento y sobre nivel de suelo (20-40 cm). Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_work_card=title">https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_work_card=title</a> . . . . .	66
4.3. Dos tipos de montaje de muros de adobe. Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_workcard=title">https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_workcard=title</a> . . . . .	66
4.4. Arriba dintel de vanos en casa de adobe, abajo a la izquierda la cubierta. Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable_emailworkcard=title">https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable_emailworkcard=title</a> . . . . .	67

4.5. Construcción de muros de tapial Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis-de-la-arquitectura-vern%C3%A1cula-del-Ecuador-Propuestas-de-una-arquitectura-contempor%C3%A1nea-sustentable">https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable</a> email work card= title . . . . .	67
4.6. Cimentación terminada. Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis-de-la-arquitectura-vern%C3%A1cula-del-Ecuador-Propuestas-de-una-arquitectura-contempor%C3%A1nea-sustentable">https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable</a> email work card= title . . . . .	68
4.7. Ensamblajes para una vivienda de bahareque. Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis-de-la-arquitectura-vern%C3%A1cula-del-Ecuador-Propuestas-de-una-arquitectura-contempor%C3%A1nea-sustentable">https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable</a> email work card =title . . . . .	68
4.8. A la derecha montaje de paredes, a la izquierda muro de bahareque sin revoque. Tomada de <a href="https://www.academia.edu/29898709/Análisis-de-la-arquitectura-vern%C3%A1cula-del-Ecuador-Propuestas-de-una-arquitectura-contempor%C3%A1nea-sustentable">https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable</a> . . . . .	69
4.9. A la izquierda amoldamiento de los adobes, a la derecha su proceso de secado. Tomada de Tomasi & Bellmann, 2019 . . . . .	70
4.10. Presentación de los productos de madera. Tomada de <a href="https://edimca.com.ec/">https://edimca.com.ec/</a> . . . . .	70
4.11. A la izquierda obtención de lana animal, a la derecha la lana como material aislante. Tomada de <a href="https://ecoemas.com/aislamientos-naturales-lana-de-oveja/">https://ecoemas.com/aislamientos-naturales-lana-de-oveja/</a> . . . . .	71
4.12. Fases del ciclo de vida de un material. Tomada de <a href="https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13759/Borsani%2c%20Mar%c3%ada%20Silvia.pdf;sequence=1&amp;">https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13759/Borsani%2c%20Mar%c3%ada%20Silvia.pdf;sequence=1&amp;</a> . . . . .	72
4.13. Propuesta de construcción modular en base a un ciclo de vida cerrado de sus componentes. Tomada de <a href="http://informes.de.la.construccion.revistas.csic.es/index.php/informes-de-la-construccion/article/view/806/892">http://informes.de.la.construccion.revistas.csic.es/index.php/informes de la construccion /article /view /806 /892</a> . . . . .	73
4.14. Tableros fabricados por la empresa Ecuaplastic. Tomada de Ecuaplastic . . . . .	73
5.1. Tableros fabricados por la empresa Ecuaplastic. Tomada de Ecuaplastic . . . . .	77
5.2. Dimensiones necesarias para el área de trabajo y mesa de trabajo en la cocina. Tomada de Fonseca (1994) . . . . .	78
5.3. Dimensiones de estufa y tarjas o fregadero de cocina. Tomada de Fonseca (1994) . . . . .	78
5.4. Dimensiones necesarias para las actividades durante la comida. Tomada de Fonseca (1994) . . . . .	79
5.5. Espacio necesario para dormir. Tomada de Fonseca (1994) . . . . .	80

---

5.6. Disposición del tablero tetrapak (1.22x2.44) como estrategia del dimensionamiento de la vivienda emergente propuesta en los Andes del Ecuador. . . . .	82
5.7. Cimentación para prototipo planteado . . . . .	84
5.8. Configuración De la viga Allpa solera. . . . .	86
5.9. Representación de viga Allpa solera y solera para la solución de entramado. . . . .	87
5.10. Definición para voladizo de entramados. Tomada de <a href="https://www.nachi.org/deck-inspections.htm">https://www.nachi.org/deck-inspections.htm</a> . . . . .	87
5.11. Destajes pertinentes en piezas sólidas de madera. Tomada de <a href="https://www.nachi.org/deck-inspections.htm">https://www.nachi.org/deck-inspections.htm</a> . . . . .	88
5.12. Configuración constructiva del entramado para forjado. . . . .	88
5.13. Configuración en planta de un módulo para el entramado de forjado. . . . .	89
5.14. Manejo de tableros para la configuración de los paneles. . . . .	90
5.15. Especificaciones técnicas de la configuración del panel con sección de 60cm. . . . .	91
5.16. Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 60cm. . . . .	92
5.17. Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 80cm. . . . .	93
5.18. Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 80cm. . . . .	94
5.19. Disposición de fachadas este-oeste. . . . .	95
5.20. Configuración de hiladas para muro de adobe. . . . .	95
5.21. Muro de adobe, sistema de anclaje y confinamiento. . . . .	96
5.22. Detalle de muro de carrizo. . . . .	96
5.23. Configuración de muro de carrizo. . . . .	97
5.24. Unión de la mampostería de carrizo con la mampostería exterior. . . . .	98
5.25. Especificaciones técnicas de ventana. . . . .	99
5.26. Especificaciones técnicas de puerta. . . . .	100
5.27. Tablero poli-aluminio tipo plana para cubierta. Tomada de ECUAPLASTIC (2020) . . . . .	101
5.28. Traslapo lateral y distancia entres correas pertinentes según ECUAPLASTIC. Tomada de ECUAPLASTIC (2020) . . . . .	101
5.29. Axonometría de la configuración de la cubierta para la propuesta de estudio . . . . .	102
5.30. Sección transversal de la cubierta en sentido este oeste para la propuesta de estudio. . . . .	103

---

5.31. Detalles para la configuración de la cubierta de estudio. . . . .	103
5.32. Detalles para la configuración de la cubierta de estudio. . . . .	104
5.33. Media sección transversal de la cubierta en sentido norte-sur para la propuesta de estudio. . . . .	104
5.34. Detalles para la configuración de la cubierta de estudio. . . . .	105
5.35. Captación solar directa, indirecta y paneles sándwich con cámara de aire. .	105
5.36. Captación solar directa, indirecta y paneles sándwich con cámara de aire. .	106
5.37. Planta arquitectónica, configuración de las fachadas norte y sur. . . . .	121
5.38. Iluminación interior de la propuesta de estudio mediante las fachadas este-oeste. . . . .	122
5.39. Iluminación interior de la propuesta de estudio mediante las fachadas este-oeste. . . . .	123
5.40. Elevación este-oeste. . . . .	124
5.41. Elevación norte-sur. . . . .	124
5.42. Corte A-A. . . . .	124
5.43. Corte B-B. . . . .	125
5.44. Sección constructiva. . . . .	126
5.45. Perspectiva exterior, fachada del prototipo. . . . .	127
5.46. Perspectiva interior desde comedor. . . . .	127
5.47. Perspectiva interior, desde dormitorio. . . . .	128
5.48. Perspectiva interior, desde dormitorio. . . . .	128
5.49. Descomposición 3D del prototipo de estudio. . . . .	129
5.50. Vivienda emergente con zonas húmedas. . . . .	130
5.51. Vivienda emergente adaptada con espacios mínimos para una familia. . . .	131
5.52. Vivienda emergente con ampliación, modelo adaptado para una familia completa (4+). . . . .	132
5.53. Interfaz de DesignBuilder, configuración del sitio. Imagen tomada de DesignBuilder. . . . .	132
5.54. Temperaturas del aire interior y temperaturas del aire exterior de la zona 1 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder. . . . .	133

5.55. Flujos de calor de la zona 1 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder. . . . .	133
5.56. Temperatura del aire y flujos de calor de la zona 2 en un día. . . . .	133
5.57. Temperatura del aire interior y temperaturas del aire exterior de la zona 2 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder. . . . .	133
5.58. Flujos de calor de la zona 2 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder. . . . .	133
5.59. Temperatura del aire y flujos de calor de la zona 2 en un día. . . . .	134
5.60. Comparación del comportamiento térmico de la zona 1 vs la zona 2. . . . .	134
5.61. Comparación de costos por m2. . . . .	134

## Lista de Tablas

1.1. Registros de gran impacto según categoría . . . . .	6
1.2. Pérdidas por desastre, tipo Hm según regiones. . . . .	7
1.3. Dimensiones disponibles del prototipo Concrete Canvas Shelter. . . . .	20
1.4. Parámetros para una vivienda emergente . . . . .	30
3.1. Cuadro comparativo del consumo de la construcción con relación al resto de actividades . . . . .	48
3.2. Conductividad térmica de materiales típicos y su espesor recomendado. . .	53
3.3. Tabla de fluctuaciones de temperatura en relación al espesor del muro. . .	53
4.1. Propiedades de los productos ECOPAK . . . . .	74
5.1. Análisis dimensional para la cocina. . . . .	79
5.2. Análisis dimensional para el comedor . . . . .	79
5.3. Análisis dimensional para el dormitorio . . . . .	80
5.4. Programa arquitectónico para el prototipo planteado. . . . .	81
5.5. Especificaciones físicas del panel tipo sándwich. . . . .	90
5.6. Especificaciones de poli-aluminio para cubierta tipo plana . . . . .	97
5.7. Conductividad térmica de los materiales configurados en DB (DesignBuilder) para el modelado de la propuesta. . . . .	108
5.8. Especificaciones físicas del adobe . . . . .	113
5.9. Energía incorporada del adobe . . . . .	113
5.10. Especificaciones físicas de los tableros ecopak utilizados en el prototipo de vivienda emergente planteada. . . . .	113
5.11. Energía incorporada total de producto utilizado para la elaboración de la vivienda emergente planteada. . . . .	114

---

5.12. Especificaciones físicas de los productos utilizados en el prototipo de vivienda emergente planteada. . . . .	115
5.13. Energía incorporada total de la madera utilizada para la elaboración del prototipo planteado . . . . .	115
5.14. Análisis de presupuesto . . . . .	116
5.15. Comparación de costos por m <sup>2</sup> . . . . .	116
9.1. APU de cimentación . . . . .	145
9.2. APU de piso de TETRA PAK 2.44 x 1.22 m e=1cm (Incluye entramado de madera de pino) . . . . .	146
9.3. APU de Muro de carrizo Ø=2cm, suministro e instalación . . . . .	147
9.4. APU de mampostería con panel sándwich polialuminio+triplex e= 9cm, suministro e instalación . . . . .	148
9.5. APU de mampostería con panel sándwich triplex+triplex e=9cm, suministro e instalación . . . . .	149
9.6. APU de ventana de madera . . . . .	150
9.7. APU de puerta tamborada sin lacar 0.80m suministro e instalación . . . . .	151
9.8. APU de entechado poli-aluminio tipo plana e=5mm (incluye estructura de madera con tablón de pino) . . . . .	152
9.9. APU de muro de adobe e=20cm . . . . .	153
9.10. Tiempo estimado de ejecución para cada rubro . . . . .	154

## Introducción

El presente documento presenta el trabajo de titulación de la carrera de Arquitectura y Urbanismo para la obtención del título de arquitecto, con el tema: SOSTENIBILIDAD EN LA VIVIENDA EMERGENTE, una propuesta para la Región Andina, caso Ecuador, es una investigación aplicada dentro de las ciencias exactas naturales y tecnológicas que se enfoca básicamente al diseño arquitectónico, como resultado del estudio planteado.

La región andina del Ecuador se extiende de norte a sur por los andes, ubicada en el centro del Ecuador con 11 provincias: Loja, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Sto. Domingo de los Tsáchilas, Pichincha, Imbabura, Carchi. La mayor parte de las zonas urbanas se encuentran entre los 2000-3000 msnm (INAMHI, 2017). Su temperatura promedio es de 16°C, con una precipitación anual que varía entre los 800-1200 mm. Vivir en estas condiciones climáticas amerita una vivienda eficiente en confort térmico interior, pues solo así se ha de garantizar el bienestar del usuario.

En la región Andina del Ecuador los desastres naturales y los accidentes por acciones antrópicas es un tema evidente, más aún con toda la cadena de volcanes que la conforma. En consecuencia muchas familias se han quedado sin hogar, teniendo que cobijarse en alojamientos temporales brindados por el estado ecuatoriano, sufriendo todas las incomodidades e inclemencias del tiempo.

La vivienda emergente nace para brindar apoyo a personas damnificadas por estos desastres. Existen numerosas instituciones sin fines de lucro que se han centrado en esta problemática, como lo es Techo Ecuador. Esta entidad utiliza una sola tipología como modelo estandarizado para cualquier zona climática del Ecuador. Esta tipología prioriza los materiales ligeros en su construcción, lo que asegura una construcción rápida y económica, sin embargo, estos materiales no son aptos para todos los climas del Ecuador. Por ejemplo, estos materiales emplazados en la región andina no son correspondientes a sus características climáticas, en consecuencia no garantizan confort interior.

Lograr viviendas aptas para esta región, sin duda alguna es posible hacerlo con sistemas constructivos complejos; no obstante, los materiales que estos emplean son costosos, demandan un alto consumo energético, aumentando la contaminación ambiental. Lo que se busca es conseguir un prototipo de vivienda emergente que asegure el confort térmico del usuario y a su vez no tenga un gran impacto en la huella ecológica de la vivienda. Es por esto que se fusiona 3 conceptos básicos: Vivienda emergente como eje de la investigación, arquitectura bioclimática y arquitectura moderna, este último para brindarle un estilo al diseño y una identidad arquitectónica.

---

El estudio de este trabajo se realizará mediante revisión bibliográfica para entender: conceptos, temas y teorías; el contexto (región andina); casos similares; sistemas constructivos, y el uso de programas digitales para el diseño y análisis de la eficiencia energética mediante simulaciones. Con este estudio se obtendrán los resultados, de esta manera se concluye con las medidas o acciones que se deba aplicar, evitar o implementar según sea el caso.

## Problemática

La vivienda emergente nace en respuesta a los desastres naturales o desastres por acciones antrópicas, cobijando a la población damnificada que ha perdido su hogar. Situaciones como estas es imposible evitarlas, pero se puede estar prevenido y hacer que las afecciones sean tolerables y manejables. Aparentemente ante la pérdida de un hogar lo más importante es tener uno nuevo, sin embargo los espacios suelen ser reducidos, incómodos y principalmente no responden adecuadamente a las condiciones climáticas del lugar donde se emplazan.

Entonces aunque estas propuestas dan solución a un problema espacial, el autor se pregunta si se tiene consideraciones del lugar donde se emplazan. Cada una de las regiones del Ecuador posee características físicas y meteorológicas diferentes, entonces a más de dar cobijo sería importante considerar el confort interior de la vivienda, al ser una respuesta inmediata resultan siendo modelos ecuanímenes.

La región Andina (caso de estudio), en términos generales, presenta un clima frío, las ciudades de esta región tienen una temperatura promedio anual que varía entre los 14 y 16°C aproximadamente, como es el caso de la ciudad de Cuenca con 16 °C o Quito con 13.9 °C, o Riobamba con 14 °C, o Ambato con 14.6 °C, además, otro factor que caracteriza esta región son las precipitaciones que varían entre los 800-1200 mm (INAMHI, 2017). Con estas características climáticas amerita una vivienda que prometa confort térmico interior, el cual depende de 4 parámetros ambientales: temperatura del aire, efecto radiante, humedad y velocidad del aire (Serra Florensa y Coch Roura, 1995), entonces considerar dotar una vivienda en la región Andina del Ecuador como respuesta a una situación de emergencia post-desastre, ineludiblemente necesita que su enfoque principal sea el confort interior, de esta manera se estaría prestando una solución eficiente.

Otro aspecto importante es el uso de materiales inapropiados en cada zona climática, esto repercute en la aplicación de sistemas activos causando mayor consumo energético, y mayor emisión de CO<sub>2</sub>. El uso de materiales importados también produce CO<sub>2</sub> en escalas aún más significativas en consecuencia del proceso que esta amerita. Como resultado la huella ecológica queda bien marcada, el sector de la construcción representa el 39% de Co<sub>2</sub> emitido a la atmósfera (Pico Gorina, 2017).

Una ciudad, un pueblo, un asentamiento que sufre daños consecuentes de una catástrofe, lo enfrenta con acciones emergentes, una de ellas es la vivienda emergente, esta se constituye por la organización de módulos, y por lo general usan: madera, bambú, materiales reciclados, zinc, entre otros, por la versatilidad y rapidez de construcción que presentan. La fundación “Hogar de Cristo” por ejemplo emplea caña de bambú como material principal (Hogar de Cristo, 2019), Techo Ecuador otra organización que plantea soluciones

---

de vivienda emergente, usa la madera para su construcción, el prototipo usa pilotes de 10x10x105 cm para la cimentación y paneles MDP de 8 cm de espesor para confinar las paredes (Sandoval, 2013). Cabe recalcar que la materialidad de este modelo se utiliza para todas las regiones del Ecuador (V. Vintimilla, comunicación personal, 19 de junio de 2019).

Ahora bien, la inercia térmica es la energía necesaria para aumentar la temperatura de un material en función de su peso y su calor específico, es decir, es la capacidad que tiene un cuerpo para absorber y descargar la energía calórica indirectamente en función del tiempo (Bunyesc Palacín, 2017).

Sin embargo, el hecho que pueda retener calor no garantiza un confort térmico estable, las variaciones constantes de temperatura exterior, pone en juego la conductividad (Bunyesc Palacín, 2017)), un factor importante dentro del aislamiento térmico, por lo tanto, si un material posee baja conductividad térmica, evita que el frío o calor cambien los grados interiores de la vivienda. La madera tiene una conductividad de 0.04W/mK y un calor específico de 2500 J/KgK ((Bunyesc Palacín, 2017), lo que lo convierte en un buen aislante térmico, sin embargo el espesor que actualmente se usa en los prototipos de vivienda emergente, no garantiza inercia térmica. Por ende construir una vivienda con madera en los Andes no asegura condiciones ambientales de confort.

### Objetivo General

Proponer un prototipo de vivienda modular que podría ser utilizado para los sectores emergentes en la región Andina del Ecuador, que considere las condiciones de confort térmico del usuario y la reducción de la huella ecológica.

### Objetivo Específico

- Realizar una investigación bibliográfica de entidades que desarrollan proyectos de viviendas emergentes, para analizar el programa arquitectónico y determinar posibles zonas de intervención.
- Realizar una investigación bibliográfica del contexto de la Región Andina del Ecuador para determinar las estrategias bioclimáticas a aplicarse, de acuerdo a los factores climáticos que presenta.
- Realizar una investigación bibliográfica de lineamientos y características de arquitectura moderna.
- Proponer y resolver el diseño de la vivienda en cuanto a función, forma y una tecnología que garantice una ejecución rápida y sencilla, basados en cánones modernos y estrategias bioclimáticas.
- Simular el comportamiento térmico interior de la propuesta de vivienda a través de simulaciones digitales.

## Justificación

La posibilidad de una vivienda no está presente en toda la población, los altos índices de pobreza en Ecuador han sido un problema que no se ha podido erradicar al 100 % a lo largo de la historia. Un análisis comparativo entre 1990-2017 señala una tasa de natalidad de 13.4 nacidos vivos por cada mil habitantes y una tasa de mortalidad de 8.3 habitantes por cada mil habitantes (INEC, 2018). El hecho de superar la tasa de natalidad sobre la mortalidad implica mayor demanda de vivienda.

Esto en relación a la línea de pobreza, que en el 2018 se ubicó en \$84,72 por persona (INEC, 2018), hacen que el déficit de vivienda aumente o a su vez que la población mantenga una mayor demanda mediante préstamos bancarios u otros medios.

La construcción en el Ecuador ha incrementado los últimos años, según el INEC en la encuesta anual del 2017, indica que la región andina supera el número de construcciones en todo el país, el material predominante que se emplea es hormigón armado, en cimientos, estructura y cubierta principalmente, las mamposterías son de bloque en su mayoría (INEC, 2017).

La construcción en hormigón, es un contaminante activo que se deriva de los procesos de producción de los materiales empleados para su ejecución, estos procesos intervienen en el medio natural extrayendo sus recursos para lo que se requiere enormes cantidades de energía no renovable para explotar canteras y bosques dejando desechos durante y al final del ciclo de vida de los productos (Mercader, Ramírez y Olivares, 2012), es así como la huella ecológica evidentemente genera un gran impacto.

Así mismo, los desastres naturales están presentes en todas partes, y son netamente inevitables. El deslizamiento de la Josefina en 1993 dejó 100 fallecidos y 5631 afectados. La erupción del volcán Pichincha en 1999 hizo que se desplacen 2000 personas, las repetidas erupciones volcánicas del Tungurahua desde 1999 ha repercutido en la evacuación a un total de 20 000 habitantes (Jordan y asociados, 2018).

Tras estos eventos las personas han tenido que cobijarse en carpas, refugios brindados por el gobierno, en escuelas, espacios cubiertos, sufriendo todas las incomodidades e inclemencias del tiempo mientras las ciudades son restauradas.

Frente a esto, entidades como Techo Ecuador, Hogar de Cristo entre otras, se han preocupado por brindarles una vivienda de carácter emergente aplicando sistemas constructivos de fácil y rápida ejecución, con materiales ligeros y económicos. No obstante, estos materiales o sistemas constructivos, por su temporalidad, no tienen una consideración al clima donde se emplaza.

---

En la región andina, donde el clima es más extremo debido a su ubicación geográfica y sus características topográficas los sistemas constructivos aplicados siguen siendo ligeros (Sandoval, 2013), siendo casi nula la solución confort-espacio.

Según (Serra Florensa y Coch Roura, 1995), el confort térmico ambiental depende de 4 factores principales: temperatura del aire, efecto radiante, humedad y velocidad del aire, cada uno de estos factores serán manejados de acuerdo al clima pertinente.

Uno de los factores de la vivienda que influyen en el comportamiento térmico de un espacio es la inercia térmica, construir con materiales más pesados que contengan un alto calor específico, ofrece mayor inercia térmica, y por lo tanto una temperatura más estable a lo largo del día, mientras que los materiales ligeros como los que usa Techo Ecuador pueden almacenar al calor por poco tiempo. Este aspecto debe estar acompañado con la correcta orientación para generar la mayor captación solar posible.

Entonces proponer una vivienda emergente con criterios medioambientales se puede combinar con un estilo arquitectónico, para el caso de estudio deseado: estilo moderno, creando un prototipo eficiente en cuanto a función, forma, tecnología y confort interior.

De esta manera se podría aportar con una idea o quizá una solución para enfrentar un posible desastre natural, que efectivamente son impredecibles e inevitables, asegurando el confort del usuario y fortaleciendo la idea de una arquitectura amigable con el ambiente, combinando arquitectura bioclimática y vivienda emergente, pensando y aprovechando la realidad que Ecuador ofrece.

## Metodología

Para el caso de estudio en primera instancia se requiere una investigación bibliográfica de vivienda emergente, definiendo las entidades que prestan sus servicios para esta actividad y los procesos arquitectónicos que han desarrollado para conocer lo que está sucediendo actualmente. De igual manera será necesario realizar una investigación de las características físicas y meteorológicas del territorio electo (Región Andina del Ecuador), para obtener datos reales sobre los que se tenga que abordar con el diseño del prototipo de vivienda deseado.

Una vez obtenidos estos datos se realizará un análisis de arquitectura moderna, arquitectura bioclimática y un preámbulo de sostenibilidad.

En cuanto a la arquitectura moderna será la base del diseño, el autor pretende plantear la propuesta con un estilo moderno, para esto se realizará un análisis bibliográfico de arquitectura moderna en función de la vivienda emergente, con el objeto de extraer criterios o características aplicables, estéticas y funcionales junto al sistema constructivo que mejor se adapte.

Con el análisis de arquitectura bioclimática y sostenibilidad se obtendrán conceptos básicos, generales y específicos, criterios de sostenibilidad, métodos y técnicas aplicables para el confort térmico ambiental interior de la vivienda y reducción de la huella ecológica dentro del contexto planteado.

El sistema constructivo para el caso de estudio (vivienda emergente sostenible para la región Andina, caso Ecuador) se obtendrá mediante un análisis comparativo entre lo existente y lo que existió, es decir sistemas constructivos actuales de bajo costo y fácil ejecución, frente a sistemas constructivos ancestrales.

Todos estos análisis se enfocan en definir los criterios que servirán como fundamento para la propuesta del prototipo.

Las consideraciones que tendrá esta propuesta son: una modulación con estilo moderno, un sistema constructivo rápido y sencillo, espacios mínimos necesarios, estrategias bioclimáticas, materialidad sostenible, todo esto aprovechando los factores climáticos para generar el confort térmico interior, reducir el consumo energético y la huella ecológica. Los resultados de la propuesta se expresarán en el programa arquitectónico, plantas, cortes, elevaciones y un modelado en 3D. Finalmente se realizará un análisis térmico de la propuesta planteada a través de simulaciones digitales (DesignBuilder).

## 1.1. Desastres, el motivo de la vivienda emergente

Según datos de Ros García et al. (2015) alrededor de 50 000 000 de refugiados existen en el mundo y 1 500 000 nuevos casos aparecen cada año consecuentes de desastres, solo por efectos del cambio climático entre el año 2000 y 2005, se tiene 106 millones de personas afectadas por inundaciones y 38 millones por huracanes (Soediono, 1989). Los desastres alrededor del mundo han tenido escenarios en diversos países sin previo aviso y se ha experimentado una diversidad elocuente a lo largo de la historia dejando a miles de personas damnificadas; según datos de sigma/swiss (Quituisaca-samaniego, 2016) la evolución de desastres en el mundo se incrementa cada año (ver Fig. 1.1).

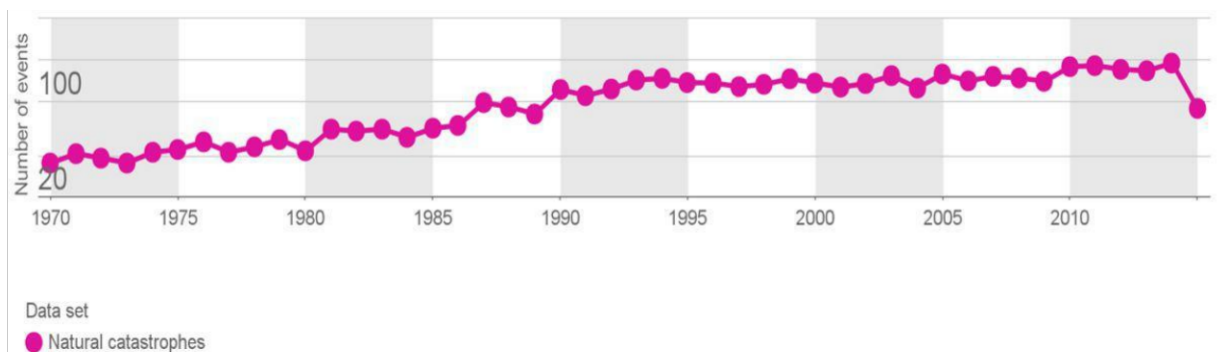


FIGURA 1.1: Escala logarítmica de desastres en el mundo 1970-2010. Tomada de [http://www.numericaiid.com/publicaciones/NumericaNotas/vol1/NII\\_DNotas\\_Dic2016911.pdf](http://www.numericaiid.com/publicaciones/NumericaNotas/vol1/NII_DNotas_Dic2016911.pdf).

Pero, ¿cómo acontece un desastre?, según BALANZAR (2009) el mundo se encuentra en constantes cambios con procesos naturales durante miles de años, estos cambios los considera como el metabolismo de la tierra que la hace responsable de ser habitable, aquí se encuentran fenómenos meteorológicos (huracanes, tornados, olas de calor, inundaciones) propios del **sistema externo** (actividad en la superficie terrestre y atmósfera); o las placas tectónicas que forman parte del **sistema interno** (por debajo de la superficie terrestre). Con tamaños de continentes, las placas tectónicas constituyen toda la superficie terrestre (ver figura 1.2), se chocan y se rozan constantemente formando montañas, volcanes y transformando paisajes, su actividad es la responsable de sismos, erupciones volcánicas y tsunamis (Denyer, Stephen, y Arias, 2006).

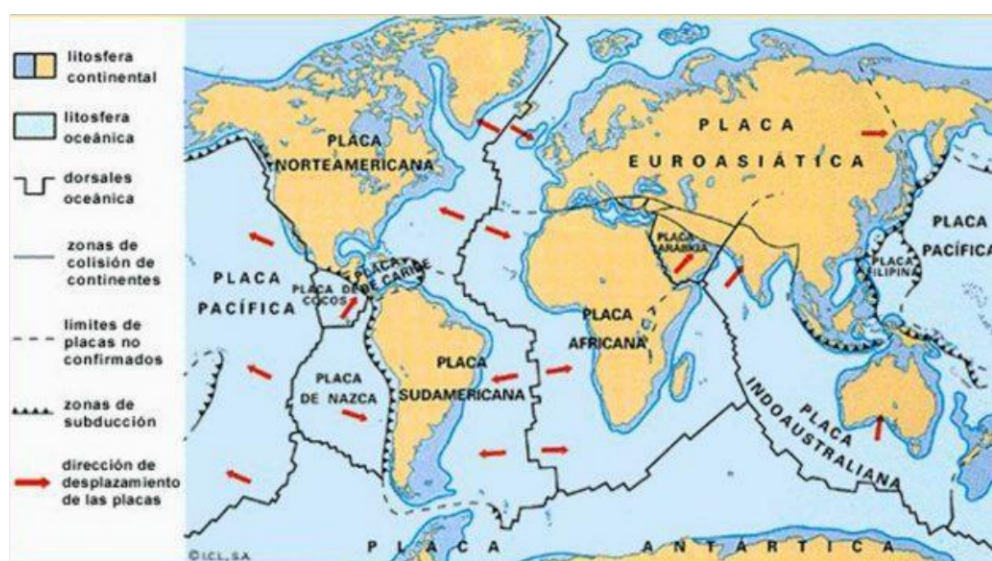


FIGURA 1.2: Movimiento de las placas tectónicas en el mundo. Tomada de <https://okdiario.com/curiosidades/movimiento-placas-tectonicas-832036>

A estos fenómenos propios del metabolismo de la tierra, Pérez de Armiño (1999) los clasifica como catástrofes naturales (ver fig. 1.3) y a su vez los define como eventos extremos que, al golpear en un momento dado, un lugar y una población en un contexto de vulnerabilidad puede desencadenar un desastre.



FIGURA 1.3: A la izquierda asentamiento por terremoto de 6.7° en Hokkaido-Japón, a la derecha flujos piroclásticos por erupción del volcán de fuego en Guatemala el 18 de noviembre de 2018. Tomada de <https://www.perfil.com/noticias/internacional/en-fotos-los-mayores-desastres-naturales-ocurridosen>.

Los volcanes y su actividad tienen una particularidad en especial y es que en el mundo se han formado donde la actividad geológica ha sido mayor, allí se encuentran arcos volcánicos constituidos por una cadena montañosa con 450 volcanes conocida como el cinturón de fuego, el cual está ubicado en el borde del océano pacífico; el cinturón de fuego es una zona altamente sísmica y potencialmente vulnerable, 160 de estos volcanes son activos, el 80 % de los terremotos en el mundo suceden en el cinturón de fuego (Pérez, et al., 2018; El Universo, 2016).

Pero las catástrofes también pueden ser humanas, por ejemplo: los conflictos armados, accidentes nucleares o incendios forestales (ver fig. 1.4). Otra situación en las catástrofes es la temporalidad con la que se producen, estas pueden ser de gestación lenta (sequías), o de irrupción repentina (terremotos e inundaciones).



FIGURA 1.4: A la izquierda Incendio en California, a la derecha Incidente en la central nuclear de Chernóbil. Tomada de <https://www.perfil.com/noticias/internacional/en-fotos-los-mayores-desastres-naturales-ocurridos-en-2018>.

El Departamento de Asuntos Humanos de las Naciones Unidas estipula que un desastre tiene un factor detonante (catástrofe) y una causa de fondo (vulnerabilidad), por lo tanto un desastre acontece de una estrecha dependencia entre la catástrofe y la vulnerabilidad

### 1.1.1. Catástrofe, vulnerabilidad y desastre

Una catástrofe es un evento que produce cambios de connotaciones negativas al medio ambiente natural o construido, pudiendo ser por efectos naturales o acciones antrópicas, estos efectos adversos conocidos como catástrofe no solo se miden por lo violentos que pueden ser sino también por los daños que producen, generando cambios en la geomorfología, la hidrología, los suelos, la vegetación, la fauna o incluso el clima, consecuentemente afecta a distintos asentamientos (Fernando y Francisco, 2003). La vulnerabilidad es el nivel de riesgo que se enfrenta una población ante una posible catástrofe, pudiendo recibir daños temporales o permanentes, de esta manera la vulnerabilidad conlleva un grado de dificultad para recuperarse después del incidente (Cardona, 1993).

Según D'Ercole & Trujillo (2003) en su libro: “los desastres, un reto para el desarrollo”, relacionan a la vulnerabilidad con las debilidades, por ejemplo: la debilidad estructural de una construcción frente a un sismo, debilidad de un grupo humano para anticiparse o afrontar una situación de crisis o la debilidad de un sistema para adaptarse a los cambios después de una catástrofe. Esta debilidad hace que el riesgo de presenciar un desastre aumente. Por lo tanto el riesgo que representa un asentamiento se ve comprometido con la amenaza, los elementos expuestos (la ciudad) y su vulnerabilidad (ver fig. 1.5) convirtiéndola a esta última en el factor clave para la resiliencia urbana.



FIGURA 1.5: Viviendas en zonas vulnerables Quito-Ecuador. Tomada de [https://journals.ope-  
nedition.org/bifea/5906](https://journals.ope-<br/>nedition.org/bifea/5906)

Entonces la vulnerabilidad juega un papel muy importante en las afecciones que las catástrofes traen consigo y su grado es el responsable de activar un desastre. Conociendo la vulnerabilidad de ciertos asentamientos es posible tomar medidas preventivas y de alerta pudiendo así mitigar consecuencias lamentables (Pérez de Armiño, 2005).

Según Ian Davis (1980), las condiciones peligrosas que vuelven a un asentamiento vulnerable de desastres pueden ser: urbanizaciones de rápido crecimiento, casas mal situadas, casas mal construidas, un elevado nivel de pobreza, construcciones con techos pesados. Un desastre según (Pérez de Armiño, 2005) no es más que una perturbación o daño producido en el entorno de una catástrofe que al contacto con la civilización humana puede desencadenar un proceso de fuerte crisis y desestructuración socioeconómica con graves consecuencias en diversos planos como: hambruna, epidemias, miseria, otros.

Cardona (1993), al desastre lo define como un evento que sucede de manera repentina, causa alteraciones intensas en los afectados, y principalmente estas se representan por la pérdida de vida, afecciones en la salud, propagación de enfermedades en la población, la destrucción o pérdida de bienes materiales y daños severos sobre el medio ambiente.

Analizando los conceptos de catástrofe, vulnerabilidad y desastre se encuentra una estricta correlación entre catástrofe-desastre y vulnerabilidad-desastre, entonces en un contexto global se entiende que un desastre es el resultado de la vulnerabilidad existente dentro de un asentamiento humano y la inminencia de una catástrofe (ver fig. 1.6), su magnitud es directamente proporcional al grado de vulnerabilidad existente, pero también depende en gran medida de la intensidad y duración de la catástrofe



FIGURA 1.6: Conceptualización de desastre. Fuente: Autor

### 1.1.2. Clasificación de los desastres

En el mundo los desastres pueden ser naturales o provocados por el hombre, así un desastre natural se puede entender como una perturbación socioeconómica y medioambiental, desencadenado por una catástrofe natural, por lo tanto, los desastres naturales pueden ser hidrometeorológicos y geológicos, cuya magnitud dependerá de la intensidad de la catástrofe y la vulnerabilidad del asentamiento afectado.

En cambio, un desastre provocado por el hombre es un desastre de carácter antrópico, es decir que cuando el hombre interviene en los procesos naturales, explotando los recursos sin responsabilidad alguna puede desatarlos, estos desastres tienen las mismas o peores consecuencias que los desastres naturales y son desencadenados por catástrofes antrópicas, cuya magnitud e intensidad definen la crisis humanitaria con sus impactos.

Los principales desastres de gran impacto en el mundo se han visto afectados por los procesos de origen geológico. A pesar que los desastres meteorológicos no han pasado por desapercibidos, los geológicos parecen ser más complicados, pues desde hace miles de años hasta la actualidad han provocado destrucciones masivas. Veamos dos ejemplos:

El primer ejemplo data del 79 d.C. con la erupción del monte Vesubio, esta erupción acabó destruyendo completamente la ciudad de Pompeya y Herculano, la erupción en pocas horas arrebató la vida de más de 2000 habitantes de la ciudad de Pompeya, la erupción fue de magnitudes colosales, una columna eruptiva de hasta 30 km y 4km<sup>3</sup> de material piroclásticos fueron emitidos a la atmósfera (A. Di Vito, 2012). En fechas más recientes el planeta entero aún ha presenciado desastres.

Como segundo ejemplo en el 2004 un maremoto de escala 9.0 en la escala de Richter devastó 3 zonas costeras: la Isla de sumatra (Indonesia), Maldivas y Siri Lanka; dejando alrededor de 260 000 afectados con consecuencias desproporcionadas (Borràs Pentinat, 2006).

## 1.2. Desastres en Ecuador

Ecuador es un país latinoamericano ubicado en la parte noroccidental del continente sudamericano formado por 4 regiones naturales: Costa, Sierra, Amazonia y Galápagos; la actividad tectónica en esta zona es compleja en todo el mundo (Marocco y Winter, 1998) pues se encuentra asentada en el cinturón de fuego, esta situación hace del Ecuador un país potencialmente sísmico.

En esta parte del cinturón de fuego la placa nazca se encuentra en subducción bajo la americana (ver fig. 1.7) moviéndose 6 cm al año (El Universo, 2016); este efecto o proceso natural del planeta representa una vulnerabilidad latente para Ecuador y para todos los países colindantes; entonces la situación geográfica del Ecuador lo convierte en uno de los países de mayor exposición a amenazas naturales en el mundo especialmente: sísmica, climática y volcánica.

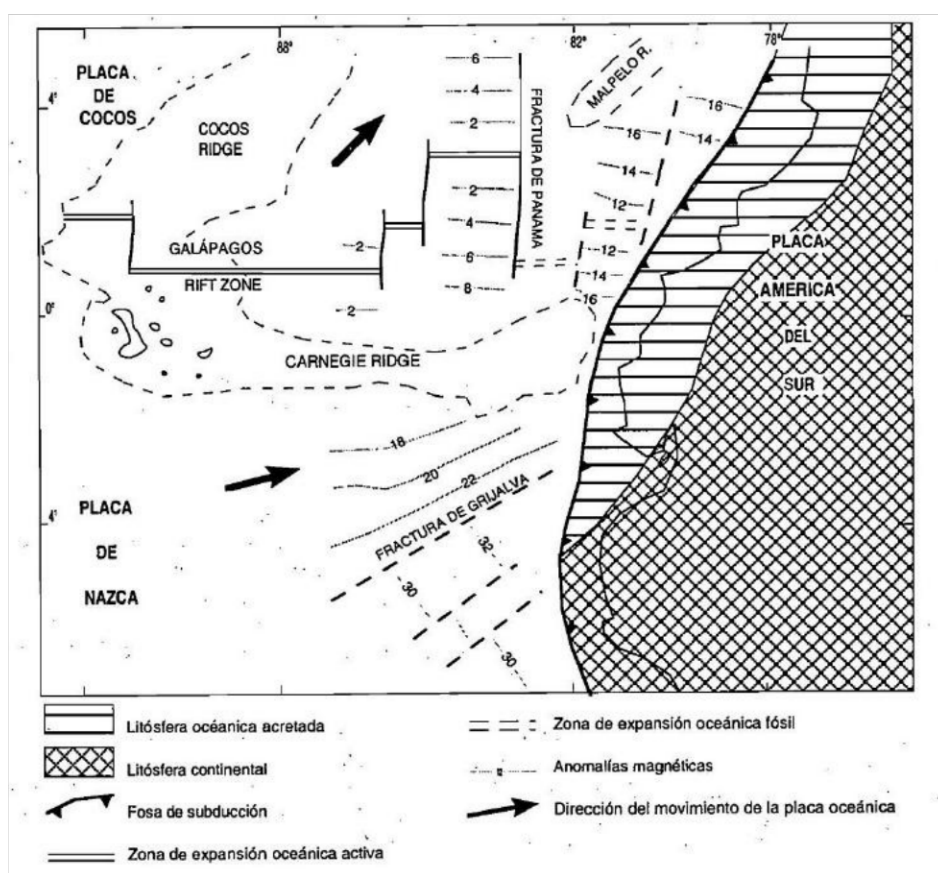


FIGURA 1.7: Contexto geodinámico del Ecuador, situación entre la placa Nazca y Sudamericana. Tomada de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers\\_16-09/010022382.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers_16-09/010022382.pdf)

Esto se sustenta en los datos emitidos por la UNISDR y USGS hasta el año 2013, donde [Mato y Toulkeridis \(2017\)](#) explican que el Ecuador ha sufrido pérdidas humanas en mayor porcentaje por terremotos y tsunamis con un 85 %; sequías e inundaciones representa un 5 %, y un 10 % las pérdidas humanas por riesgos climáticos donde los fenómenos de El niño y La niña son los protagonistas.

De igual manera [Vargas \(2008\)](#) sostiene que el Ecuador ha presenciado desastres de gran y menor impacto dentro de las siguientes categorías: Geológicos (G), hidrometeorológicos (Hm) y antrópicos (A). Los desastres predominantes de gran impacto son los hidrometeorológicos y Geológicos (ver tabla 1.1).

Tabla 1.1: REGISTROS DE GRAN IMPACTO SEGÚN CATEGORÍA

Categoría	Fichas	%	Muertos	%	Viv. Dest.	%	Viv. Afect.	%
Hidrometeorológicos	51	76	1096	66	4419	67	25645	88
Geológicos	7	10	337	20	1954	30	3556	12
Antrópicos	2	3	20	1	200	3	-	0
Epidemias y plagas	7	10	197	12	-	0	-	0
Sumas	67	100	1650	100	6573	100	29201	100

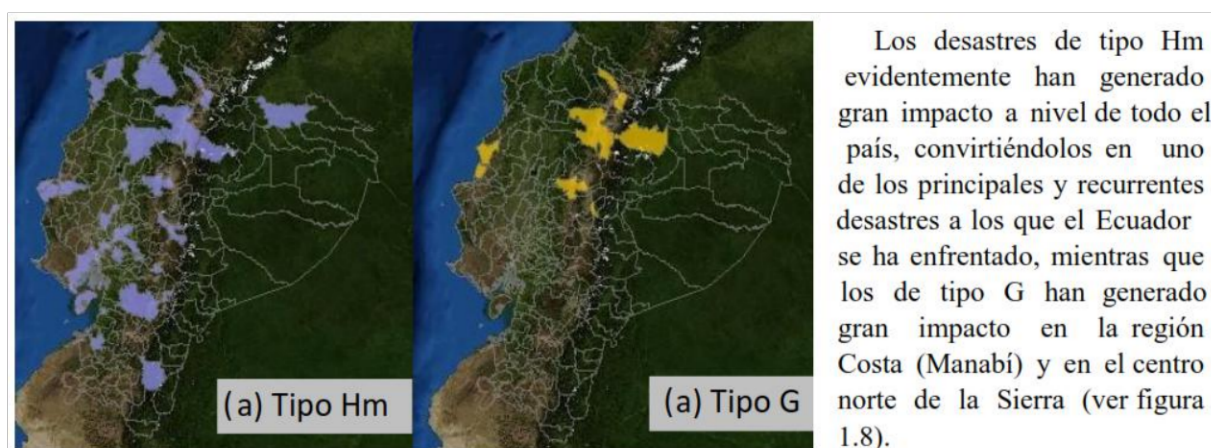


FIGURA 1.8: Registros de gran impacto por eventos de tipo Hm y G Tomada de Vargas (2008).

Ahora los registros de desastres de menor impacto según categoría durante 1970-2003 muestran una predominancia en los hidrometeorológicos; a partir de 2003 hasta 2007 los de tipo G son relativamente mayores a los de tipo Hm (ver fig. 1.9). Las mayores afecciones se registran en la región Costa y Sierra (ver tabla 1.2).

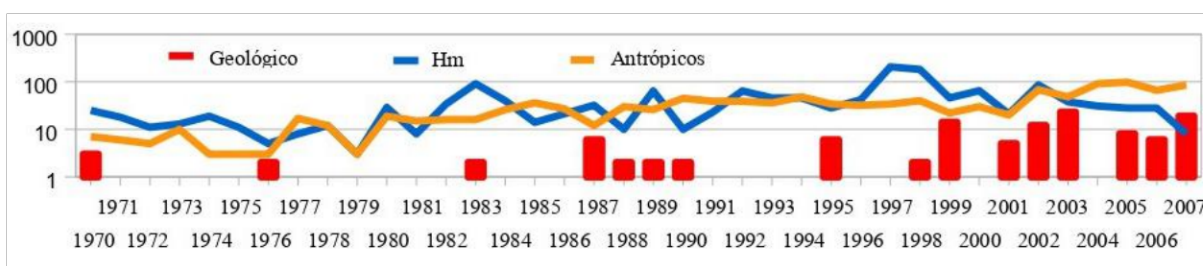


FIGURA 1.9: Escala vertical logarítmica 1970-2007 de registros de menor impacto según eventos. Tomada de Vargas, 2008

Tabla 1.2: PÉRDIDAS POR DESASTRE, TIPO HM SEGÚN REGIONES.

Región	Registros	%	Muertos	%	Viviendas destruidas	%	Viviendas afectadas	%
Costa	1161	47	578	40	2205	63	7309	69
Sierra	1069	43	747	52	854	24	2254	21
Amazonía	241	10	120	8	433	12	1078	10
Suma	2471	100	1445	100	3492	100	10641	100



- 1. Loja
- 2. Azuay
- 3. Cañar
- 4. Chimbarazo
- 5. Bolívar
- 6. Tungurahua
- 7. Cotopaxi
- 8. Sto. Domingo Tsáchilas
- 9. Pichincha
- 10. Imbabura
- 11. Carchi

En el mapa de riesgos del Ecuador (ver figura 1.10) se puede observar que la región costa y sierra se encuentra altamente amenazadas por terremotos en general; pero específicamente en la costa por tsunamis e inundaciones y en la sierra por volcanes, deslizamientos y derrumbes. Sin embargo, la zona con mayor amenaza se encuentra en toda la parte central del norte de los Andes.

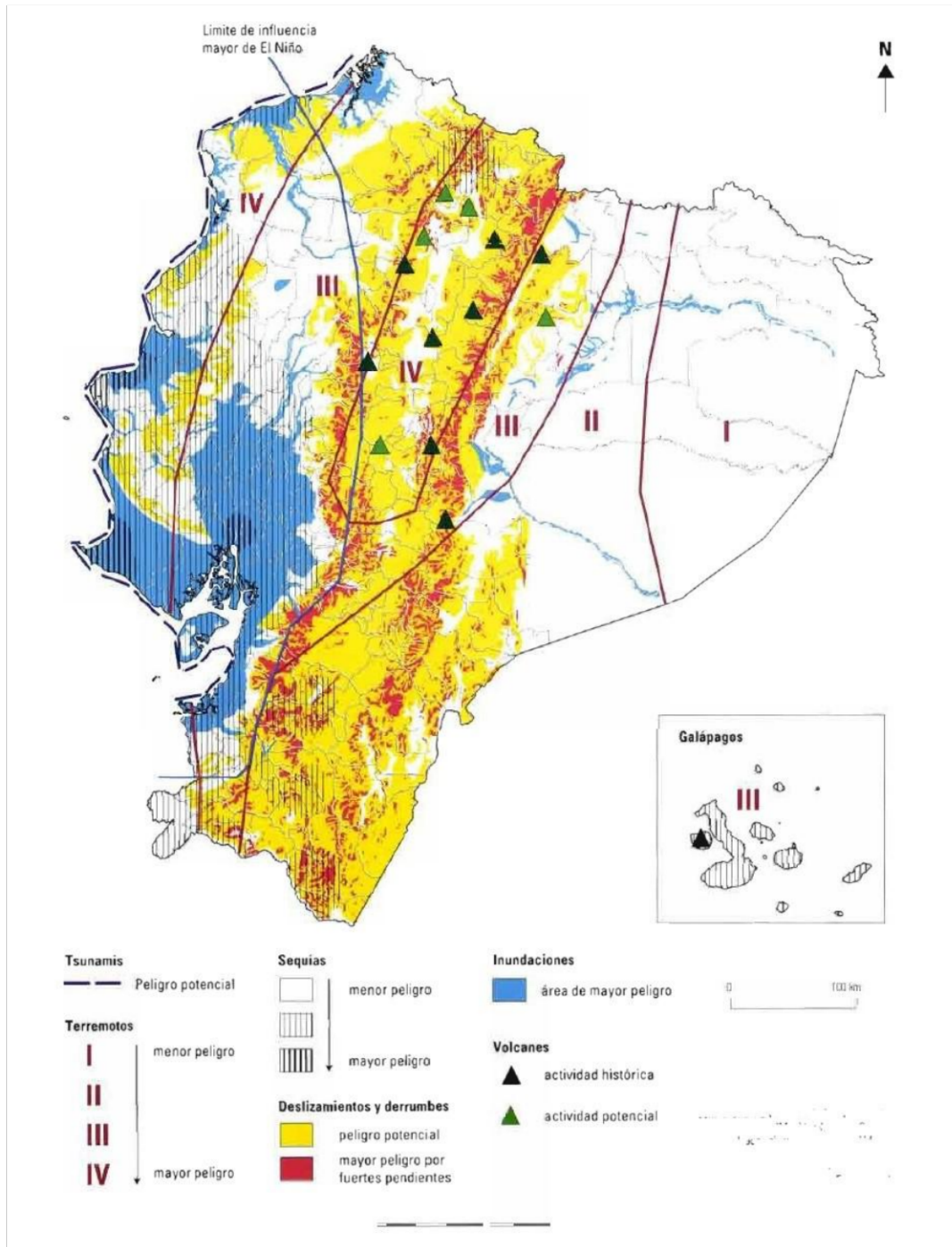


FIGURA 1.10: Mapa de riesgos del Ecuador. Tomado de Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador por D´Ercole & Trujillo (2003).

### 1.3. Desastres en la región andina ecuatoriana

La región andina en el Ecuador se encuentra afectada por desastres de tipo Hidrometeorológico (Hm) y geológico (G), con mayor predominancia en eventos de tipo Hm, (Vargas, 2008), en la figura 1.11 y 1.12 se puede observar lo recurrente de este evento.

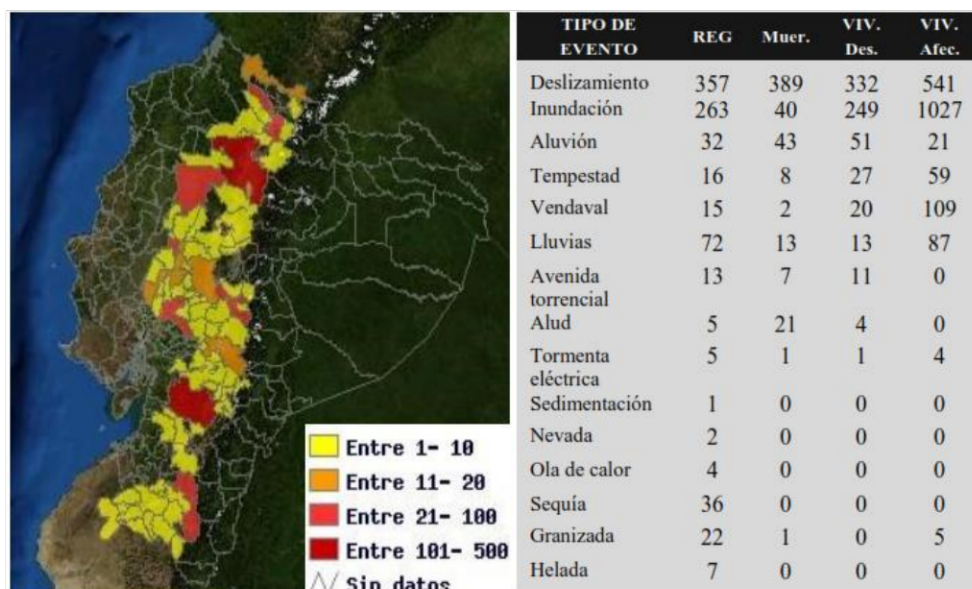


FIGURA 1.11: Al izq. mapa de registros de evento Hm por cantones, a la derecha registro de pérdidas. Tomada de Vargas (2008)

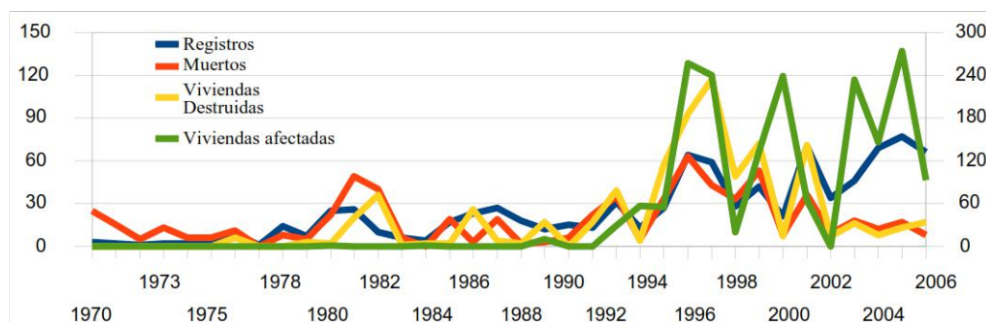
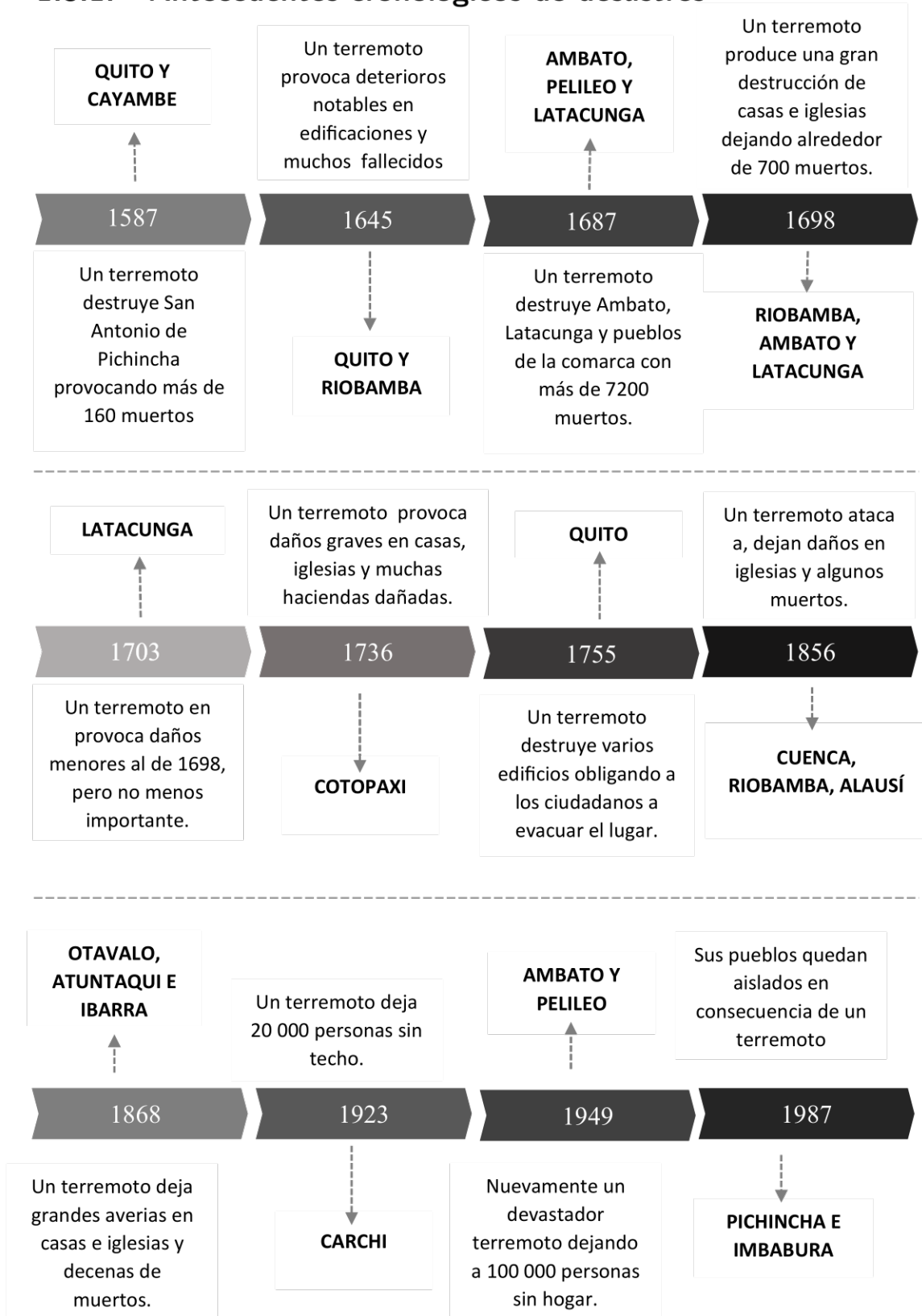


FIGURA 1.12: Registro de pérdidas multianual (1970-2006) por evento Hm. Tomada de Vargas (2008)

Durante 36 años (1970-2006) se ha encontrado que los cantones más afectados son: Quito y Santo domingo en la provincia de Pichincha, Cuenca en Azuay y Ambato en Tungurahua. Según la tabla de la figura 1.7, los deslizamientos e inundaciones han sido los eventos con más reportes de efectos (Vargas, 2008). Con respecto a los eventos de tipo geológico los Andes ecuatorianos se encuentran amenazados por volcanes (erupciones volcánicas) y actividad tectónica (terremotos), acompañadas en algunas circunstancias con deslizamientos como efectos secundarios (D'Ercole y Trujillo, 2003). Según Vargas (2008) estos eventos son más esporádicos pero más letales que los Hm, y se encuentran concentrados en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua y Pichincha.

### 1.3.1. Antecedentes cronológicos de desastres



Cronología de desastres por sismos en la región Andina ecuatoriana. Figura elaborada con datos tomados de D'Ercole, Hardy, Robert, Metzger, 2009.

La destrucción por terremotos es masiva y comprende una devastación en viviendas, infraestructura, afectando el desarrollo de la ciudad, la afección más crítica y deplorable sin duda alguna son las viviendas, dejando sin hogar a cientos de familias. A falta de saneamiento y control de desechos, la contaminación del agua, aire y suelo son inevitables (Ministerio del Ambiente, 2016) lo cual genera un impacto ambiental afectando aún más las condiciones de vida de los damnificados.

Pero, no siempre la Sierra ecuatoriana ha sido sorprendida con sismos, las erupciones volcánicas también han afectado la región (ver fig. 1.13).

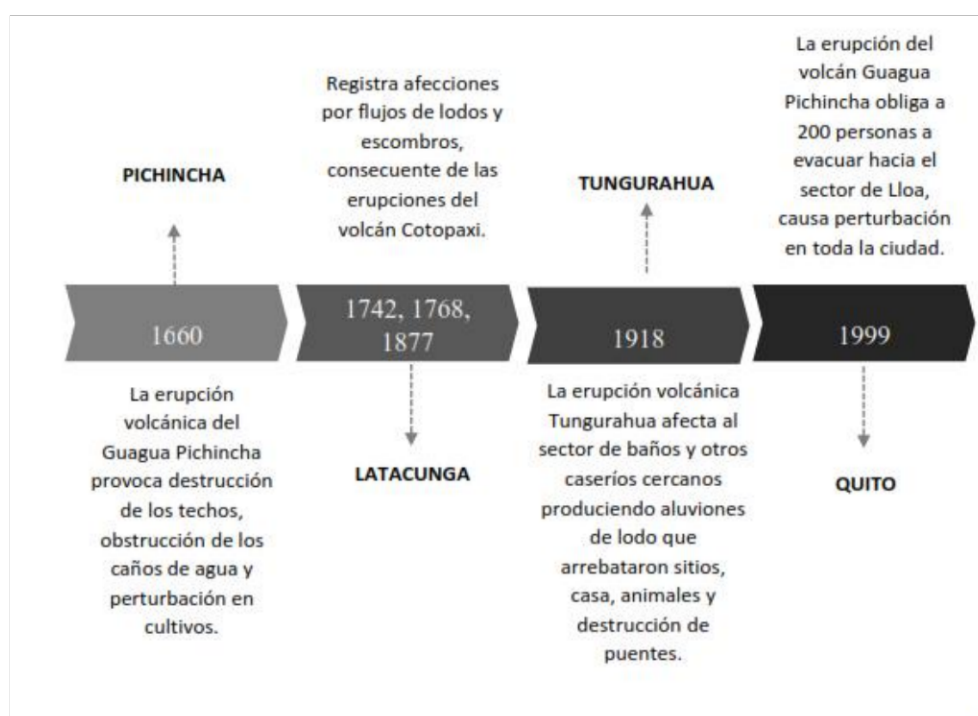


FIGURA 1.13: Cronología de desastres por erupciones volcánicas en la región Andina ecuatoriana. Figura elaborada con datos tomados de D’Ercole, Hardy, Robert, Metzger (2009)

## 1.4. La vivienda emergente como respuesta a los desastres

### 1.4.1. Contexto

La vivienda emergente nace como respuesta a una situación de emergencia post-desastre y los consecuentes damnificados. A efecto de una catástrofe y posteriormente un desastre se desata una situación adversa para la población vulnerable y la afectada, a este hecho se lo define como situación de emergencia cuyos efectos y consecuencias pueden ser respondidos y superados con los recursos y capacidades propias de la comunidad o territorio afectado.

Los damnificados, son personas que han perdido sus propiedades o bienes, y requiere asistencia social, económica y trabajo temporal para garantizar su bienestar y subsistencia (Riesgos y cols., 2011).

Entonces la vivienda emergente forma parte de la solución y respuesta para los damnificados durante la situación de emergencia y recuperación.

La vivienda emergente según UNISDR (2014) definen 4 fases distintas de alojamiento, pudiendo existir una superposición entre ellas, estas son:

**Refugio espontáneo:** este sucede las primeras 72 horas, proporcionan un refugio provisional y seguro mientras la situación se estabiliza.

**Refugio de emergencia:** se considera durante los 60 primeros días, proporciona un refugio de emergencia y alimentación a la población desplazada que requiere protección.

**Alojamiento provisorio:** proporciona una vivienda temporal, se considera desde el primer año en adelante, es un espacio seguro que consta de agua, electricidad y calefacción para las víctimas desplazadas mientras realizan esfuerzos por reparar permanentemente las viviendas o encontrar otro alojamiento permanente adecuado.

**Alojamiento Permanente:** este proporciona soluciones habitacionales permanentes y a largo plazo a las víctimas afectadas de los desastres.

Un refugio se puede entender como un espacio inmediato en el contexto de la emergencia que permite manejar situaciones adversas post-desastre de las personas, puede ser considerado como un punto de encuentro, un espacio de paso que sirve para proporcionar techo, alimentación y abrigo a las víctimas de una emergencia o desastre mientras la comunidad es trasladada a un alojamiento en caso de necesitarlo, por lo tanto, los espacios de habitabilidad suelen ser muy elementales (ver fig. 1.14), cabe mencionar que el refugio se utiliza cuando no existe un plan de prevención previamente estipulado (Peña, 2018).



FIGURA 1.14: Campo de refugiados de Za'atari, Jordania. Diciembre de 2012. Tomada de [https://www.flickr.com/photos/101268966@N04/10019055364/in/photos\\_tream/](https://www.flickr.com/photos/101268966@N04/10019055364/in/photos_tream/)

Lo más habitual en un refugio son las tiendas de campaña, no hace falta más porque no se conoce si el lugar en el que se encuentran es completamente seguro, mientras tanto esta solución o soluciones parecidas como el Cmax System (ver fig. 1.14) es lo más conveniente mientras las autoridades se cercioran de zonas en las que se puedan emplazar, aunque más tarde puede resultar el mismo refugio un perfecto lugar de emplazamiento.

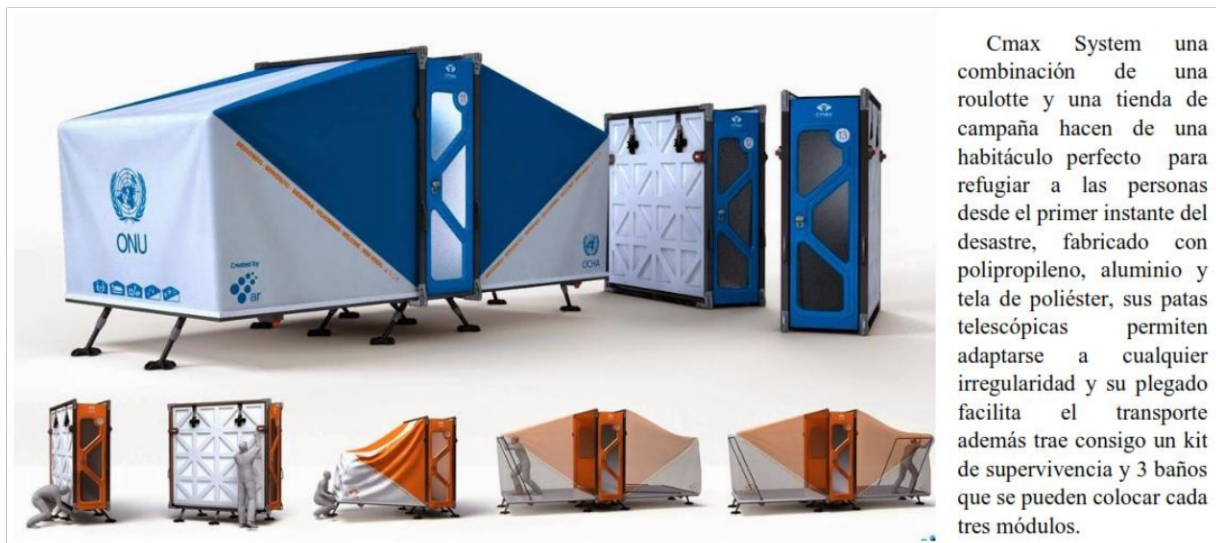


FIGURA 1.15: Cmax System un refugio móvil para desastres naturales. Tomada de <https://www.primera hora .com/ noticias /ciencia -tecnologia /notas /un- refugio -movil -para -desastres-naturales -video/>

En situaciones de emergencia cuando no se cuenta con sistemas y medidas necesarias para montar refugios, espacios como: escuelas, edificios institucionales o centros comunales pueden ser acondicionadas para recibir a la población afectada.

A este tipo de medidas se las conoce como albergues temporales, estas construcciones han soportado las inmediaciones del desastre y pueden albergar a cuantiosa gente evacuada.

Según VIVE (2018) las entidades de rescate y autoridades son quienes enfrentan la necesidad de localizar inmediatamente a las víctimas en espacios de refugio o albergue temporal, pues los espacios antes habitados generalmente quedan cubiertos de escombros, en ocasiones cuando las viviendas logran mantenerse en pie, resultan un peligro para los habitantes por el grado de deterioro y más aún si el periodo de alarma no ha concluido.

Los escombros resultantes por lo general se conservan por varias semanas en las zonas de desastre mientras se rescatan a los sobrevivientes, se evalúan daños, para finalmente retirarlos y reestablecer los servicios.

Según María Alexandra Ocles, Ricardo Peñaherrera (2017) & Peña (2018), los alojamientos temporales y permanentes corresponden al contexto de recuperación o reconstrucción post-desastres y son los espacios donde habitualmente se ensambla viviendas con mejores soluciones espaciales y más resistentes.

Estos alojamientos se los define como un espacio físico creado e identificado como un lugar seguro, que cuenta con todos los medios necesarios para hospedar por un periodo corto, mediano y largo plazo a las personas afectadas, garantizando su bienestar en general.

En personas de recursos económicos limitados es recurrente que los refugios se conviertan a permanentes.

El terremoto de Pelileo de 1949 es un caso que pudo admitir todas las fases de vivienda emergente, desde el refugio hasta el alojamiento poniendo énfasis en el permanente para personas de recursos económicos limitados.

Esto se explica por la destrucción masiva que sufrió el asentamiento y la presencia de fallas geológicas en el entorno que obligó al asentamiento a emplazarse a unos cuantos kilómetros del lugar de los hechos.

Así entonces con el ejemplo de Pelileo en primera instancia habría necesitado un refugio de emergencia, imprescindible para determinar un emplazamiento seguro y sin complicaciones futuras, ante la incertidumbre de fallas geológicas.

El refugio de emergencia habría sustentado las necesidades hasta conseguir un lugar seguro para suministrar viviendas más sólidas y espacialmente eficientes, pudiendo ser permanentes, temporales o que a su vez esta última admita esfuerzos progresivos para generar alojamientos permanentes (Saffery Gubbins y Baixas Figueras, 2013).

La cuestión de permanencia de los alojamientos representa un gran paso para el proceso de desarrollo de las ciudades significando una posible inversión rentable, sin embargo, esta particularidad es inestable, distintos factores pueden influir en el abandono o uso indefinido de las viviendas suministradas.

Según Ian Davis en su libro *Arquitectura de Emergencia*, la insuficiente atención a las pautas socioculturales generan rechazo, surge la dificultad de mantenimiento a largo plazo y deficiencia en los servicios, esto resulta que los alojamientos tengan bajas tasas de ocupación, en algunas situaciones se vuelven barrios insalubres sin una planificación adecuada (como se cita en Aguirrezabal, 2017).

En contraposición al rechazo de las viviendas Ian Davis menciona que los sistemas constructivos que se basan en materiales conocidos localmente y de baja tecnología son mejor recibidos por las personas, se adaptan mejor al clima e incluso ayudan a generar trabajo a los mismos afectados en el proceso de fabricación de nuevas viviendas (como se cita en Saffery Gubbins y Baixas Figueras, 2013).

Una situación de permanencia no muy bien acogida puede generar una transición del alojamiento suministrado.

Un claro ejemplo de transición de vivienda emergente sucede con los iglús de poliuretano suministrados a cientos de damnificados por la compañía Bayer y Cruz Roja de la República Federal de Alemania tras el terremoto de 1972 en Managua-Nicaragua.

Eran espacios de 20 m<sup>2</sup> aproximadamente ubicados en el campamento “El Coyotepe” (campamento militar diseñado por Fred Cuny) su distribución diseñada no difería tanto de un campamento militar, contaba con una organización en torno a grupos familiares y distintas unidades de saneamiento y cocina lo que hizo que funcionara adecuadamente (ver fig. 1.16), 15 meses más tarde que los iglús habían sido construidos, las familias los modificaron adaptándolos a sus tradiciones locales de construcción, como los iglús se podían cortar fácilmente no les fue difícil adecuarlos a sus necesidades (Davis, 1978).

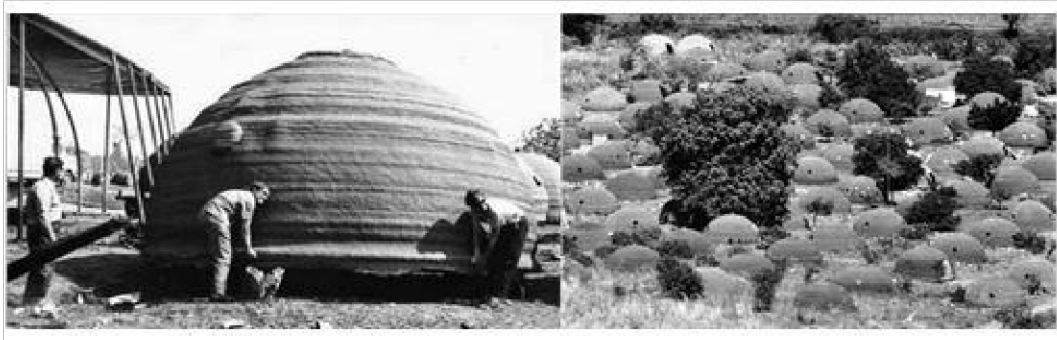


FIGURA 1.16: A la izquierda Iglús de poliuretano en Turquía 1970-1975, a la derecha Iglús de poliuretano en el campamento “El Coyotepe” en Nicaragua tras el terremoto de 1972. Tomada de Ian Davis (1978)

Según Davis (1978) en su libro “Shelter After Disaster”, los iglús de poliuretano fueron usados por primera vez en Turquía tras el terremoto de 1970, luego fueron usados en tres ocasiones más; en Chimbote-Perú el mismo año, en Nicaragua en 1972 y en 1975 en Lice-Turquia, pero finalmente fueron abandonados siguiendo las experiencias de Lice; resulta que estos iglús de poliuretano no se adaptaron a la sociedad receptora, tampoco se adaptaron al clima, además otras circunstancias como el tiempo en suministrarlos (en Nicaragua se tardaron 5 meses), gastos de diseño, transporte y fabricación significaban costos elevados.

Para esta situación habría resultado más conveniente comprar materiales para la construcción de viviendas permanentes.

Ian Davis en sus estudios también evidencia que la creación de campamentos después de los desastres naturales tiene un impacto negativo creando problemas a largo plazo.

Problemas paralelamente iguales a la vivienda popular ocasionado por el déficit de la misma, entonces esta situación exige pensar en soluciones más prometedoras que un simple cobijo que resguarda a los damnificados de la intemperie, claro está que un espacio habitacional con soluciones elementales es para los refugios lo cual no supera un periodo máximo de un año, un alojamiento que es la máxima expresión de vivienda emergente debe acoplarse a la sociedad suministrada al igual que sus soluciones espaciales, o por lo menos como sugiere Saffery Gubbins y Baixas Figueras (2013) debe prometer desarrollos progresivos que le permitan establecer una permanencia.

### 1.4.2. Conceptualización de vivienda emergente

En el amplio contexto de vivienda emergente se la puede entender como aquella solución habitacional constructiva de rápido montaje, sencilla ejecución, fácil transporte, con capacidad extensiva (modular), económica y de carácter temporal o permanente, que asegure protección y refugio a las víctimas de los distintos escenarios caóticos, esta vivienda debe avalar un mínimo de seguridad ante agentes atmosféricos y garantizar suficiente salubridad e higiene para prevenir enfermedades (Enríquez, 2017).

Según el Alto comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados [ACNUR] ([Alto comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 2012](#)), los alojamientos o vivienda emergente corresponde a un módulo familiar cuadrangular o rectangular conformado por 4-6 personas, este debe proporcionar protección contra los elementos incómodos, espacio para vivir y para guardar sus pertenencias personales, así como la sensación de intimidad y seguridad emocional. En el campo de la arquitectura [Muñoz Mínguez \(2015\)](#) la interpreta como una respuesta de vivienda en retrospectiva o de vuelta al origen, pues como respuesta inmediata genera una oportunidad de reconectar al ser humano con las necesidades más básicas y su relación con el espacio arquitectónico que garanticen su supervivencia.

### 1.4.3. Referentes de Vivienda Emergente, configuración tecnológica y espacial

Gran parte de las soluciones de vivienda emergente se han limitado únicamente a responder situaciones puntuales en la fase de emergencia convirtiéndolas en la mejor opción hasta cuando todo se estabiliza ([Ros García y cols., 2015](#)) dentro de ellas se puede mencionar el Life Box, Exo Reaction Housing System o el Cmax System mencionado anteriormente, estas soluciones efectivamente con reconocimientos internacionales se encuentran entre las mejores soluciones para cobijar a damnificados durante la emergencia post-desastre.

Life Box, es un prototipo de respuesta rápida que aún no se ha llevado a la práctica, desarrollado en 2013 por el ingeniero industrial turco Adem Onalan, su instalación se puede levantar en menos de un minuto por una sola persona sin ningún tipo de entrenamiento, pesa alrededor de 75 kg pudiendo ser transportado por 2 personas a pie. Se suministra en una caja desplegable esta formará el piso del refugio, dentro de ella se encuentra la estructura plegable, basta con tirar de la cuerda roja para inflar la estructura, finalmente se coloca como cerramiento una capa que viene incluida (ver fig. 1.17).

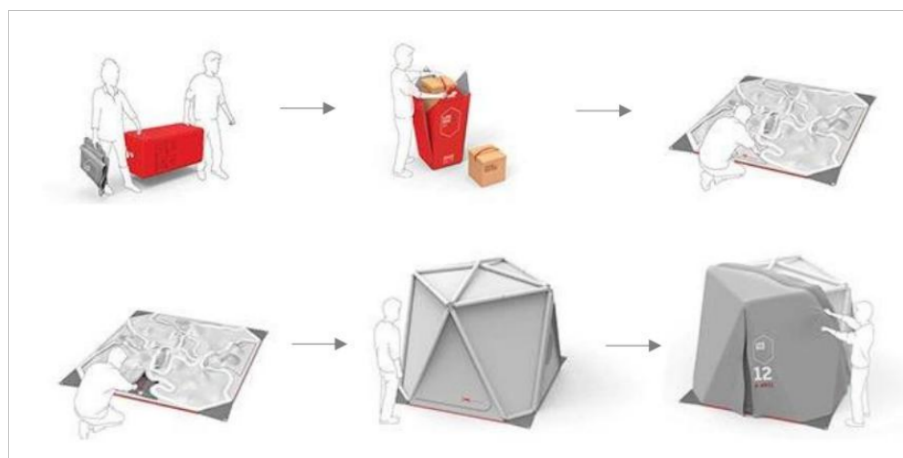


FIGURA 1.17: Suministro del prototipo Life Box. Tomada de <https://revistacodigo.com/sin-categoria/5diseños-para-desastres-naturales/>

Life Box con sus tres versiones: Life Box land, Life Box air y Life Box water; verde, rojo y azul respectivamente, hace posible la adaptación a cualquier situación de emergencia, la versión water es un auxilio para las inundaciones y cuenta con dos anillos inflables para su flotación, la versión air está diseñada para suministrarse desde el aire usa el cerramiento o la capa que viene incluida en el exterior como paracaídas mientras que la land la lleva en su interior y se transporta por carretera (Muñoz Mínguez, 2015).



FIGURA 1.18: Solución holística de Life Box, abajo la presentación Life Box air. Tomada de <https://ifworlddesignguide.com/entry/144539-life-box>

Life Box es un refugio provisional muy ligero que además cuenta con suministros de comida, medicinas y equipos de supervivencia para cuatro personas suficientes para dos semanas, está fabricado con polietileno lo que le proporciona confort y aislamiento del clima exterior, además la base al estar elaborado de espuma del mismo material contribuye a absorber golpes. Su peso es algo inferior a los 75 kg (Revista Código, 2014).

Exo Reaction Housing System, desarrollado por la Organización Reaction, consiste en una unidad habitacional prefabricada que conforma un módulo suficiente para alojar a cuatro adultos, la simplicidad de su diseño permite apilar el prototipo para un transporte sencillo y económico igual como un vaso de café de cartón con su tapa (ver fig. 1.19). Las prestaciones que ofrece son: iluminación LED, climatización, radio, enchufes y puertas con cerrajerías electrónicas aumentando la seguridad y privacidad. Además, el prototipo permite soluciones espaciales en grupo, es posible interconectarse en forma lineal mediante piezas de conexión o en forma circular cubierto con un material textil para brindar la relación de espacios (ver fig. 1.19), su prefabricación y transporte masivo permite un alojamiento seguro y de calidad a un gran número de personas de manera inmediata (Muñoz Mínguez, 2015).

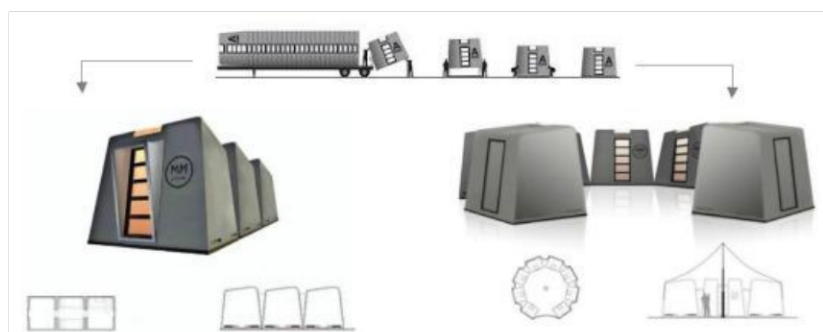


FIGURA 1.19: Exo Reaction Housing System, arriba suministro y transporte, abajo soluciones espaciales. Tomada de <https://inhabitat.com/reaction-housing-system-a-rapid-response-flat-pak-emergency-shelter-exo-reaction-housing-system-easy-emergency-shelter-30/>

La ligereza que presenta cada unidad con 7.43 m<sup>2</sup> de espacio y 180 kg de peso permite que pueda ser montada por dos personas en dos minutos y transportada por cuatro personas después de haberla montado (ver fig. 1.20), no es necesario el uso de herramientas o mano de obra especializada, la parte superior y la base encajan en una conexión fija y segura, todas las prestaciones que ofrece es posible ya que permite la conexión a un generador eléctrico. La pieza superior está elaborada con acero y aluminio y su base con una combinación de acero y madera de abedul en su interior se encuentran 4 camas integradas (ver fig. 1.20), sin embargo, su costo por unidad es de 5 000 USD (Muñoz Mínguez, 2015).



FIGURA 1.20: Prototipo Exo, solución espacial. Tomada de <https://www.thecolector.com/exo-shelter/>

Otras soluciones como: Clipper House de Hawley Bowlus de 1936, Yankee House, Lustron House ó Maisons a Portiques propia de la época de la segunda guerra mundial (ver fig. 1.20) considerado como un sistema innovador marcado por la técnica y la estética ya que el resultado no siguió la uniformidad; han sido viviendas mínimas que mantienen una perfecta relación con la prefabricación y el uso de materiales industrializados ligeros.

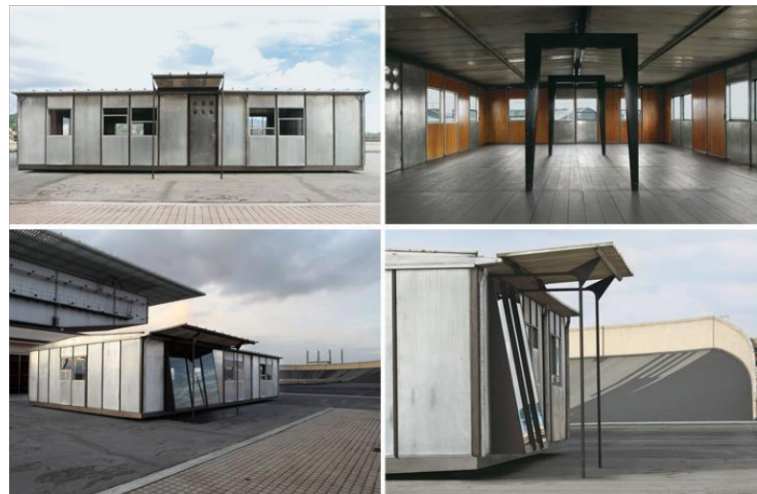


FIGURA 1.21: Maisons a Portiques, vivienda emergente prefabricada con perfiles de acero y paneles de chapa de aluminio en un sistema modular de 1 metro con un surtido repertorio de posibilidades para puertas y ventanas. Tomada de <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/jean-prouve-pre-industrializacion-en-los-anos-50>

Sin embargo las soluciones de este tipo concebidas a lo largo de la historia según [Enríquez \(2017\)](#) en su estudio “en busca del mejor refugio” encuentra que a pesar de ser una arquitectura que suele conllevar un tiempo de construcción que no cubre las necesidades de respuesta rápida en el mismo momento de la emergencia ha contribuido significativamente a muchas familias durante la segunda guerra mundial, pues todo su sistema industrializado para entonces representaba la forma más rápida de solventar la necesidad de vivienda.

Estos tipos de vivienda ridiculizan la tienda de campaña que durante miles de años ha sido el elemento más empleado y considerado como la mejor opción para atender una situación de emergencia post-desastre, pero quizá no es una comparación justa.

Concrete Canvas Shelter ha ido un poco más lejos, se trata de una solución potencialmente eficiente para atender la etapa de emergencia y posiblemente la reconstrucción.

Diseñado por la empresa inglesa Concretcanvas para misiones militares y de socorro por los ingenieros industriales británicos Will Crawford Y Peter Brewin.

El prototipo se finalizó en el 2005, algunos de ellos fueron empleados en Afganistán y en Japón en el 2011.

Su diseño se basa en una tela impregnada de cemento la cual está adherida a un material plástico inflable.

Su instalación únicamente requiere una bomba eléctrica para su inflado y agua para la hidratación del cemento, cada extremo se ancla con puertas herméticas de acero creando un espacio estéril, seguro y a prueba de fuego.

Todo el proceso de instalación se realiza con la intervención de 2 personas en 40 minutos, pudiendo utilizarse dentro de 12 horas debido a la hidratación del cemento que al rociarse con agua crea una superficie muy fina resistente y ligera.

Su duración es sumamente superior a la de las tiendas de emergencia, la estructura diseñada a la compresión permite ser cubierta de arena o tierra situación que mejora aún más resistencia y propiedades térmicas.

Concrete Canvas Shelter está disponible en dos dimensiones (ver tabla 1.3), una vez desplegado sus dimensiones son las siguientes ([Muñoz Mínguez, 2015](#)).

Tabla 1.3: DIMENSIONES DISPONIBLES DEL PROTOTIPO CONCRETE CANVAS SHELTER.

Unidad	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)	Área Interna (m2)
CCS25	5	5,6	2,45	25
CCS50	9,5	5,6	2,6	50

El tiempo de vida útil de esta propuesta como vivienda emergente es de 10 años, sin embargo, el coste es de 23 000 y 30 000 dependiendo su tamaño y proporción, lo que la convierte en una posibilidad contradictoria ya que su durabilidad y resistencia la convierte en una buena opción, pero su morfología cuestiona la acogida para su adaptabilidad (ver fig. 1.22).



FIGURA 1.22: A la izquierda asentamiento temporal del terremoto de 1906, a la derecha sistema de transporte utilizado. Tomado de <https://tiny house design.com concrete-canvas>

Better Shelter es otra solución que no se estanca en la etapa de emergencia, la vivienda está constituida por una estructura de marcos de acero cubiertos de paneles de polímero ligero.

Son 68 piezas en total estas se reciben en 2 cajas de 80 kg cada una, los paquetes incluyen las herramientas para su ensamblaje.

Con 4 horas de montaje tiene una vida útil de 3 años lo que la convierte en una solución ideal para atender la situación de emergencia y parte de la recuperación, es una vivienda temporal de 17.5 m<sup>2</sup> con capacidad para 5 personas según IKEA compañía responsable del diseño (Justo, 2017).

Better Shelter es una respuesta muy similar a la creada por Concretecanvas pero evidentemente asertiva para la etapa de emergencia (ver fig. 1.23) y reconstrucción, además esta solución de vivienda emergente no se han limitado solo a brindar una respuesta de resguardo, también ha prestado atención a la estabilidad térmica interior que acontece el bienestar físico, mental y espiritual de las personas o individuos, ampliando la solución o resultado de respuesta para situaciones que puedan presentarse que pueden ser de emergencia y recuperación.

La solución habitacional al estar recubierta con paneles de polímero la convierte en una solución prometedora para climas extremos, (lluvia, sol, entre otras) especialmente por su capacidad aislante que posee, los polímeros son buenos aislantes térmicos lo que significa que la temperatura exterior no ha de modificar bruscamente la temperatura interna, por lo tanto, esta solución es capaz de resguardar a los ocupantes en condiciones confortables.

Según Fairs (2017) Better Shelter es una solución que ha prestado atención a las condiciones climáticas del entorno, ya que cuenta con ventilación y un panel solar capaz de generar energía suficiente para encender la lámpara de su interior (ver fig. 1.23). Better Shelter sin duda ha tocado una latente medular (el clima).



FIGURA 1.23: Better shelter, vivienda temporal (emergencia y recuperación) para refugiados. Tomado de <https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ikea-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/>



FIGURA 1.24: Better shelter, vivienda temporal para refugiados. Tomado de <https://www.marketingdirecto.com/anunciantes-general/anunciantes/better-shelter-refugio-innovador-social-ikea-premiado-mejor-diseno-2016>

Pero en un contexto más amplio esta la VEM (ver fig. 1.25), esta solución creada por el grupo de investigación REbirth INhabit facilita la idea fluida del “CONTINUUM HUMANITARIO” (una interpretación de la acción humanitaria como una secuencia de fases cronológicas que a lo largo de una línea de progresión atiende la fase de emergencia, reconstrucción y desarrollo) extendiendo su solución, pues atiende la emergencia (es auto transportable, adaptable y automatizado).

También favorece la reconstrucción (permite adaptar a la identidad de las culturas autóctonas introduciendo materiales tradicionales) finalmente impulsa un estado de cooperación al desarrollo (el prototipo puede ser comercializado en el mundo como solución habitacional para quienes la carecen), la VEM tiene una superficie de 18 m<sup>2</sup> y una altura de 2.80 m suficiente para 5 personas.



FIGURA 1.25: Vivienda emergente la VEM. Tomado de <http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/>

El prototipo la VEM es auto transportable porque es completamente desmontable, está formado por una estructura tubular de aleación metálica, un empanelado ligero en su basa horizontal, y envolventes textiles reforzadas de doble capa (ver fig. 1.26), todas sus dimensiones están diseñadas para que puedan ser paletizados en dimensiones reglamentarias del tipo AIRBUS C295 (empaquetado modular aéreo de 274cm x 223cm y 140 cm de altura) con el máximo aprovechamiento de volumen de carga sin residuos.

Es adaptable porque sus apoyos son regulables y presentan 15 posiciones permitiendo acoplarse a diferentes condiciones geográficas. Es automatizado pues su diseño garantiza un montaje en menos de 2 horas por dos personas (*noviembre 12, 2015 – rebirth inhabit, 2015*).

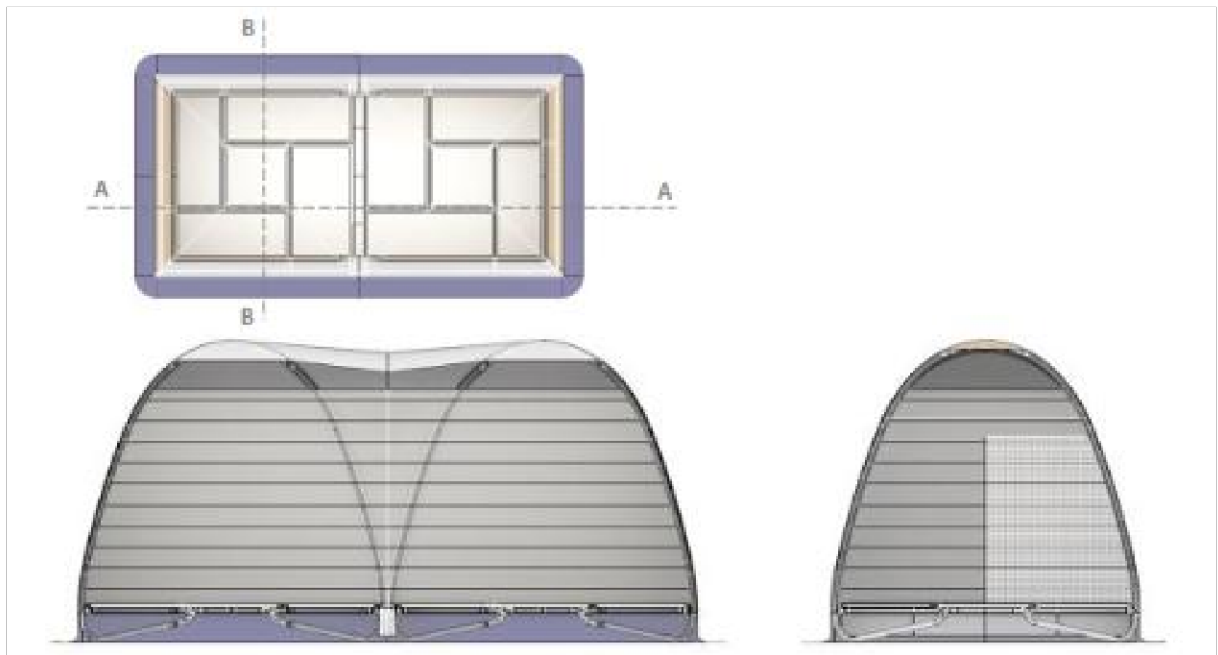


FIGURA 1.26: Prototipo la VEM, arriba planta, abajo secciones verticales longitudinal y transversal. Tomado de <http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/>

Han sido, son y serán muchas las posibilidades y diversidad de solución de vivienda emergente, pero ahora, saber cuál de todas ellas es la correcta es muy controversial en su amplio contexto, y en especial a la adaptabilidad del ser humano junto al entorno físico en la que se encuentren, pero también es inevitable pensar que talvez el mayor problema no solo sucede durante la emergencia sino también en la etapa de reconstrucción.

En relación al tiempo, una vivienda emergente es deducible y muy fácil de elegir la correcta, pues se sabe que debe poder suministrarse de manera inmediata y con un periodo de vida útil favorable (durable), de los casos estudiados se realiza una línea temporal para establecer una idoneidad de su aplicación (ver fig. 1.27).

### Línea temporal de las viviendas analizadas

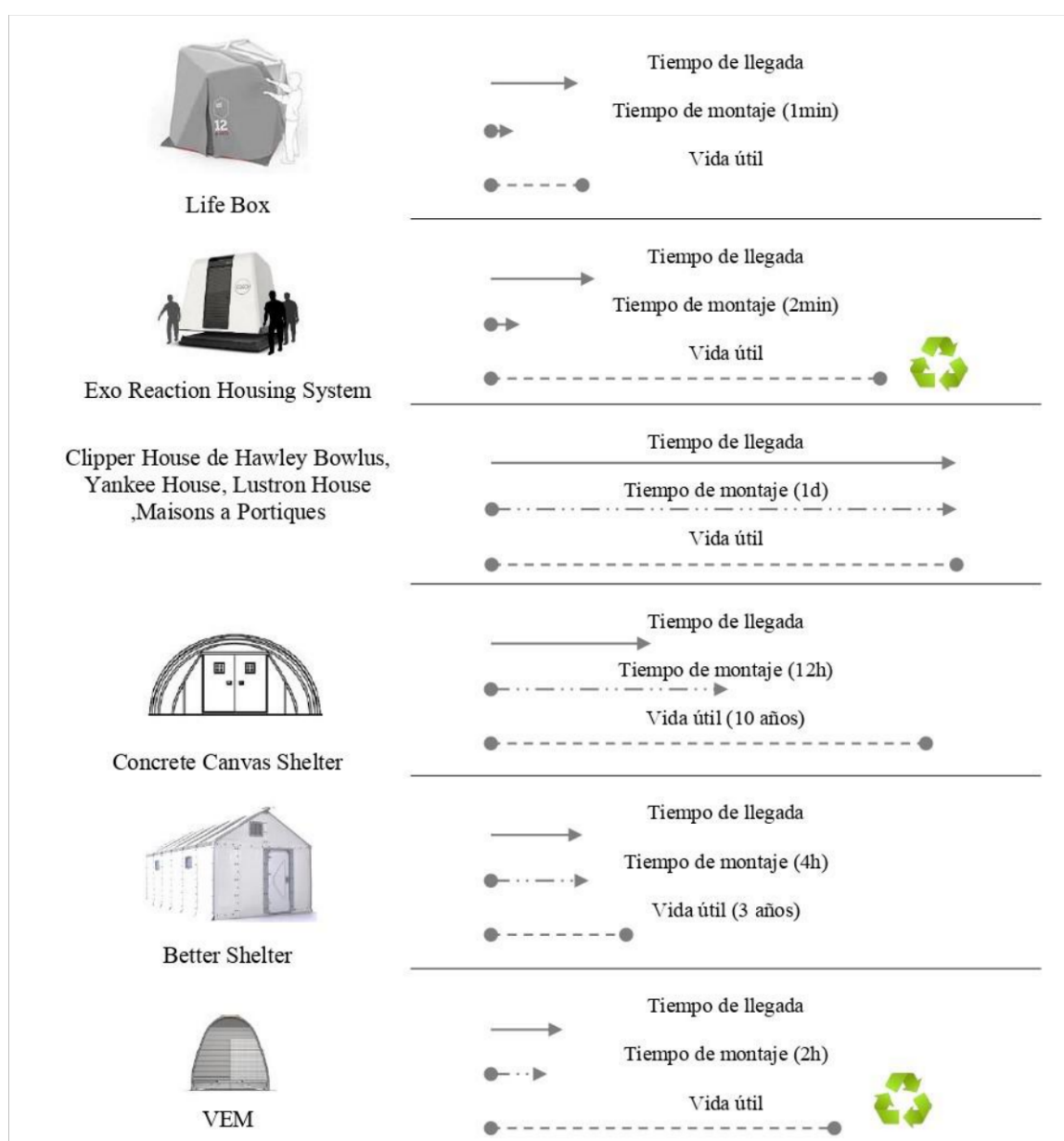


FIGURA 1.27: Línea temporal de las viviendas emergentes analizadas

Claro está que las respuestas a todas las fases del desastre son importantes, de la figura 1.22 se pudo observar que la VEM y Exo Reaction Housing System se encuentran mejor encaminadas para atender una situación post-desastres, pero en el caso de la VEM se ha visto que pretende responder a todas las etapas post-desastre, por lo que al parecer la VEM representa una de las mejores opciones.

Sin embargo, las soluciones de Better Shelter y Concrete Canvas Shelter por ejemplo, se analizó que por sus características aislantes, cosa que no posee la VEM, tienen mejor acogida en climas fríos, lo cual resultaría en una característica a considera en nuestra propuesta.

No obstante, se comprobará con las simulaciones térmicas que se realicen.

Pero aún se interpone la cuestión de permanencia y aceptación del espacio habitable que según Ian Davis repercute mucho sobre las pautas socioculturales.

En torno a la cuestión de usabilidad de vivienda emergente la experiencia pone a prueba toda la lógica de los parámetros auto comprensibles.

La solución de mediagua por ejemplo representa una experiencia única en toda la historia de la vivienda emergente, a pesar que presenta características precarias, parece ser una excelente solución, pues los mismos usuarios han hecho evidente su aprobación y prolongación de vida útil, además resulta ser una muy buena opción para la etapa de recuperación y desarrollo.

#### **1.4.4. Soluciones precarias con buena acogida**

Según Lawner (como se cita en [Saffery Gubbins y Baixas Figueras, 2013](#)) históricamente desde el terremoto de Chillán de 1939 la solución de vivienda emergente es la comúnmente llamada mediagua (ver fig. 1.28).

Se trata de una construcción de madera que ocupa una área de 18 m<sup>2</sup> (6 x 3 m) que a pesar de ser concebida y materializada como una solución transitoria suele ser habitada durante largos periodos de tiempo lo que significa que su diseño y forma mantienen condiciones de permanencia.

La experiencia de la mediagua como vivienda emergente parece ser una de las más exitosas a nivel mundial, según [Saffery Gubbins y Baixas Figueras \(2013\)](#) sus metros cuadrados construidos y el sistema de producción han sido lo más eficiente como para que perdure durante más de 74 años, en un principio fue producida por la fundación de viviendas “Hogar de Cristo”, luego en 1997 fue adoptada por la organización “Un Techo para Chile” quienes más adelante la han aplicado a otros países bajo el contexto de: “Un Techo para mi País”, la adopción de esta solución como vivienda emergente fue normalizada por MIDEPLAN (Ministerio de Planificación, Costa Rica) y en la actualidad es ofrecida por empresas particulares que se multiplican en casos de emergencia y contribuyen a resolver el problema de damnificados.



FIGURA 1.28: Mediaguas en Chile construidas tras el terremoto de Tocopilla en 2010. Tomada de <http://www.biobio proyecta.cl> 2010 05 06 las mediaguas estandar de viviendas de emergencia

A partir del 2017 en Chile la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), ha tomado en consideración nuevos criterios técnicos que la mediagua inicial no consideraba, como la aislación térmica, aislación acústica y la incorporación de redes sanitarias y eléctricas. La vivienda mantiene los 18m<sup>2</sup> de espacio habitable, con recinto sanitario y con el kit de instalación eléctrica (ver fig. 1.29).

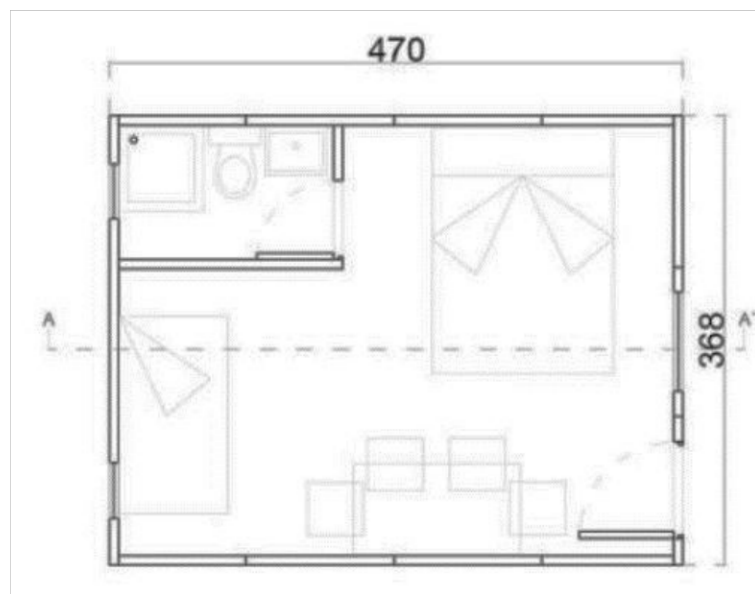


FIGURA 1.29: Planta arquitectónica. Tomada de <https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones-constructiva-saplicadas>

Conserva la misma estructura de pilotes impregnados y vigas de madera (ver fig. 1.30), para el piso se ha empleado losa de 75 mm SIP (panel sándwich OSB, moderno sistema estructural soportante conformado por un alma de espuma rígida de Poliestireno de alta densidad), los muros son paneles SIP de 77 mm con terminación SMART PANEL (revisten y estructuran la vivienda a la vez, incluye solución de traslape de unión permitiendo prescindir de diagonales y cadenetas) al exterior y OSB al interior, las divisiones del recinto de baño y la estructura de cubierta son en paneles SIP OSB/OSB, zinc para la cubierta, puertas pre-colgadas y ventanas estándar de aluminio económicas (Chamblas, 2017).



FIGURA 1.30: Esquema colocación paneles de piso sobre estructura de piso. Tomada de [https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones\\_constructivas\\_aplicadas](https://issuu.com/yurichamblas/docs/soluciones_constructivas_aplicadas)

Un poco más de un siglo atrás, exactamente 124 años hasta el 18 de abril de 2020, una solución de mediagua llamadas “cabañas” fue empleada en Estados Unidos durante la etapa de reconstrucción y desarrollo tras un terremoto de gran magnitud en San Francisco-California el 18 de abril de 1906. Este desastre además provocó un incendio que duró 3 días en ser extinguido dejando 3 000 muertos y 225 000 personas sin casa, un déficit habitacional de un total de 28 000 unidades de vivienda. La vivienda desarrollada 3 meses después del incidente por el cuerpo de ingenieros del ejército estado unidense (Army Corps Of Engineers) fue una tipología de vivienda prefabricada y transportable de madera (ver fig. 1.31).



FIGURA 1.31: A la izquierda asentamiento temporal del terremoto de 1906, a la derecha sistema de transporte utilizado. Tomado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614>

Esta vivienda era alquilada por un monto de 2 USD mensuales a las personas damnificadas para ser instaladas en los asentamientos organizados por el ejército, una condicionante era el derecho de posesión que surgía a partir del año de ocupación, bajo este permiso las personas tenían el compromiso de comprar un terreno y trasladar su vivienda bajo su propio coste en un plazo de 3 meses. Las viviendas variaban en sus dimensiones, desde 13 m<sup>2</sup> hasta los 37 m<sup>2</sup> con una cantidad de 2 a 3 habitaciones, la construcción y montaje tuvo un costo de 100 USD a 741 USD. Después de 22 meses del desastre todas las viviendas ya habían sido trasladadas a su ubicación permanente, aún hasta el 2013 se ha constado que estas cabañas han sido conservadas en perfecto estado (ver fig. 1.32) y convertidas en museo (Calderón, 2013).



FIGURA 1.32: A la izquierda propietaria posando en su vivienda, a la derecha viviendas conservadas en el Parque Presidio de San Francisco. Tomada de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19614>

Es muy alentador conocer que la solución de mediagua se ha mantenido a lo largo del tiempo, sin embargo, no se puede obviar que su construcción y montaje requiere de al menos 2 días. Pero, a pesar del tiempo de montaje ha resultado una excelente opción de vivienda post-desastre.

Sin embargo aún es inevitable preguntarse: ¿cómo debería ser la mejor solución de vivienda emergente?, ¿Cuál es la materialidad con la que se debe construir?, la vivienda emergente como respuesta a los desastres ¿tiene la obligación de superar las necesidades de emergencia, recuperación y desarrollo?, muchas familias se quedan permanentemente sin hogar y quizá sea lo más idóneo, pero para ello según argumentos de Ian Davis amerita que la vivienda confiera criterios de adaptación al damnificado y al entorno, de no ser así la usabilidad de la vivienda es nula. Entonces la vivienda emergente ¿debe o no ser una solución permanente?, la respuesta de ello se entabla directamente a las situaciones socioeconómicas post-desastre resultantes, hay que tener claro algo muy importante, la vivienda emergente como se definió antes conlleva una solución global tanto del espacio como del usuario, es decir es una cuestión de habitación-habitabilidad, entonces sea cual fuera la situación los damnificados deben superar sus dificultades en estancias cómodas.

Afortunadamente vivienda emergente no es un tema joven, y tiene muchos estudios a nivel mundial que han permitido por lo menos fortalecer las medidas de actuación y orientarlas hacia un interés común (superar los efectos adversos con los menores traumas sociales, económicos y culturales posibles), no se puede finiquitar una solución porque entra en juego algunas situaciones. En primer lugar, los desastres han sido, son y serán impredecibles, segundo los escenarios de emergencia son diferentes no es lo mismo enfrentar un desastre en un asentamiento de clima cálido que uno de clima frío o en el caso de Ecuador no es lo mismo un desastre en la región sierra que en la amazonia o costa ecuatoriana y por último los escenarios y desastres suelen ser multifacéticos.

Para entender mejor la incesante cuestión de cómo se debe abordar una vivienda emergente a parte de los casos referentes estudiados se ha recopilado, comparado y analizado criterios de diferentes autores como: Ian Davis, Saffery Gubbins & Baixas Figueras, Manual Esfera, ACNUR y FICR, estos tres últimos son organizaciones creadas específicamente para atender situaciones de emergencia) para definir factores universales.

### 1.4.5. Vivienda emergente, factores que permiten concebir una solución eficiente

La vivienda emergente es sin duda alguna una arquitectura de mucho valor en el contexto urbano, es por ello que se debe tener en consideración regirse a ciertos parámetros o factores que permitan concebir una solución eficiente.

[Saffery Gubbins & Baixas Figueras \(2013\)](#) bajo criterios de Ian Davis mencionan que entre los factores que debieran conjugarse en equilibrio para definir una propuesta de vivienda de emergencia están:

Materiales, estos deben adecuarse a factores climáticos y ser estructuralmente resistentes;

Constructivas, debe ser sistemática con un montaje rápido; espaciales, deben configurarse según componentes constructivos;

Logísticas, se deben poder trasladar los componentes de manera eficiente al lugar de la emergencia;

Productivas, disposición de producción de bajo costo;

Culturales, formas y materiales apropiados a modos de vida y realidad cultural,

Finalmente los factores de diseño, estos son modulaciones que eviten pérdidas de material por recorte y que regulen al mismo tiempo los espacios.

Manual Esfera conocida como la iniciativa más antigua en el campo de las normas universales humanitarias, inicio en 1997 por unas organizaciones no gubernamentales, el movimiento internacional de la cruz roja y la Media Luna Roja, define entre otras cosas indicadores clave y las características básicas del mejor refugio o alojamiento.

Este debe ofrecer protección contra las condiciones climáticas, promover la salud, favorecer la seguridad por unidad familiar, debe ser ligero para su fácil transporte, adaptable a las necesidades y preferencias de la población; debe tener una construcción sencilla y sostenibles (uso de materiales con bajos niveles de emisión de carbono y la posibilidad de su reutilización) que ameriten una fabricación de bajo coste, durable y de fácil mantenimiento.

Los criterios del Manual Esfera con los antes mencionados conjugan características muy similares, esto hace que los criterios de vivienda de emergencia se fortalezcan entre las dos entidades interpretándolos en un mismo lenguaje.

El Alto comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados ([Alto comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 2012](#)), encargado de proteger a los refugiados de conflictos bélicos y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja [FICR] ([Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja., 2010](#)), quien centra sus esfuerzos para ayudar a víctimas de desastres naturales coinciden con los criterios de cultura, materialidad, durabilidad y adaptabilidad.

Entendiendo a estos autores es posible generalizar principales premisas a la hora de diseñar una vivienda destinada a cubrir rápidamente un estado de emergencia, estas son:

Tabla 1.4: PARÁMETROS PARA UNA VIVIENDA EMERGENTE

Ítem	Descripción
1	Resistencia a los fenómenos meteorológicos
2	Durabilidad
3	Fácil mantenimiento
4	Adecuación al medio
5	Facilidad de transporte
6	Ligereza
7	Bajo coste de fabricación
8	Sencillez constructiva
9	Reutilizable
10	Salubre
11	Sostenible

Con estas premisas ya no es muy indiferente y distante percibir o imaginar una solución idónea de vivienda emergente, se entiende que con estos factores es posible generar soluciones en cualquier parte del mundo con respuestas positivas, pero ahora la toma de decisiones puntuales y específicas se ven influenciadas de manera estricta por el clima, a esto se refiere cuando se menciona la adecuación de la materialidad a factores climáticos, y es que justamente el clima juega el papel más importante a la hora de concebir una solución específica de vivienda emergente dentro de un entorno cálido, frío o que a su vez posea todas las estaciones del año.

## 1.5. La vivienda emergente en los andes del ecuador

### 1.5.1. Región andina ecuatoriana: contexto

**Medio físico** La región Andina del Ecuador se encuentra atravesada de norte a sur por 2 cordilleras que forman la cordillera de los Andes, hoyas y valles interandinos, dentro de toda su cadena volcánica destacan elevaciones importantes: El Chimborazo, Illiniza, el Cotopaxi, el Cayambe y el Antisana.

Las grandes elevaciones se encuentran del centro al norte de toda la cadena volcánica, desde Riobamba hacia el sur disminuye su altitud y aumenta su ancho, formando lo que se lo conoce como altiplano (Vargas, 2008).

La región Andina del Ecuador se extiende de norte a sur del país, y se ubica en el centro de su ancho territorial. En esta región se identifican 11 provincias: Loja, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Sto. Domingo de los Tsáchilas, Pichincha, Imbabura, Carchi (ver figura 1.32). La mayor parte de las zonas urbanas se encuentran entre los 20003000 msnm (INAMHI, 2017).

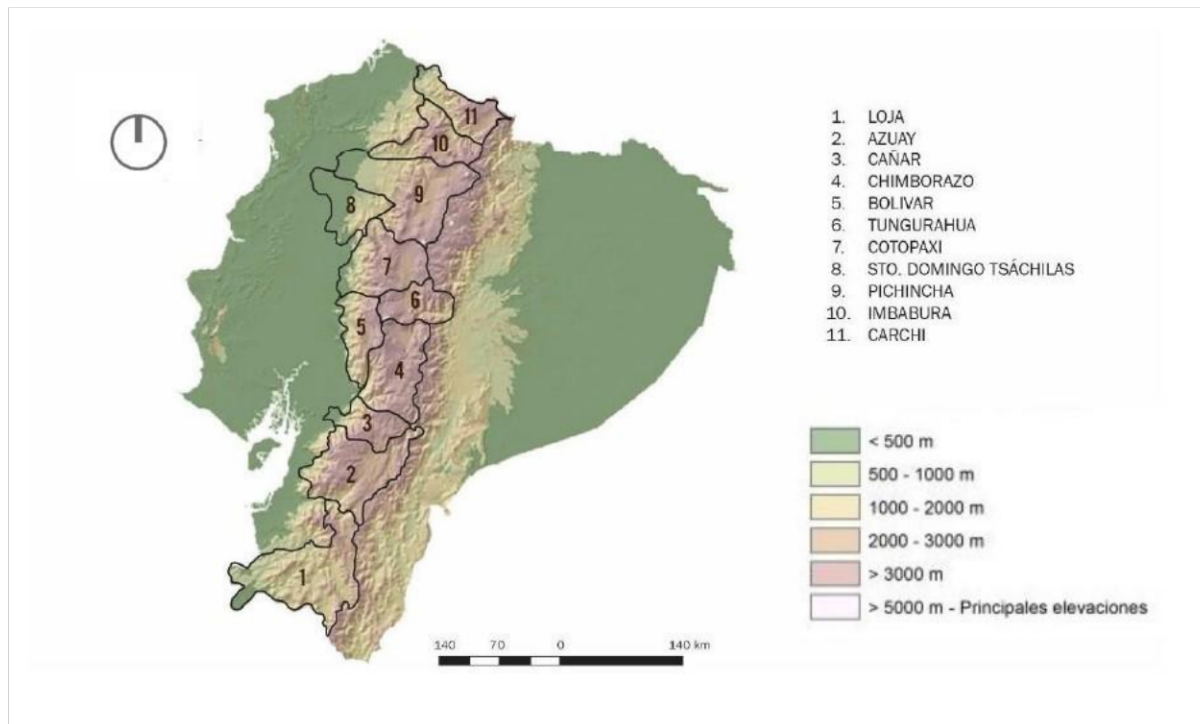


FIGURA 1.33: División geográfica y altitud de la región Andina ecuatoriana. Imagen elaborada con datos tomados de INAMHI (2019)

**Características geográficas** El paisaje de los Andes de Ecuador se presenta en 2 cordilleras:

La cordillera occidental

La cordillera Real

Estas se encuentran coronadas por volcanes con una altitud de 4300 y 6300 m.s.n.m y un ancho que oscila entre los 100-140 km. El callejón interandino formado por estas 2 cordilleras tiene un ancho inferior a 40 km y esta constituidos por hoyas que se separan entre sí por nudos de 3 000 y 3 400 m.s.n.m. estas hoyas se encuentran a una altitud entre 1300-3000 m.s.n.m (Pourrut, 1983).

En los Andes a medida que las alturas disminuyen los volcanes son reemplazados por extensos relieves horizontales y ondulares entre los 3 000 – 4 700 m.s.n.m., hacia el sur correspondientes a las provincias de Azuay, Cañar y Loja las alturas alcanzan una altitud de 2 000 – 3 500 m.s.n.m. y aparecen grandes valles transversales, de los cuales se puede denominar a Catamayo y Puyango pertenecientes a la ciudad de Loja (Pourrut, 1983).

Según investigaciones de Ulloa y Jorgense (Como se cita en Hofstede, Lips, y Jongsma, 1998) afirma que los Andes resulta de la actividad de subducción entre la placa nazca a expensas de la Sudamericana esto desarrolló el arco volcánico continental con topografía irregular que se conoce (ver fig. 1.34) durante la era mesozoica hasta la cenozoica; en consecuencia, las formaciones pétreas en el sur y norte de la región son diferentes.

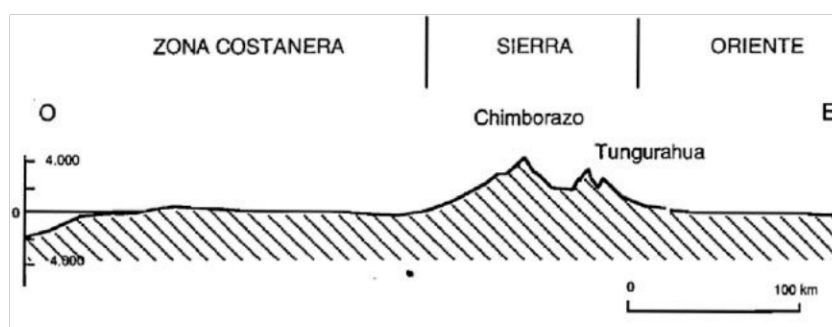


FIGURA 1.34: Corte esquemático de la topografía de las regiones del Ecuador, al centro la región Andina representado por el volcán Chimborazo y Tungurahua, los picos más altos de la región. Tomada de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers16-09/010022382.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf)

**Clima:** La región Andina del Ecuador se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y oriente, pero en general toda la Región mantiene un clima frío, sin embargo, en los valles interandinos la temperatura puede ser más caliente mientras que en los páramos, sobre los 3 000m de altitud es sumamente frío. Los Andes del Ecuador recibe la influencia alternada de masas de aire oceánico y amazónico debido a su ubicación intermedia de la región Costa y Amazonía (Pourrut et al., 2003). Según el análisis de Bussmann (2005) la temperatura promedio anual en la región Andina ecuatoriana está entre los 15-17 °C y en los meses más fríos la temperatura promedio puede ser de 9-11 °C, en el mapa 1.35 se observa las temperaturas medias anuales.

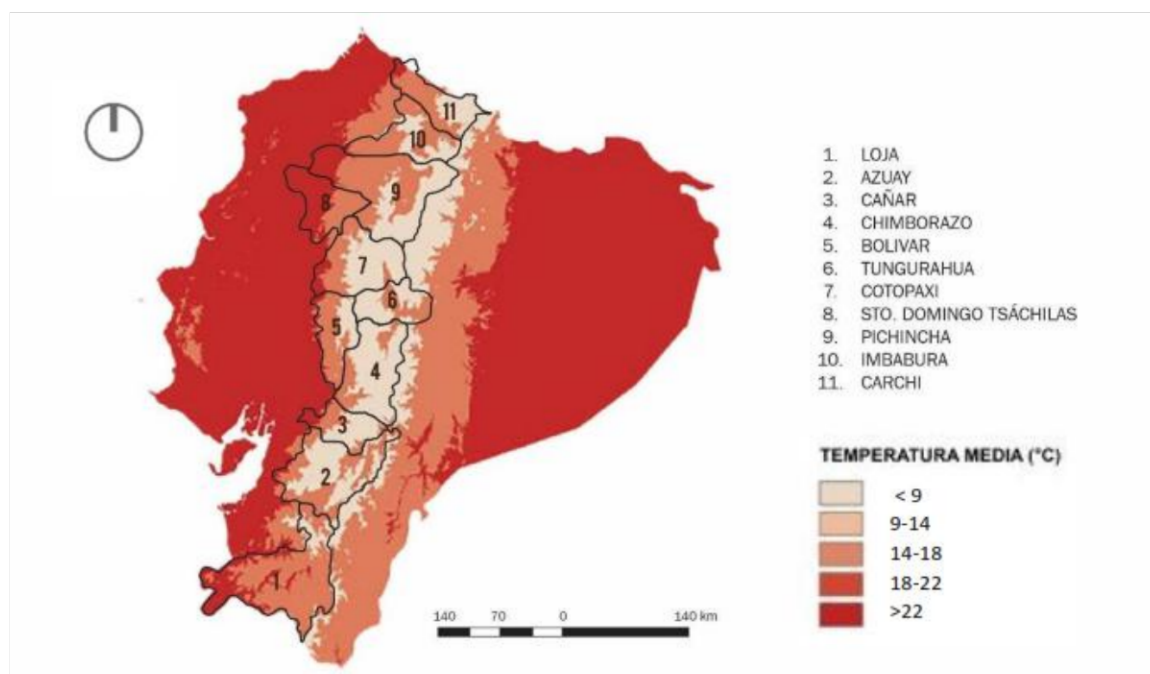


FIGURA 1.35: Corte esquemático de la topografía de las regiones del Ecuador, al centro la región Andina representado por el volcán Chimborazo y Tungurahua, los picos más altos de la región. Tomada de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers16-09/010022382.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf)

Las temperaturas medias según Ocampo (2017) dependen mucho de la altura, así, se tiene que por cada 100m en ascenso la temperatura disminuye  $0.6^{\circ}\text{C}$  (Lips, 1998). Pourrut et al. (2003) en su estudio determina que el descenso de temperatura por cada 1000 m de altura es de  $4.7^{\circ}\text{C}$ , si fraccionamos en su décima parte, se obtiene que por cada 100 m de ascenso la temperatura disminuye en  $0.47^{\circ}\text{C}$ .

Según Varela & Ron (2020), en los Andes del Ecuador puede presentar variaciones altas de temperatura durante un día. En la figura 1.35 sabiendo que la región Andina del Ecuador se encuentra en la parte central, se puede observar que las variaciones de temperatura media máxima y mínima durante todo el año son bajas (ver figura 1.36).

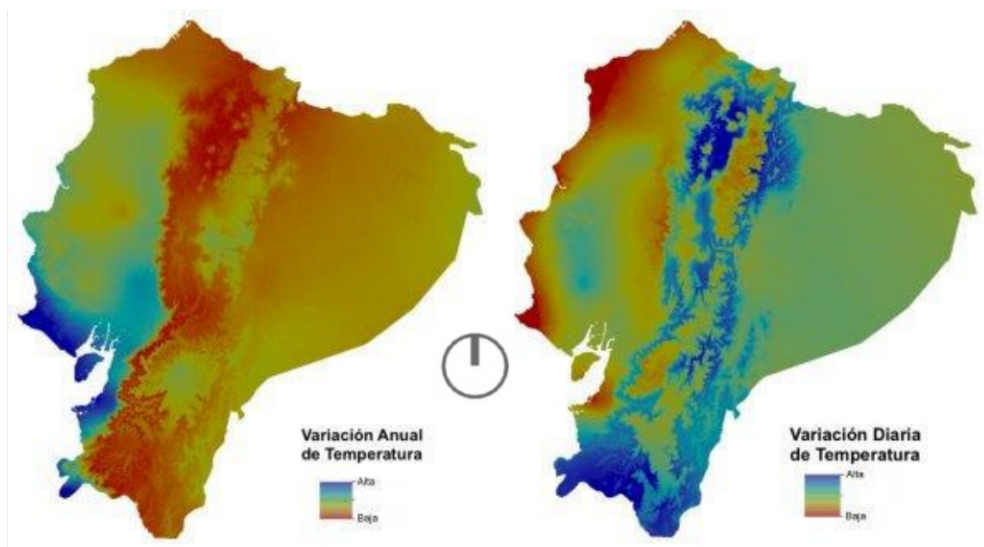


FIGURA 1.36: Variación de temperatura anual y diaria. Tomada de Varela & Ron, 2020

En cuanto a las precipitaciones, este, es un factor que modifica la temperatura de manera impredecible y en algunos casos con grados significativos, en la región Andina ecuatoriana se puede encontrar 2 picos de precipitación en consecuencia de la zona de convergencia intertropical, los lugares más lluviosos son los flancos externos de la cordillera (Pourrut et al., 2003).

El primer pico de precipitación va de febrero hasta mayo y el segundo de octubre hasta noviembre; la principal estación seca conocida como invierno austral se produce de junio hasta septiembre, el segundo periodo menos lluvioso se presenta de diciembre hasta enero conocido como veranillo del niño (Lips, 1998).

### 1.5.2. Caso referente, la fundación techo en los andes del Ecuador

En la región Andina del Ecuador la práctica de vivienda emergente ha sido un tema que no se ha profundizado, a lo largo de la historia se han encontrado que las soluciones para atender las situaciones de emergencia se han limitado al uso de tiendas de campaña, carpas con uso de materiales a base de telas y plásticos, esta necesidad talvez inoportuna se puede justificar por la ausencia de desastres en los últimos años.

Sin embargo, existen instituciones que brindan ayuda en situaciones de emergencia; TECHO es una de ellas, una entidad que trabaja en todo el Ecuador y presta sus servicios en los Andes, aunque evidentemente no se esté atendiendo situaciones de emergencia post-desastre, genera un aporte en ciudades que presentan asentamientos precarios; “la arquitecta Vintimilla mencionó que en Quito, TECHO apoya con su programa a asentamientos con déficit de vivienda” (V. Vintimilla, comunicación personal, 19 de junio de 2019). Es lógico que todos los asentamientos precarios sean altamente vulnerables en caso de una catástrofe y por ende necesitan ser atendidos. En el Ecuador el registro y actividad de vivienda emergente en la región Andina se encuentra respaldada por la actividad que TECHO ejecuta actualmente.

TECHO en Ecuador brinda sus servicios por más de 20 años, creada originalmente al sur de Chile. A partir del 2002 TECHO maneja un programa de ejecución que cuenta con ciertas características: la vivienda tiene un costo mínimo de 2000 USD; plazo de construcción de dos días; piezas desmontables y de fácil transporte en caso de requerirlo. Su construcción no requiere mano de obra calificada, solo se necesita un área de 18 m<sup>2</sup> y la asistencia de un manual.

Este prototipo no emplea servicios sanitarios, agua potable, eléctricos ni telefonía e internet, el material empleado es madera, paneles MDP y zinc para la cubierta que se resuelve a dos aguas más impermeabilización.

### Análisis del prototipo

La solución espacial de la planta arquitectónica es un espacio abierto de 18m<sup>2</sup>, que puede ser empleado de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

**Cimentación:** Usa 12 pilotes de 10x10 cm y una altura de 1.05 m, distribuidos en una proporción 3x4 es decir 3 pilotes en un sentido y 4 en el otro. Los pilotes son enterrados hasta un 60 % min. del total de su altura, como resultado la edificación queda a 40 cm sobre el nivel 0.00; sobre estos pilotes se colocan 9 vigas de 10 x 5 cm y 2 m de longitud, para lograr una mayor resistencia a la flexión se coloca el lado de los 5cm sobre los pilotes (ver fig. 1.37).

Sobre estas vigas se colocan 2 paneles MDP (ver fig. 1.37) los cuales a su vez se asientan sobre una estructura conformada por tiras de 5x5 cm, estas se anclan con clavos de 4”.

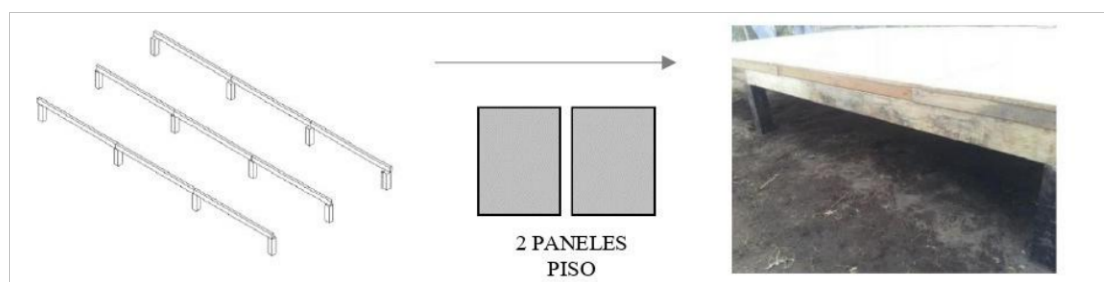


FIGURA 1.37: A la derecha cimentación del prototipo, a la izquierda estructura de piso terminado. Tomada de Sandoval, 2013

**Mampostería:** Las paredes se conforman de 6 paneles 2 frontales, 2 posteriores y 2 laterales (ver fig. 1.38), los frontales son diferentes de los posteriores por los vanos (puerta, ventana), los paneles se resuelven mediante una estructura con tiras de 5x5 cm. Las paredes frontales y posteriores dan la caída del agua de la cubierta (Sandoval, 2013).

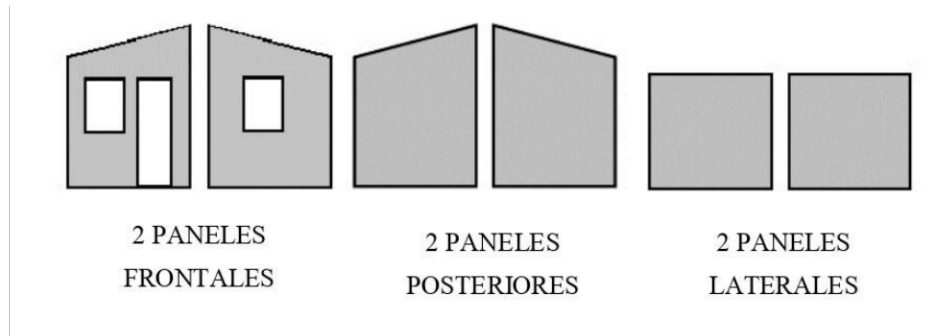


FIGURA 1.38: Paneles prefabricados que componen la mampostería de la mediagua. Tomada de <https://es.slideshare.net/catalinazl/manual-nuevo-de-mediagua-antigua1/4>

**Cubierta:** La cubierta se resuelve mediante una viga maestra que conecta desde la mitad de los paneles frontales hasta la mitad de los paneles posteriores, esta viga a su vez se estructura mediante 2 tiras de 2,5 x 10 cm y 3 m de longitud, esta viga se une en 3 puntos separadas entre sí 10 cm (ver fig. 1.39).



FIGURA 1.39: Viga maestra de la vivienda que usa la fundación Techo en los Andes del Ecuador. Tomada de Sandoval, 2013

Sobre la viga maestra se colocan 6 vigas secundarias 3 a cada lado, de manera que se apoyan en un extremo sobre la viga maestra y al otro sobre los paneles laterales, sobre estas se colocan unas vigas en sentido perpendicular que van desde los paneles frontales hacia los posteriores, 3 a cada lado, sobre esta estructura se coloca un fieltro (papel alquitranado de color negro, que sirve de aislante para la humedad y temperatura), finalmente sobre la aislación se colocan las planchas de zinc (Sandoval, 2013).

Este sistema nació en Chile y su función ha hecho posible la aplicación incluso en la región Andina del Ecuador pero como ya se mencionó antes, esta solución presenta ciertas debilidades; efectivamente es una solución de vivienda mínima que puede ser suministrada en situaciones post-desastre, sin embargo, los requerimientos en respuesta al clima de los andes ecuatorianos no satisfacen las condiciones de confort del usuario en este clima, por lo que en consecuencia demandaría un consumo energético para climatizar el ambiente interior, lo cual no es factible por la índole socio económica de este espacio.

La situación de permanencia sobre la demanda de la media agua es menos preocupante ya que por las situaciones empíricas que se ha vivido en otros países, han evidenciado su eficacia en cuanto a su ocupación, es consciente que en el Ecuador en comparación a otros países y especialmente en la región Andina el manejo de esta respuesta es muy joven, pero la experiencia vivida genera certeza para su aplicación o al menos se tiene claro que una respuesta con forma función y tecnología austera y tradicional (la típica casa a dos aguas) mantiene mejor acogida por los usuarios.

La búsqueda de una vivienda emergente sostenible resulta ser una necesidad inminente estipulada a nivel mundial con fundamentos acreditados por Manual Esfera, ACNUR y FICR, esta búsqueda se fortalece por la necesidad de bajo costo que repercute en la demanda de mantenimiento y consumo energético tan indispensable sobre todo si se trata de un clima frío como los Andes ecuatorianos; a esto se suma la evidente contaminación ambiental aunque no precisamente resulte de la producción de estas viviendas es una cuestión latente que no merece empeorarla, por lo tanto la región Andina ecuatoriana no queda exenta de esta realidad.

Durante la carrera de arquitectura se ha revisado que la arquitectura bioclimática resulta ser una gran herramienta en el contexto de sostenibilidad, buscando brevemente con otros autores como [González \(2010\)](#); [Guerra \(2013\)](#); [Serra Florensa y Coch Roura \(1995\)](#); [Velázquez \(2015\)](#) se encontró que esta arquitectura contribuye de una manera lógica al ahorro energético.

Ahora con el análisis de vivienda emergente se ha percatado que esta vivienda encuentra una estrecha relación con la prefabricación ya que es lo único que ha hecho posible atender la necesidad de respuesta rápida, esta situación claramente sugiere un aporte significativo y nos encamina brevemente con la arquitectura moderna. Entonces, hasta aquí se tiene claro que la arquitectura bioclimática y la arquitectura moderna sugieren aportes significativos para una vivienda emergente.

Pero ante esta noción que se adopta también se tiene claro dos situaciones, la primera que la arquitectura bioclimática puede aportar de manera favorable al caso de estudio y la segunda que, en un contexto sostenible, la arquitectura moderna y en especial la prefabricación se contraponen con el tema de estudio, pues si hablamos de sostenibilidad aleatoriamente la prefabricación puede inducirse en nuestra mente como un tema controversial.

Es consciente que la intención del presente trabajo intenta abordar con una respuesta de vivienda emergente indagando la arquitectura bioclimática y la arquitectura moderna, hasta ahora se tiene presente que ambas arquitecturas aparentan un aporte excepcional.

Entonces: ¿Cómo realmente puede portar la arquitectura bioclimática a la vivienda emergente?, en realidad ¿Puede la arquitectura moderna estar presente en un contexto sostenible? Para saldar todas estas cuestiones latentes que nos inducen hasta ahora en el capítulo II y III se aborda estas 2 arquitecturas para dar respuesta a la búsqueda de una vivienda sostenible para la región Andina ecuatoriana.

## Modernidad, un aporte inherente para la vivienda emergente

### 2.1. El inicio de la modernidad

Arquitectura moderna, desarrollada a principios del siglo XX y se mantiene hasta esta época nace posterior a la Gran Guerra consecuente al derrumbe del sistema político y social europeo, las migraciones urbanas a causa de la revolución industrial, esto en cuanto al aspecto socio-económico, específicamente en la arquitectura tiene gran influencia el desarrollo y manejo de nuevos materiales como: el acero, el hormigón, el vidrio laminado y aluminio. Es en la segunda guerra mundial donde se cristaliza lo que hoy conocemos como arquitectura moderna, Varios arquitectos han sido participes de este concepto, con diversos criterios, pero enfocados a un mismo estilo.

Walter Gropius en Alemania funda la “Bauhaus”, una escuela de diseño y arquitectura donde se enseñaba el uso de materiales modernos e innovadores para crear edificios, muebles y objetos originales. Tras ser cerrada la Bauhaus, Le Corbusier, amante del hormigón, Funda el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna, la cual influyó durante el siglo XX. Este autor, consideraba que la arquitectura, era un juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes (formas simples) bajo la luz. Wlter Gropius fue quien impulso la industrialización en la vivienda no solo en la época de la Bauhaus sino también en su estilo en los Estados Unidos. En los años 20 las principales figuras del movimiento moderno mantenían el espíritu industrial, veían en la industrialización una solución para muchos problemas de la época.

En 1887 Le Corbusier apostaba por la vivienda en serie y la utilización de los métodos de la industria estas eran: estandarización, Industrialización y Taylorización o división de tareas (Saiz, 2015). Alvar Aalto, un influyente más en este movimiento, entusiasta de los principios funcionalista, maneja la estética industrial y las superficies puras. Frank Lloyd Wright trabaja con características orgánicas y funcionales dentro de un contexto industrial. Para los arquitectos vanguardistas las formas debían ser simples sin ornamentos, los materiales no debían tener texturas falsas, sus diseños se caracterizan por ser ortogonales, ventanales grandes con perfiles de acero y espacios interiores luminosos (Paya, 2012), cada vez más los arquitectos han encontrado respuesta en la industrialización de los materiales, al parecer el tiempo resulta un recurso de mucho valor en el campo de la construcción.

## 2.2. Arquitectura post guerra y la vivienda emergente

Con la primera y segunda guerra mundial se han generado nuevos comienzos en la arquitectura, después de la primera guerra mundial (1914-1918), la prefabricación de la vivienda fue un proceso de la industrialización, en especial en Europa que recibió un gran estímulo por la necesidad de reconstrucción y los excesos de producción en metales que demandaban nuevas aplicaciones, así las industrias armamentísticas en especial las aeronáuticas intentaban reciclarse en industrias para tiempos de paz (Saiz, 2015).

En Gran Bretaña las cifras elevadas por demandas de viviendas y la falta de mano de obra especializada impulsaron el desarrollo del sistema industrializado con el programa “home fits heroes”, sin embargo ninguna compañía de vivienda industrializada construían tantas viviendas como en la segunda guerra mundial; en Alemania la producción de vivienda industrializada comenzó en 1926 debido a que las afecciones por la guerra fueron muchísimo más fuertes que en otros países contendientes (Saiz, 2015).

Durante la segunda guerra mundial (siglo XX), nace una nueva necesidad, la vivienda militar emergente, y fueron los mismos conflictos bélicos a lo largo y ancho de todo el planeta que lo provocaron; en 1929 Buckminster Fuller diseña la casa Dymaxion House (ver fig. 2.1), esta solución ofrecía una producción en serie de fácil transporte y ambientalmente eficiente, pero esta tipología de vivienda nunca fue pensada para ser usada como una respuesta habitacional ante una catástrofe o vivienda militar emergente, tenía una estructura ligera de aluminio y plástico; pero su concepción fue el modelo ideal para evolucionar a la Dymaxion Deployment Unit (ver fig. 2.1) un prototipo capaz de atender las demandas de refugio ante los posibles bombardeos que podrían sufrir las ciudades inglesas (Enríquez, 2017; Monfort Ballester, 2015; Ocampo, 2017).

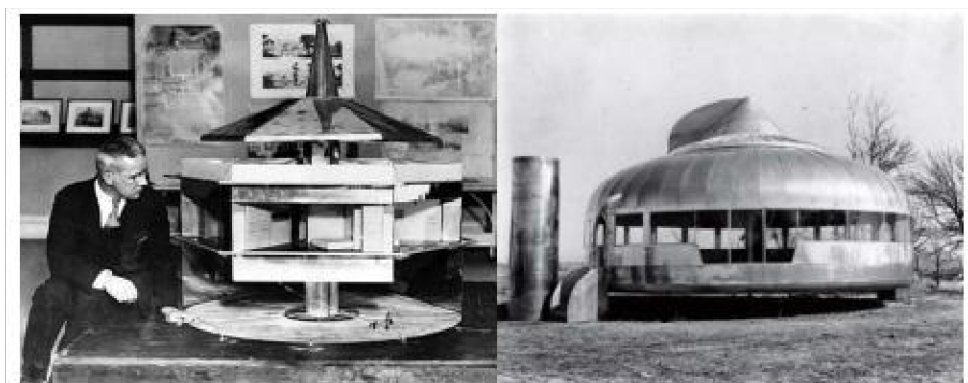


FIGURA 2.1: A la derecha Fuller con la maqueta del diseño, a la izquierda Dymaxion House emplazada. Tomada de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-288162/clasicos-de-arquitectura-la-casa-dymaxion-buckminster-fuller/51>

El diseño original de Fuller fue una casa hexagonal de 100 m<sup>2</sup>, diseñado para resistir terremotos y tormentas, su sistema estructural consistía en un apoyo de un pilar central, el diseño también presentaba turbinas de viento en el techo y un amplio sistema de cisternas para recoger y reciclar el agua (Fracalossi, 2013).



FIGURA 2.2: A la derecha Dimaxion Dploymnt Unit, a la izquierda el interior. Tomada de <http://sebastiaankaal.nl/architecture/roundhouse-DDU/index.php?fno=9>

La Dimaxion Deployment Unit fue desarrollada como respuesta a la petición de “British War Relief Organization” (Organización Británica de Socorro en la Guerra), Estados Unidos también solicitó el diseño de Fuller para ser utilizado como alojamiento de emergencia para los soldados de la Fuerza Aérea durante la II guerra mundial (Calderón, 2013). El sistema prefabricado de la Dimaxion Deployment Unit la convirtió en el candidato ideal para resguardar a los soldados heridos durante la II guerra mundial.

### 2.2.1. 1941 refugio primitivo: Alvar Aalto

En 1941 Alvar Aalto presenta 2 diseños de viviendas temporales de emergencia como respuesta a la segunda guerra mundial, que los llamó Refugio Primitivo, el primero era transportable (ver fig. 2.3) y el segundo móvil (ver fig. 2.3). Esta invención jamás fue construida, pero resulta muy novedoso, las viviendas debían ser agrupadas en 4 unidades que compartirían un sistema de calefacción central. El modelo transportable podía moverse fácilmente de un lugar a otro, como las tiendas de campaña, su peculiaridad era que su sistema de calefacción central lo hacía más caliente, haciendo de él una opción más rentable (Davis, 1980; Cardoso Ziebell, 2017). En este prototipo de respuesta para una situación de emergencia se puede recalcar el concepto de compacidad, al encontrarse agrupadas evita que pocas caras del conjunto mantengan contacto con el exterior.

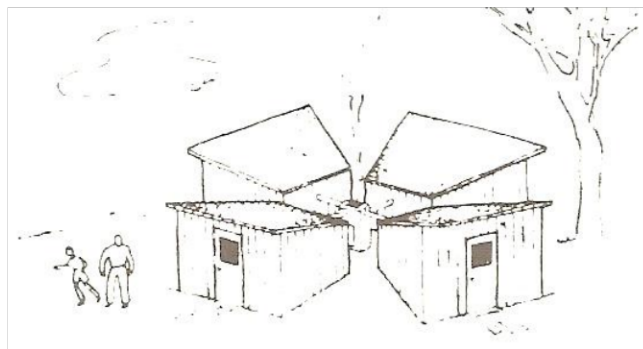


FIGURA 2.3: Refugio Primitivo, modelo transportable. Tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Transportavel\\_fig18\\_277159417](https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Transportavel_fig18_277159417)

El segundo modelo consistía en una estructura más pesada, la peculiaridad de este modelo era la posibilidad de transformarla en una vivienda permanente, Aalto la había diseñado para que la agrupación de las cuatro viviendas temporales pudiera convertirse en una vivienda permanente con solo mover los módulos (Davis, 1980).

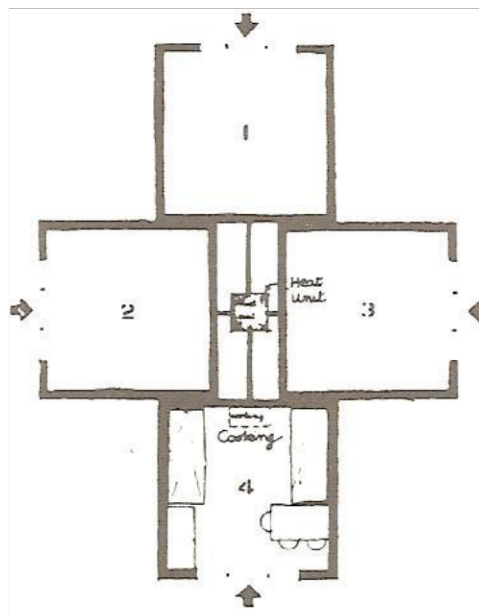


FIGURA 2.4: Refugio Primitivo, modelo móvil. Tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Movel\\_fig19\\_277159417](https://www.researchgate.net/figure/Alvar-Aalto-Refugio-Primitivo-Movel_fig19_277159417)

### 2.2.2. 1942, Plas -2 points- house (Marcell Breuer)

En 1942 Marcell Breuer desarrolló la casa prefabricada Plas -2- House, desmontable y transportable en una sola planta (ver fig. 2.5), con una superficie de 55 m<sup>2</sup> disponía de 2 dormitorios, sala, 1 baño, cocina y comedor, este prototipo podía construirse de forma aislada o adosada haciendo posible construirlas en hileras, su estructura y diseño hacia posible adaptarse a cualquier topografía, su cimentación constaban de 2 puntos que sobresalían del terreno a los que se anclaba toda la estructura, estos apoyos tendrían que soportar un peso aproximado de 2 toneladas.



FIGURA 2.5: Prototipo Plas-2- House proyectado por Marcell Breuer. Tomada de <https://likemyplace.wordpress.com/2014/02/12/looking-back-prefab-marcel-breuer-1942>

El prototipo usaba madera laminada, las conexiones del laminado estructural permitían una producción en serie y la orientación de las fibras podían controlar y rigidizar la estructura contra las fuerzas de los vientos.

Cada una de sus piezas de la estructura de la vivienda estaban pensadas para producirse en serie, así también cada una de ellas se había pensado en función a su manera de trabajar (tensión y esfuerzo) de tal forma que todas las cargas se transmitían a los 2 soportes que sobresalían del suelo.

La concepción del diseño básicamente se ha centrado en la composición simétrica y repetición de las piezas, es difícil justificar la innovada intervención a tensión y compresión, pero su resistencia y estabilidad se ven marcadas por las cerchas triangulares del piso y la cubierta (Rodríguez et al., 2014).

La proyección de una vivienda con estas características resulta interesante por el aislamiento que presenta con el suelo, al tratarse de una estructura de madera es preocupante soportarla directamente sobre el suelo, pues los niveles de humedad devastarían rápidamente su concepción, esto indica que las probabilidades de prolongar su vida útil es más certera, este prototipo genera una visión de jugar con los elementos posibilitando optimizarlos a una cantidad necesaria que no impliquen costos significativos.

### 2.2.3. 6 x 6 House (Jean Prouvé)

Jean Prouvé a lo largo de su carrera ha mostrado gran interés en la prefabricación, pero su ayuda humanitaria ha sido lo que le llevó a concebir la 6x6 house, una vivienda prefabricada que combina y optimiza el metal y la madera, por la escasez de metal en aquella época (ver fig. 2.6), la vivienda estaba diseñada para poder ser montadas en un día por tres personas (Saiz, 2015).



FIGURA 2.6: 6 X 6 House de Jean Prouvé, configuración final y montaje. Tomada de <https://www.metalocus.es/es/noticias/jean-prouve-casa-desmontable-de-6x6m-1944600cm>

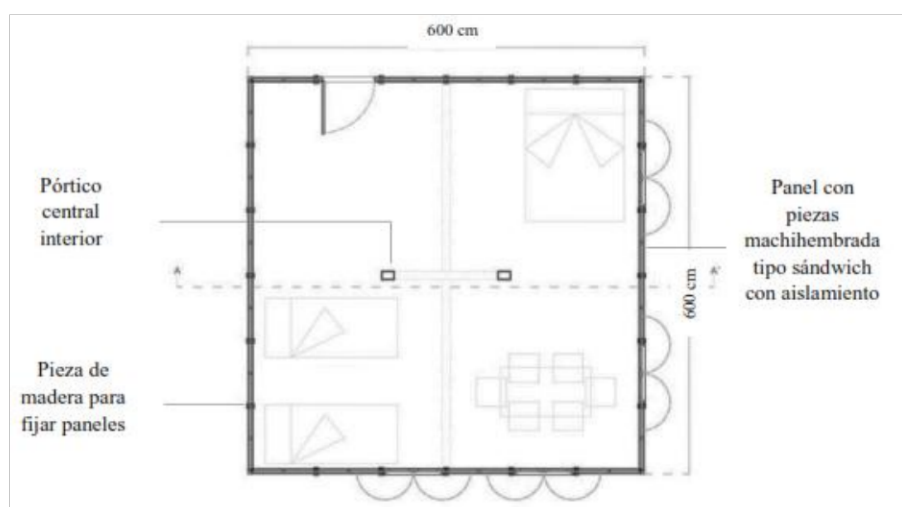


FIGURA 2.7: 6 X 6 House de Jean Prouvé, planta arquitectónica. Tomada de <https://issuu.com/yurichamblas/docs/solucionesconstructivasaplicadas>

Los componentes de esta vivienda aporcionada se podían transportar en un camión fácilmente, era un sistema perfectamente diseñado, compuesto y modulado, básicamente su estructura era de metal y las paredes se componían por paneles de madera (ver fig. 2.8), sin embargo, la producción de este modelo fue limitado por el hecho de que sus materiales escaseaban para entonces.

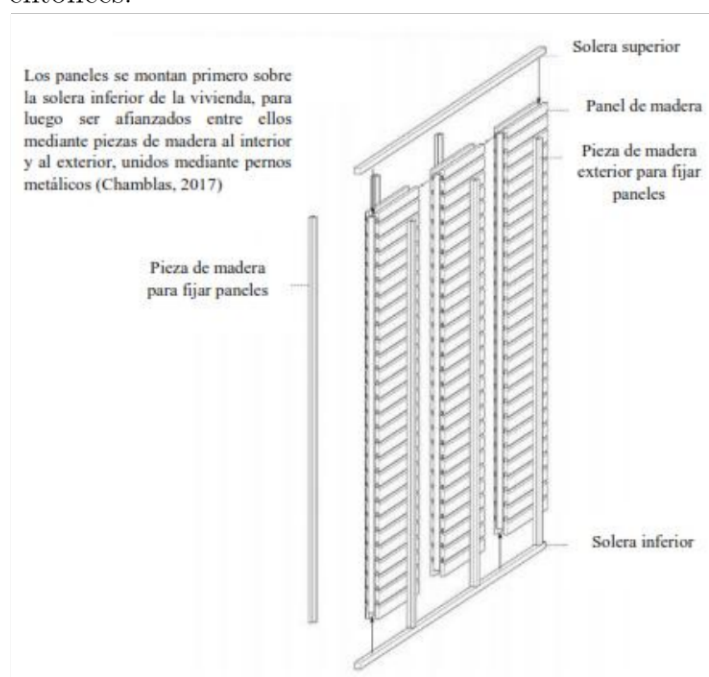


FIGURA 2.8: 6 X 6 House de Jean Prouvé, esquema de ensamblado de paneles. Tomada de <https://issuu.com/yurichamblas/docs/solucionesconstructivasaplicadas>

Es interesante como el sistema constructivo de Jean Prouvé optimiza el uso de materiales lo cual repercute en su bajo costo, y consigue maximizar el espacio interior; el eje principal del diseño es el pórtico interior que permite estabilizar completamente el

diseño, la modulación de un metro entre paneles que aplica al igual que muchos diseños, permiten cambiar la posibilidad de los vanos de acceso de la vivienda, estos paneles de madera se configuran con un aislamiento que permitían a la vivienda mantener las condiciones de temperatura internas confortables, siguiendo el mismo sistema constructivo creó otros edificios de mayor envergadura implementando lamas, voladizos para la protección solar y sistemas de ventilación a través de la cubierta demostrando la capacidad que tiene una vivienda prefabricada para adaptarse al clima en comparación con los sistemas convencionales de aquella época.

## 2.2.4. 1948 Geodesic Dome. (R. Buckminster Fuller)

Se trata de una cúpula geodésica (ver fig. 2.9), en este prototipo Fuller dedicó su mayor tiempo en investigación, y en la misma se concentran los principios de “Tensegridad” (Integridad Tensional) desarrollados por él. Fue patentada en 1954.

Por ser una estructura estable y modular ha sido utilizada en innumerables ocasiones como refugio habitacional y en lugares extremos. De ella parten los diseños de las carpas utilizadas como refugio de emergencia (Monfort Ballester, 2015).

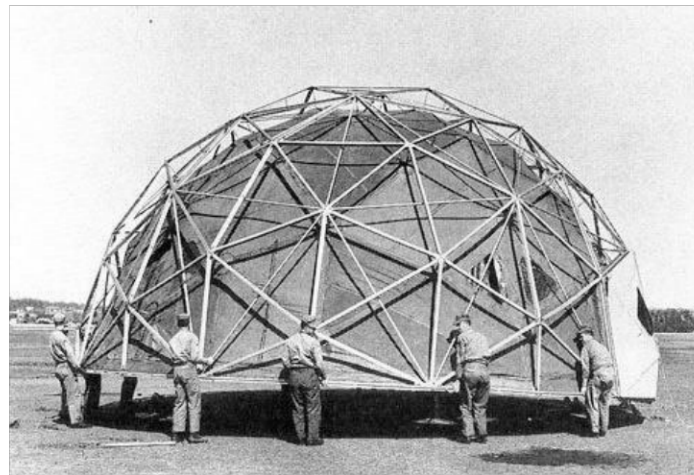


FIGURA 2.9: Geodesic Dome. Tomada de <https://www.pinterest.de/pin/8493514294564917>

De todos los casos que se han visto se encuentra que en un proceso de prefabricación industrial, la principal ventaja es el ahorro de tiempo, pero también algo importante y de mucha apoyo a la hora de concebir una vivienda emergente es la modulación, esta particularidad ha sido un criterio que ha permitido grandes avances de modelos o soluciones, este sistema permite una flexibilidad abierta para quienes la posean, así será muchísimo más fácil ajustar a las necesidades de los usuarios, entonces tanto la prefabricación como la modulación han sido criterios que se adoptaron y son propios de la arquitectura moderna, lo que señala un vívido aporte para la vivienda emergente, pero en términos sostenibles puede resultar contradictorio.

Entonces la posibilidad de una vivienda emergente prefabricada sostenible no es difusa, más allá de toda esta agotadora contraposición las soluciones basadas en la prefabricación claro está que resultan un aporte ideal para una solución de arquitectura emergente, sus procesos de pre ensamblado facilitan el suministro de cada una de ellas en tiempo récord, cubriendo la necesidad de respuesta rápida ante una emergencia post-desastres.

La arquitectura post-guerra se centra específicamente en una vivienda de rápido montaje. En definitiva, era una arquitectura de emergencia que usaba un sistema industrializado con fuerte influencia de la Bauhaus, donde la prefabricación fue la solución más idónea. En esta época la Dymaxion House como se vio anteriormente representaba una concepción revolucionaria de vivienda, que, por sus características de fácil montaje, prometía un gran potencial para convertirse en una vivienda para atender situaciones de emergencia y efectivamente más tarde tras la segunda guerra mundial fue sintetizada para convertirse en la Dymaxión Deployment Unit.

Una gran realidad en la concepción de vivienda emergente es que ha mantenido una perfecta relación con la prefabricación, una primera experiencia se da en 1820, las viviendas con estructura de madera prefabricada siguiendo el sistema de Manning Portable Colonial Cottage (cabaña colonial transportable) fueron enviadas a Sudáfrica para asistir a los colonos Easter Cape Providence (ver fig. 2.10).

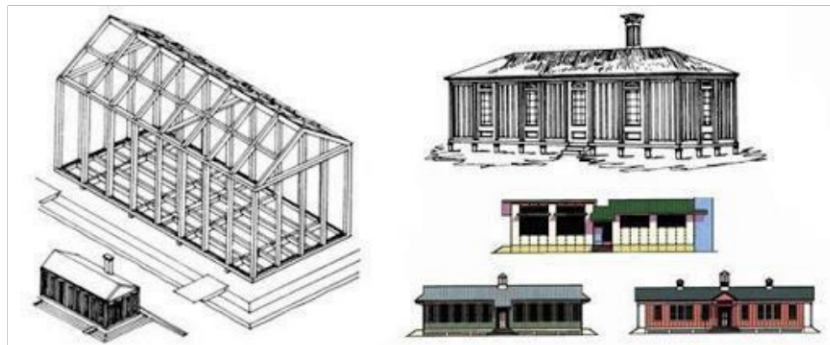


FIGURA 2.10: Viviendas Manning Portable Colonial Cottage (cabaña colonial transportable). Tomada de <http://www.mimbrea.com/hablando-de-construccion-modular-primer-parte/>

La prefabricación industrializada claramente entabla una situación contraproducente respecto a la sostenibilidad, pero con las experiencias de 1820, de las viviendas con estructura de madera se sabe que la prefabricación no necesariamente tiene que ser industrializada, así también se pudo ver en las experiencias de la fundación TECHO creada en Chile.

Sin duda alguna la prefabricación ha sido un gran apoyo para impulsar la eficacia de la necesidad de respuesta inmediata que tanto requiere una vivienda que brinda refugio a los asentamientos afectados de desastres, para entender de mejor manera la prefabricación, miremos su contextualización.

## 2.3. Prefabricación un concepto propio de la modernidad

Lo que se ha visto en los referentes, y en toda la modernidad es la obsesión por la prefabricación. La prefabricación puede ser entendida como la elaboración de las partes que componen un proyecto ya sea fuera de la obra (taller, fábricas), o al pie de la misma con el objeto de facilitar su construcción con operaciones simples de montaje; la prefabricación considera tres aspectos fundamentales: componentes constructivos, ensambles o uniones y medidas (Saffery Gubbins y Baixas Figueras, 2013).

En los componentes constructivos existen 3 categorías que se denomina de acuerdo al tipo de elemento que configura la construcción, estos pueden ser: elementos lineales, planos o volumétricos (ver fig. 2.11).

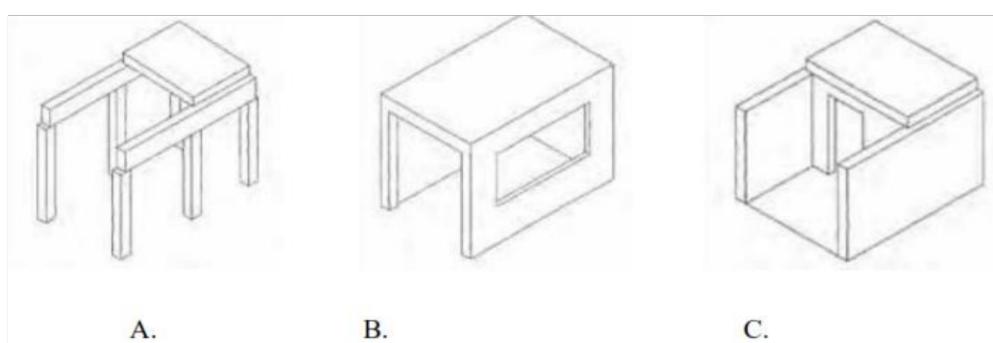


FIGURA 2.11: Modelos prefabricados, a. sistema de marcos; b. sistema de paneles; c. sistema de módulos. Tomada de Saffery & Balxas (2013)

Una estructura prefabricada con elementos lineales o sistema de marcos permite mayor flexibilidad a la hora de conformar el espacio, resulta ser muy flexible seguido por los paneles y finalmente los módulos; ahora el mayor grado de prefabricación, sigue el sentido inverso puesto que los módulos requieren mayor grado de prefabricación (como se cita en Saffery Gubbins y Baixas Figueras, 2013).

Los sistemas de unión o ensamble de los elementos prefabricados pueden tener diferentes formas y grados de libertad; su diseño depende estrictamente del material de construcción, del ángulo de unión entre componentes, la rigidez necesaria y finalmente el grado de desarrollo tecnológico que presenta el contexto de producción y construcción, la tecnología disponible marcará una influencia directa en el proceso de fabricación (pudiendo ser artesanal o industrial) y montaje.

Finalmente el tamaño de los componentes se encuentra regulado por los módulos de medida; para ello se establece un orden de ubicación de las partes según la conformación en la construcción y se coordinan junto al sistema de unión; la respuesta de las medidas básicamente resulta de los espacios deseados, sin embargo se verán limitados por el material disponible y posibilidad disponible de transporte.

La prefabricación admite procesos artesanales e industrializados o lo que es igual procesos con baja demanda tecnología y procesos que requieren altos consumos energéticos (fabricación de módulos), para entender mejor la posibilidad de la prefabricación en un

contexto sostenible veamos dos ejemplos; la vivienda de mediagua concebida en Chile y más tarde adoptada por varios países de América Latina como vivienda emergente, son viviendas que usan un sistema prefabricado a base de paneles de madera, los paneles que usan tienen un formato (1,22 x 2,44 m), que permiten un sistema prefabricado de rápido montaje con bajas tecnologías, este hecho puede ser usado en la propuesta de estudio, además esta situación se fortalece por las pruebas realizadas por el sistema MODARQ desarrollado por Ignacio Baixas y Mario Ubilla, donde una alta eficiencia en fabricación transporte y montaje fue evidente. De acuerdo al análisis de todo este apartado se encuentra que la modernidad principalmente se ha hecho presente durante la segunda guerra mundial con soluciones de gran relevancia destinados a atender las situaciones durante y después de la guerra para refugiar a los militares.

Entonces es fácil asimilar que la arquitectura moderna siempre estuvo presente en la vivienda de tipo emergente, el principal factor que la hace inherente para una situación de emergencia es la capacidad de pronta respuesta, pues básicamente centra todos sus esfuerzos en el manejo de materiales prefabricados y modulares.

Los sistemas modulares han permitido organizar espacios eficientes en torno a la materialidad pre-existente, el material principal utilizado ha sido el metal, además este sistema ha permitido la posibilidad de adaptarse a ciertos cambios a posteriori como el Refugio Primitivo de Alvar Aalto.

Todas las viviendas emergentes de la época moderna al poseer materiales prefabricados y modulares, facilitaban su construcción, incluso se las podía desmantelar en caso de ya no requerirlas para trasladar a otros lugares sin complicaciones.

Sin duda alguna la disposición de materiales prefabricados en sistemas modulares contribuye de manera eficiente para la configuración de una vivienda emergente.

La posibilidad de construir una vivienda prefabricada no necesariamente amerita los procesos industrializados propios de la arquitectura moderna, esto se pudo analizar en el apartado de prefabricación de este capítulo, en consecuencia, esto genera apertura para concebir una vivienda prefabricada en un contexto sostenible, ya que la prefabricación también admite procesos artesanales.

Bajo estas determinaciones el caso de estudio puede adoptar tranquilamente un sistema prefabricado en un contexto sostenible, fundamentado en la arquitectura moderna.

## Arquitectura bioclimática: un complemento eficaz para una vivienda emergente sostenible

### 3.1. Sostenibilidad y arquitectura bioclimática

En este apartado para justificar la presencia de la arquitectura bioclimática en la vivienda emergente sostenible se entabla 2 terminologías: sostenibilidad y bioclimática, por lo que hay que entender la definición de estos dos conceptos excepcionales, el término sostenible se lo puede entender como “el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades” (Yamasaki, 2011).

En arquitectura según Edwards & Hyett (2008) un proyecto para que sea sostenible tiene que ver estrictamente con la reducción del calentamiento global mediante el ahorro energético y el uso de técnicas como el análisis del ciclo de vida, esto con el objetivo de mantener el equilibrio entre el capital inicial invertido y el valor de los activos fijos a largo plazo es decir que los costos por mantenimiento no pueden significar gastos adicionales, pero proyectar de manera sostenible también significa crear espacios saludables, viables económicamente y sensibles a las necesidades sociales; un proyecto sostenible supone respetar los sistemas naturales y aprender de los procesos ecológicos (Yamasaki, 2011), para entender de mejor manera hacia donde queremos llegar con una intervención sostenible miremos el consumo energético de la construcción en nuestros tiempos con relación a varios elementos que se usan para ejecutar las diferentes actividades (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1: CUADRO COMPARATIVO DEL CONSUMO DE LA CONSTRUCCIÓN CON RELACIÓN AL RESTO DE ACTIVIDADES

Elemento	Consumo
Materiales	El 60 % de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción (carreteras, edificios, etcétera).
Energía	Aproximadamente el 50 % de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios, y un 3 % adicional para construirlos.
Agua	El 50 % del agua utilizada en el mundo se destina a abastecer las instalaciones sanitarias y otros usos en los edificios.
Tierra	El 80 % de la mejor tierra cultivable que deja de utilizarse para la agricultura se utiliza para la construcción.
Madera	El 60 % de los productos madereros mundiales se dedican a la construcción de edificios, y casi el 90 % de las maderas duras.

Todos estos valores representan gastos de recursos y gastos energéticos que se encuentran vinculados de manera directa con la contaminación ambiental y el calentamiento global, por lo tanto en el contexto de una vivienda emergente sostenible todos estos valores han de tender a cantidades nulas, para ello los recursos utilizados serán renovables con el fin de establecer un círculo cerrado de su ciclo de vida, esto también posibilita el reciclaje y reutilización, pero para ello será necesario conocer el ciclo de vida exacto de cada uno de los elementos que componen la arquitectura para elegir los materiales más eficientes para su utilización.

En referencia del concepto de arquitectura bioclimática se puede entender como una arquitectura que usa recursos renovables. Así mismo, esta arquitectura se caracteriza por tener la capacidad de adecuarse al medio ambiente y al lugar que se lo introduce, siendo único e irrepetible de acuerdo a las condiciones geográficas y ambientales en las que se desarrolla. En términos conceptuales arquitectura bioclimática se define como la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales mantenidas durante el proceso del proyecto y la obra. La adecuación mencionada se debe aprovechar al máximo, empezando por el diseño del edificio, solución técnica y constructiva de esta manera se estaría procurando dotar de un ahorro energético a largo plazo, capaz de resistir la vida útil del mismo (D'Amico, 2000).

Repercutiendo en todas las premisas de una vivienda emergente se conoce que estas se resuelven bajo estricta relación con el clima y el medio ambiente en el que se ha de desarrollar, además su necesidad de bajo costo obliga drásticamente a optimizar el gasto de recursos (uso de recursos renovables) y a generar esfuerzos que no comprometan elevados gastos energéticos por construcción, funcionalidad y mantenimiento.

En la tabla 3.1 se pudo evidenciar que el consumo energético para solventar el confort del usuario como: ventilación, iluminación y calentamiento del edificio representa el 50 % del total consumido por la vivienda, esta particularidad además de representar un problema ambiental genera costos elevados, en los Andes ecuatorianos el inquietante clima frío obliga la demanda energética para generar calor interior, calor que resulta ineludible para las bajas temperaturas de dicha región, es por ello que una vivienda emergente en los Andes del Ecuador requiere a toda costa proyectarse de manera sostenible.

Entonces, una vivienda emergente sostenible proyectada en los Andes ecuatorianos busca: confort térmico interior con una materialidad sostenible, en una estrecha relación de estos dos términos se podrá evitar gastos energéticos elevados tanto en la vida operativa como en la energía incorporada de los materiales. La arquitectura bioclimática toma las condiciones climáticas como una técnica elemental que sirve a la arquitectura para las labores de sostenibilidad, aportando de esta manera no solo al confort de los usuarios sino también a minimizar el impacto energético (Guerra, 2013); es por ello que se ha encontrado respuesta en esta arquitectura. Es imprescindible entender lo que significa en realidad la arquitectura bioclimática en nuestros tiempos y los beneficios que ofrece a la hora de ahorrar recursos lo que ha de permitir justificar y abordar todos estos argumentos y necesidades planteados.

## 3.2. Arquitectura bioclimática, materiales, confort térmico y eficiencia energética

Entablemos primero la eficiencia energética, el consumo de energía encaminada al ahorro se lo conoce como eficiencia energética, este ahorro de energía no implica necesariamente un cambio de tecnologías y se puede lograr con la aplicación de estrategias pasivas como: factor forma, orientación, protección solar, ventilación e iluminación natural, vegetación; y envolventes que presten aislamientos o alta inercia térmica a conveniencia de las necesidades que presente el proyecto (Guerra, 2013).

Ahora bien, el confort térmico se refiere a los complejos fenómenos energéticos de intercambio de energía entre el cuerpo y el ambiente, el ser humano mantiene una temperatura constante en el interior del cuerpo frente a las variaciones externas mediante un mecanismo propio conocido como homeostasis. Entonces para mantener el cuerpo humano en condiciones confortables es necesario regular la temperatura que lo colisiona. Es necesario tener en cuenta que dentro de un espacio cerrado las ganancias y pérdidas de calor pueden alterarse de manera fácil si no se mantiene un control adecuado de las energías propias del medio ambiente natural (ver fig. 3.1).

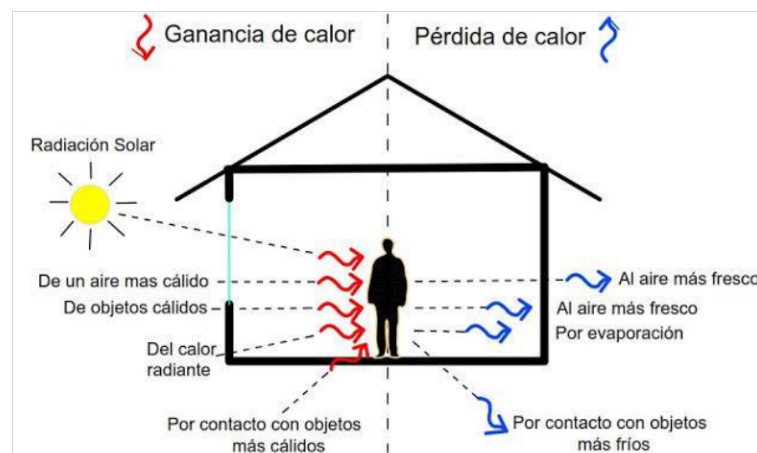


FIGURA 3.1: Ganancias y pérdidas de calor en el usuario. Tomada de [http://alternativa renovable.blogspot.com/2016/12/confort-termico.html](http://alternativa.renovable.blogspot.com/2016/12/confort-termico.html)

Estos efectos repercuten directamente en el confort de los usuarios, el cuerpo humano mantiene una temperatura constante en sus condiciones óptimas de salud para un buen desempeño físico mental, el entorno al no ser constante el cuerpo regula constantemente sus procesos químicos para adaptarse al entorno en un estado confortable, un cambio drástico en la temperatura del aire o disminución del oxígeno entre otros puede comprometer la vida de las personas (Serra Florensa y Coch Roura, 1995) y es que si se trata de los Andes ecuatorianos las ganancias de calor son prioridad y las pérdidas es lo que se debe evitar, entonces el confort básicamente sucede bajo 2 condicionantes:

- La cantidad de calor producida por el metabolismo es igual a la cantidad de calor cedida al ambiente.

- En ninguna parte del cuerpo se percibe sensación de frío o calor.

Estos dos efectos tienen relación directa con las fuentes y sumideros energéticos naturales los cuales a su vez influyen en las condiciones térmicas que afectan al usuario (confort térmico interior). En primer lugar se tiene dentro de las fuentes energéticas, la radiación solar, esta fuente es la más directa que se incorpora al edificio captada por los vanos existentes o predispuestos; el aire exterior es una buena fuente transmisora siempre que se encuentre por encima de los 24 °C; el último, el metabolismo interno, este engloba las personas y los electrodomésticos habituales de una vivienda normal (López De Asiain Alberich, 2003).

En segundo lugar, están los sumideros, el espacio, el primero y el más habitual, siempre cederá el calor hacia el exterior; el aire exterior para este caso siempre que se encuentre bajo los 24°C, arrastra hacia él la temperatura interior del edificio. La superficie húmeda en una vivienda resulta un absorbente de energía inevitable, puesto que el calor que utiliza para evaporar el agua lo saca de su entorno inmediato, esta interacción puede afectar los grados interiores de la vivienda (López De Asiain Alberich, 2003). Entonces para regular estos efectos adversos e irregulares que constantemente cambian consecuentes de las diversas situaciones del interior y exterior del edificio, se debe equilibrar: la temperatura del aire, el efecto radiante, la humedad y velocidad del aire, todos estos factores en sus niveles recomendables encaminan hacia el confort (Serra Florensa y Coch Roura, 1995).

**Temperatura del aire:** Para este factor el valor medio recomendable es: 21 °C en invierno y 26 °C en verano, sin embargo, pueden admitirse pequeñas fluctuaciones en función de la humedad del ambiente y el tipo de usuario.

**Efecto radiante:** Es la temperatura media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influyen sobre los intercambios radiantes.

**Humedad:** Tanto en invierno como en verano, la humedad absoluta del aire debe mantenerse entre 5-12 gr. De agua por kg. de aire seco, de esta manera se logra el confort climático térmico.

**Velocidad del aire:** La calidad del aire se consigue mediante su renovación para evitar posibles olores. El movimiento del aire modifica la sensación térmica del edificio, así se tiene que: bajo una velocidad de 1 m/s puede producir una disminución de temperatura de 2-3 °C, el límite de velocidad es de 2 m/s, puesto que más arriba de este valor el movimiento del aire resulta molesto.

Claro está que las ganancias de calor y mantener los grados centígrados interiores en condiciones confortables representa cierta dificultad; Velázquez (2015) explica que la energía solar térmica resulta ser la energía renovable más interesante a aplicar en la construcción de viviendas, de una manera sencilla y completamente avalada por la experiencia con una tecnología que mejora rendimientos es posible cubrir gran parte de las necesidades de climatización. Por lo tanto, lograr el confort en la vivienda emergente para los Andes del Ecuador con eficiencia energética es posible con la energía solar, pues es el recurso renovable más accesible para el caso de estudio.

Pero lograr toda esta ganancia de energía requiere de un elemento que funcione como emisor y receptor de la misma, este proceso es posible con la inercia térmica y los aislamientos que se encuentra presente en ciertos materiales, estas estrategias permiten optimizar la energía solar de acuerdo a las necesidades requeridas.

### 3.2.1. Inercia térmica y aislamiento

La inercia térmica es la capacidad de ciertos elementos o materiales de conservar la energía térmica que posteriormente es liberada gradualmente de tal forma que: en lugares calurosos, el frío que se acumula durante la noche es liberado durante el día, en cambio en el invierno, la superficie de los materiales expuestos al sol directamente se calientan y por conducción se van transmitiendo el calor y acumulándose en ellos; a mayor inercia térmica existe mayor probabilidad de estabilidad térmico interior (Guerra, 2013).

Las propiedades de la inercia térmica son: masa térmica, calor específico y coeficiente de conductividad térmica; son estas propiedades que permiten captar la energía y liberarla posteriormente de forma gradual.

La captación de calor mediante inercia térmica es ideal para climatizar ambientes en climas fríos, entonces básicamente podemos considerar sistemas captadores que según Serra Florensa y Coch Roura (1995) pueden ser sistemas captadores directos, semi-directos, indirectos (ver fig. 3.2).

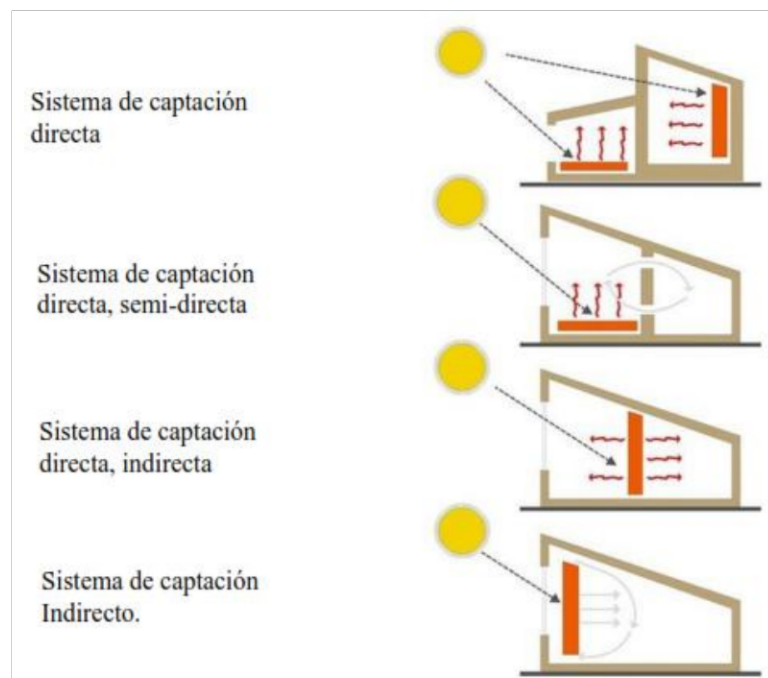


FIGURA 3.2: Lugares aplicables de la masa térmica para una eficiente inercia térmica. Tomada de <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>

Los sistemas captadores se caracterizan por rendimiento a la captación ( $r$ ) y su factor de retardo ( $f$ ), el rendimiento a la captación es la relación entre la energía que penetra al ambiente interior y la energía radiante incidente, el factor de retardo representa la uniformidad que representa el tiempo de penetración durante 24 horas (conductividad térmica).

La relación se ve marcada o se distingue entre la energía que entra en horas sin radiación es decir en la noche y la energía que entra en el día de las 24 horas del ciclo que le corresponde (Serra Florensa y Coch Roura, 1995).

A continuación, se muestra algunos materiales con propiedades térmicas.

Tabla 3.2: CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES TÍPICOS Y SU ESPESOR RECOMENDADO.

Material	Conductividad Térmica (Kcal/ hm°C)	Espesor recomendado (cm)
Adobe	0.15	20-30
Ladrillo	0.63	25-35
Hormigón	1	30-45

Los materiales propios de la zona son los que permiten mejor aprovechamiento y funcionamiento, el ahorro económico es significativo porque se basa principalmente en el conocimiento constructivo (López De Asiain Alberich, 2003).

La tabla 3.3 muestra las fluctuaciones de temperatura de los materiales de la tabla 3.2 (ver tabla 3.3).

De acuerdo con esto, al crecer el espesor del muro la oscilación de temperatura se reduce, lo cual genera un mayor confort térmico en el interior.

Tabla 3.3: TABLA DE FLUCTUACIONES DE TEMPERATURA EN RELACIÓN AL ESPESOR DEL MURO.

Materiales	Fluctuaciones de temperatura en relación al espesor del muro					
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
Adobe	-	10 °C	4 °C	4 °C	5 °C	-
Ladrillo	-	13 °C	6 °C	4 °C	-	-
Hormigón	-	15 °C	8 °C	5 °C	3 °C	3 °C

El hecho que con la inercia térmica se pueda retener calor no garantiza al 100% un confort térmico interior estable, las variaciones constantes de temperatura exterior que ya se mencionó anteriormente, pone en juego la conductividad térmica y el aislamiento del espacio (Bunyesc Palacín, 2017); esto es preocupante en los meses de precipitación donde las horas de insolación se ven reducidas, el aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor (ver fig. 3.3), este se caracteriza por su baja conductividad térmica y densidad (Sanchez, 2017).

Por lo tanto, si un material posee baja conductividad térmica, evita que el frío o calor cambien los grados interiores de la vivienda, cuanto menor sea la conductividad térmica de un material mejor poder aislante posee (Palomo Cano, 2017).

Entonces en un clima frío a mayor aislamiento, menores pérdidas de calor habrán.

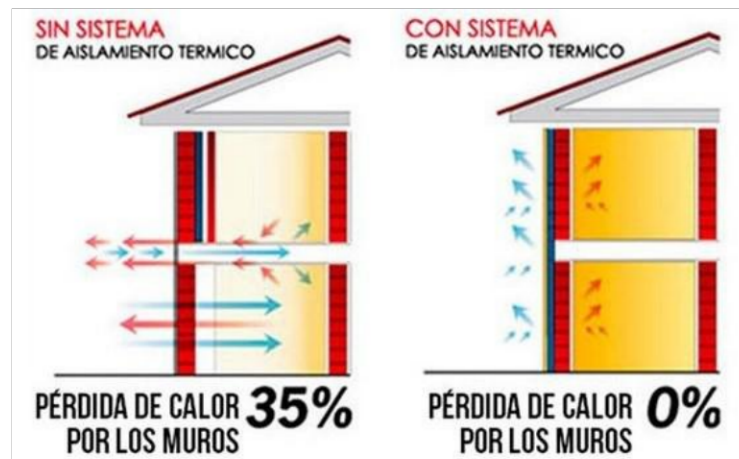


FIGURA 3.3: Comparación ilustrativa de aislamiento térmico. Tomada de [https://in.pinterest.com/pin/ampclientid=CLIENTI Dmwe bunau thid= default. session simplified= true](https://in.pinterest.com/pin/ampclientid=CLIENTI%20Dmwe%20bunau%20thid=default.session.simplified=true)

Velázquez (2015) explica que con un buen aislamiento térmico se obtiene los siguientes beneficios:

1. Reducción de consumo de energía, al reducir las pérdidas térmicas.
2. Mejorar el confort térmico, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores de las paredes y ambiente interior.
3. Suprimir fenómenos de condensación y evitar humedades en los cerramientos.
4. Mejorar el entorno medioambiental, esto sucede porque se reduce la emisión de gases contaminantes que se asocian a la generación de energía y quema de combustibles para aumentar el confort térmico interior de los hogares.

Incluir materiales con alta inercia térmica que permitan al mismo tiempo una baja conductividad térmica más un coherente aislamiento térmico puede lograr buenas condiciones de confort interior en la vivienda, pero para ello, es imprescindible que los materiales con inercia térmica reciban energía solar directa. Así con la captación solar directa, la inercia térmica y el aislamiento la vivienda tiene mayores probabilidades de mejorar el confort térmico interior.

Además de esto para alcanzar el confort hay otras variables exógenas que influyen en el comportamiento del edificio que se debe considerar, y que se pueden tomar en cuenta para la propuesta de esta tesis.

Generar un ambiente confortable en el interior de la vivienda en un entorno frío, es generar un microclima. En el exterior puede suceder lo mismo, según Serra Florensa y Coch Roura (1995), existen importantes variaciones de temperatura del aire por efectos micro-climáticos. Los microclimas son influenciados por el recorrido del sol, protección de vientos que pueda tener un determinado lugar, la presencia de vegetación, entre otros.

La topografía por ejemplo mantiene efectos en la temperatura por la orientación del relieve, (ver fig. 3.4) o por la altura relativa de una ubicación respecto de su entorno próximo.

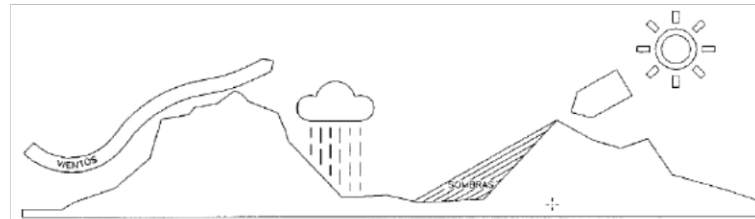


FIGURA 3.4: Lugares aplicables de la masa térmica para una eficiente inercia térmica. Tomada de <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>

Los efectos de temperatura en función a la altura relativa son complejos. En el fondo de los valles se acumula el aire frío más denso, y normalmente más húmedo, por el contrario, en los lugares más elevados y llanos existe mayor exposición al viento y a la radiación solar. En general, en periodos sin vientos, los lugares más deprimidos son más fríos y húmedos, debido a que se acumula el aire frío y la contaminación atmosférica, lo cual produce nieblas (ver fig. 3.5).

Las nieblas bloquean el acceso de radiación solar e impide que se caliente el aire que está en contacto con el terreno, y que, por lo tanto, este aire caliente menos denso suba.

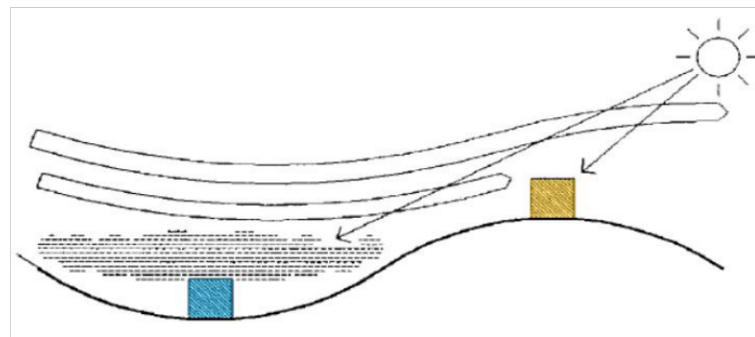


FIGURA 3.5: Incidencia solar en función de la topografía. Tomada de Coch & Serra 1995

Entonces en un clima frío, emplazar una vivienda en zonas deprimidas, no es adecuado. Por otro lado, las situaciones en emplazamientos elevados presentan mayor radiación solar y mayores posibilidades de ventilación, la primera situación (radiación solar) es importante para la vivienda en un clima frío considerando que se configura con suficiente masa térmica como para aprovecharla, sin embargo, la segunda situación (ventilación) podría acabar refrigerando la vivienda (González, 2010).

Según Serra Florensa & Coch Roura (1995) los vientos pueden ser influyentes decisivos sobre variaciones locales (microclimas) específicos. El factor primario que produce los vientos es la existencia de masas de aire a diferente temperatura por efectos de la radiación solar, por lo general el aire frío es más denso y permanece sobre el suelo, este al calentarse se vuelve menos denso y asciende lo que provoca un movimiento constante.

El viento tiene frecuencia e intensidad (velocidad), según la escala de Beaufort los vientos pueden ser: débiles (menos de 12 km/h), medios (12 a 30 km/h), sostenidos (30 a 50 km/h), fuertes (50 a 70 km/h) y temporales (70 a 90 km/h).

Los vientos débiles son vientos adecuados para evitar variaciones en microclimas generados como estrategia para optimizar la temperatura en climas fríos y generar renovaciones del aire sin acentuar drásticamente los grados centígrados ganados en el interior de la vivienda. Definitivamente los vientos en un clima frío son desfavorables, por lo que si se desea aprovechar de un microclima será necesario bloquearlo, o a su vez tratarlos para que disminuyan su velocidad a movimientos tenues (menor a 12 km/h) con tal de no perturbar los microclimas favorables. La vegetación puede funcionar como una barrera protectora de los vientos, para ello en climas fríos se recomienda emplazar las viviendas al borde de la zona arbolada o boscosa que permita protegerse de las orientaciones más frías y con más viento.

Entonces prescindir de los microclimas existentes no sería una decisión coherente, los microclimas pueden aportar eficazmente para conseguir el confort interior de manera más sencilla. Según [Ugarte \(2007\)](#), para conservar la energía ganada en el interior de la vivienda, esta debe garantizar un hermetismo suficiente para impedir que entre el aire y las infiltraciones inoportunas, pero una vivienda cerrada herméticamente de la misma manera que bloquea la entrada del aire evita que este salga, lo que puede afectar en la calidad del aire. Según [Yuste \(2014\)](#) es importante que la vivienda permanezca cerrada durante el día lo que confluente a solo ventilarla por higiene.

Hermetizar la vivienda efectivamente evitará que se infiltre el aire hacia su interior. Las principales zonas propensas de infiltraciones son las puertas y ventanas, entonces precisamente en estas zonas se debe cerciorar que sus rendijas y articulaciones eviten filtrar el aire; así también se debe tener presente que las paredes no presenten rendijas o espacios huecos ni por más mínimos que fuesen, las uniones de piso y paredes a menos si son de madera pueden quedar espacios por donde infiltrar el aire es sumamente sencillo, por lo tanto un coherente anclaje mediante destajes por ejemplo puede generar una solución nula de infiltraciones de aire. La cubierta es un elemento de mucha importancia en la vivienda, esta al igual que todas las partes debe garantizar una correcta aislación de los vientos. Todas las partes que componen la vivienda deben tener correctas uniones de tal forma que el aire exterior no pueda ingresar hacia el interior del edificio.

### 3.3. Indicadores bioclimáticos en la práctica del confort y la eficiencia energética

#### Diagrama psicométrico de Givoni

[López De Asiain Alberich \(2003\)](#) en su estudio: Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura explica que el diagrama psicométrico de Givoni permite conocer de manera aproximada la sensación térmica y de confort de cualquier zona de estudio (en este caso

la región Andina del Ecuador) tomando en cuenta las características del aire, la humedad (eje y) y temperatura (eje x). Con esta percepción aproximada ubicados en el diagrama en función de la humedad y temperatura permite determinar qué características medioambientales aprovechar para colocar a la vivienda en la zona de confort.

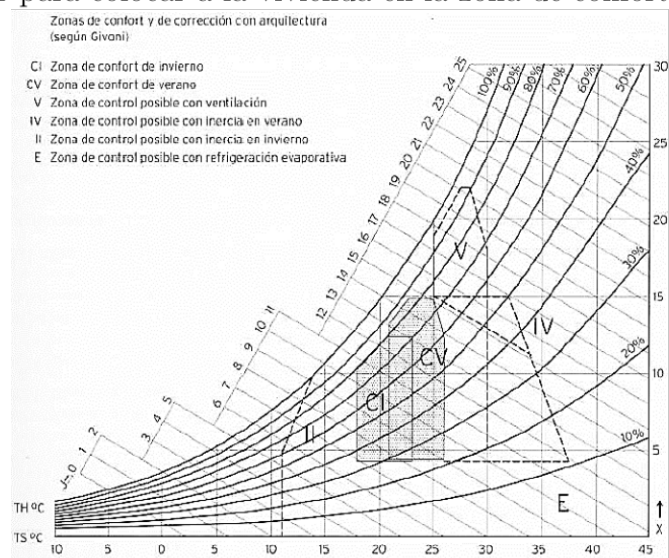


FIGURA 3.6: Diagrama psicrométrico de Baruk Givoni. Tomada de <http://www.coac.net/mediambient/Life/13/13120.htm>

Entonces con el diagrama psicrométrico de Givoni nos permite conocer las estrategias o cualidades que deben tener una construcción en la región Andina del Ecuador. Según Serra Florensa y Coch Roura (1995) en este diagrama con 16°C la Sierra ecuatoriana se encuentra en la zona II (zona de control posible con inercia en invierno), lo cual indica que esta región del Ecuador necesita calefacción solar pasiva, es decir captación solar e inercia térmica, esto permitirá elevar los grados centígrados de la vivienda para colocar en la zona de confort de invierno (ver fig. 3.7).

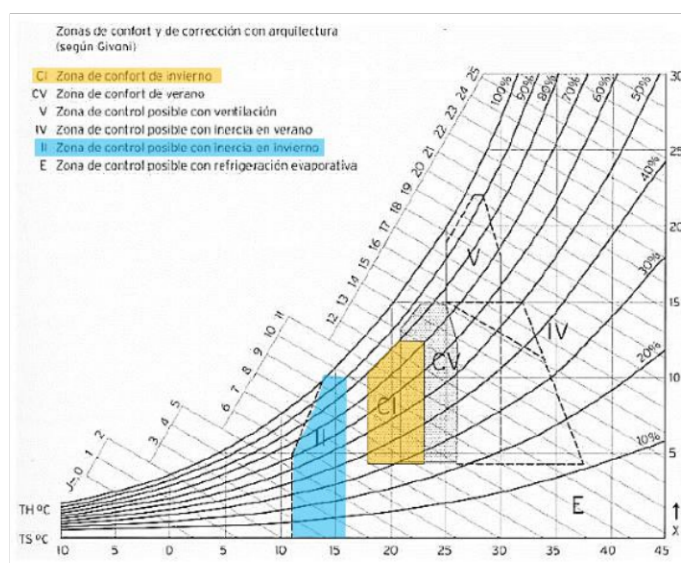


FIGURA 3.7: Diagrama psicrométrico de Baruk Givoni para la región Andina del Ecuador. Tomada de <http://www.coac.net/mediambient/Life/13/13120.htm>

En la figura 3.7 se pudo determinar qué condiciones medioambientales aprovechar ya que el diagrama psicrométrico de Baruk Givoni establecido por el autor [Serra Florensa y Coch Roura \(1995\)](#), muestra las zonas de confort tanto en invierno como en verano así como las zonas de control que requieren distintas estrategias pasivas para ubicar al edificio en la zona de confort.

Gracias a las zonas de control que se establecen en el diagrama psicrométrico de Givoni ha sido posible establecer qué condiciones ambientales (captación solar) se deben aprovechar arquitectónicamente para concebir una vivienda que permita disminuir el disconfort, ubicando a la región Andina del Ecuador en el diagrama de Givoni según sus características climáticas, ha sido fácil reconocer que en un contexto sostenible es preciso aprovechar la captación solar.

Según el diagrama psicrométrico de Givoni la Sierra ecuatoriana al mantener una temperatura promedio máxima de  $17^{\circ}\text{C}$  (dato analizado en el capítulo I), durante todo el año requiere aprovechar la energía solar natural para alcanzar la zona de confort que según esta misma gráfica se encuentra entre los  $18\text{-}23^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, si la vivienda es diseñada cuidadosamente tomando en cuenta el análisis establecido en el diagrama psicrométrico de Givoni nos creará unas condiciones interiores de confort sin ningún tipo de ayuda mecánica.

El Diagrama Psicrométrico de Baruk Givoni, sin duda alguna contribuye de manera significativa para planificar la concepción de una vivienda emergente en los Andes del Ecuador, y es que precisamente el confort térmico interior en consecuencia del clima es una de las mayores preocupaciones para esta propuesta de vivienda emergente.

### **3.4. Orientación y captación solar para climas fríos**

El recurso solar es la principal fuente de energía renovable y económicamente nula, por ello optimizarlo siempre ha de estar presente su eficiencia energética es lo que se desea.

La orientación solar del edificio es importante debido a que la altura y posición cambia durante todo el día, en los Andes del Ecuador debido a sus bajas temperaturas lo primordial es ganar energía calórica por, para ello el análisis de su orientación debe permitir en sus fachadas la mayor captación de radiación solar posible.

La incidencia de la radiación solar sobre la tierra depende de los movimientos relativos de la tierra y el sol. El Ecuador al estar ubicados en el centro de la tierra (latitud  $0^{\circ}$ ) recibe una radiación perpendicular durante todo el año a diferencia de los hemisferios norte y sur.

En el hemisferio norte la fachada sur es la que mayor radiación solar recibe durante todo el año, la radiación solar mantiene mayor incidencia durante el solsticio de verano, mientras que en el solsticio de invierno la radiación es débil.

En el hemisferio sur es viceversa (ver fig. 3.8).

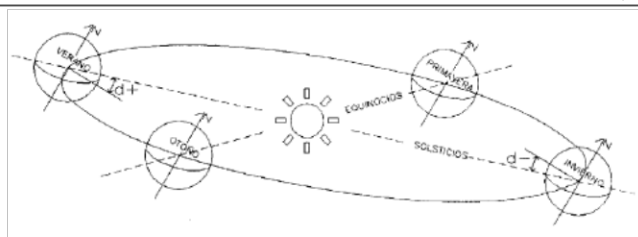


FIGURA 3.8: Incidencia solar en la tierra. Tomada de Coch & Serra 1995

Para aprovechar la mayor radiación solar es necesario conocer la dirección y la inclinación con la que el sol incide en cada momento, esto se puede lograr con la estereográfica solar, puesto que permite conocer la posición relativa del sol y del plano considerado (Serra Florensa y Coch Roura, 1995). Esto permitirá orientar la vivienda de una manera coherente para aprovechar la radiación directa y la dimensión de aleros pertinentes respecto a la captación directa (ventanas).

### Estereográfica solar

La estereográfica solar es una representación en planta del recorrido solar que permite observar el curso y la dirección de la incidencia del sol de cada mes durante todo el año, es decir permite una lectura bastante directa de la posición del sol. Los arcos amarillos muestran la posición del sol de cada hora del día, los anillos concéntricos muestran la altura solar (ángulo solar) con la que incide en cada uno de los meses (Ver fig. 3.9).

Con la estereográfica solar se puede establecer que las fachadas con incidencia solar directa deben ubicarse hacia el este y oeste, al norte y sur no existen muchas posibilidades puesto que el Ecuador se encuentra en latitud 0°. En el Ecuador la tercera fachada que mayor radiación solar directa recibe es la cubierta.

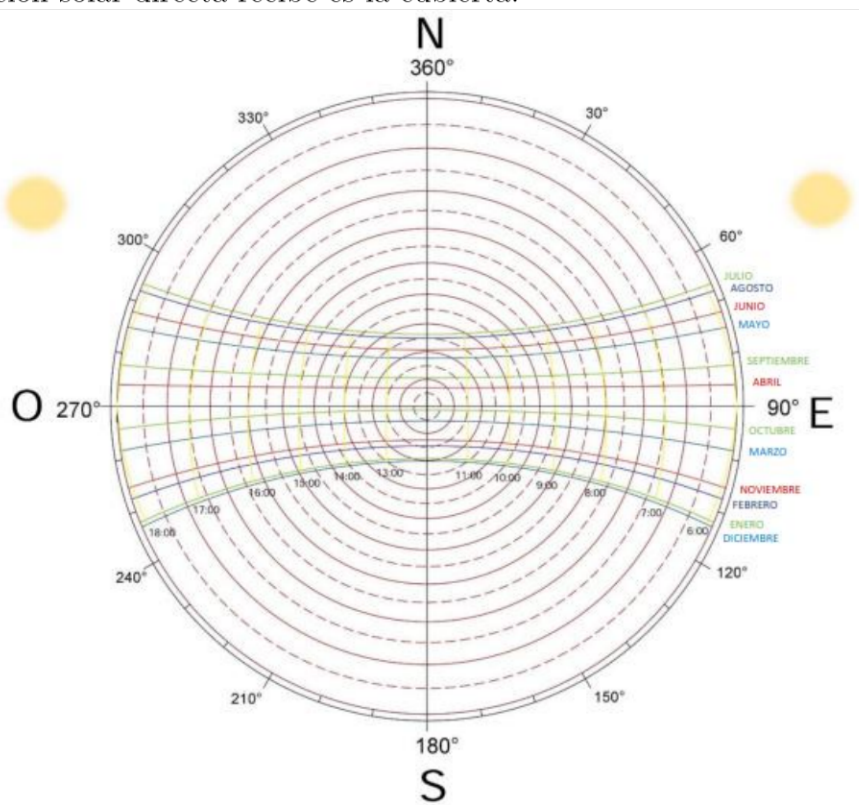


FIGURA 3.9: Estereográfica solar para el Ecuador (latitud 0°), indica el curso solar y su incidencia directa de 6am-18pm para todos los meses del año.

La estereográfica solar del ecuador (latitud  $0^{\circ}$ ) ha sido posible realizar gracias a los instructivos (videos y archivo DWG) de: Guerrero (2020) y Rincon (2020), revisados en la página web de Youtube.com.

### La forma del edificio y la captación solar

La forma del edificio influye mucho sobre la captación de energía solar independientemente de su orientación, Según Serra Florensa & Coch Roura (1995) las características que definen la forma son: compacidad, porosidad y esbeltez, la porosidad y esbeltez quedan exentas del caso de estudio, puesto que se refieren respectivamente a las aberturas interiores (patios internos) y lo alargado que pueda verse en sentido vertical (propio de los edificios). La compacidad ( $m^3/m^2$ ) de un edificio se ve reflejado por la relación entre el volumen contenido por la envolvente y la superficie global de la envolvente que rodea al edificio. A mayor compacidad menor es el contacto con las condiciones exteriores, esto significa que existen menores posibilidades de captación de radiación y al mismo tiempo menos pérdidas de energía.

En edificios muy compactos existen también pocas posibilidades de ventilación. Estas edificaciones son buenos candidatos para climas extremos ya que el contacto con el exterior es mínimo.

Por lo tanto, aplicar el concepto de compacidad a la edificación que se pretende abordar dotará mayores posibilidades para cumplir el objetivo planteado. En otras palabras, una vivienda emergente emplazada en los Andes del Ecuador tiene que ser compacta para posibilitar mejorar los niveles de confort en su interior.

Las proporciones interiores también pueden influir mucho en la captación de la energía solar así como la iluminación, para ello se debe tener presente que la penetración de la luz cubre únicamente la profundidad de 2 veces la altura del plano de penetración o la ventana (ver fig. 3.10).

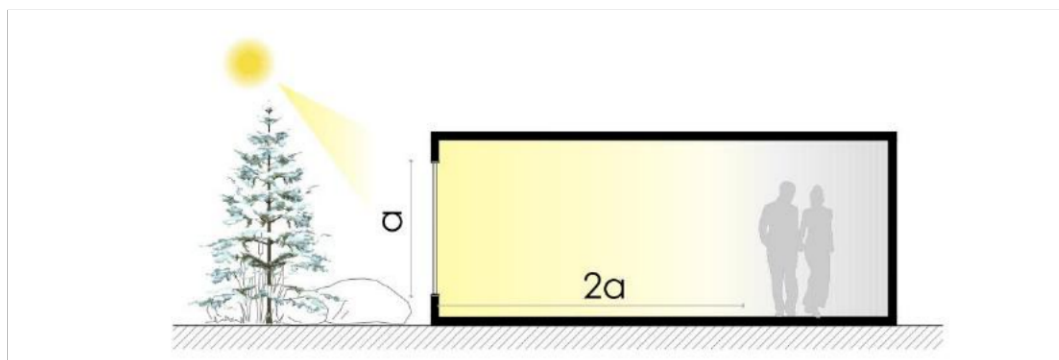


FIGURA 3.10: Proporción de incidencia solar hacia el interior del edificio.

Así también los espacios en forma alargada favorecen el acceso de la energía por el lateral más largo (ver fig. 3.11)

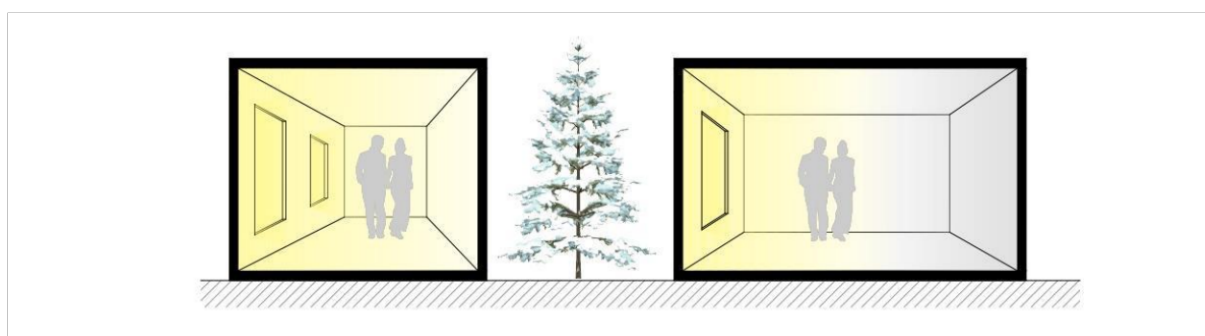


FIGURA 3.11: Proporción de incidencia solar hacia el interior del edificio.

En cuanto a la altura, una mayor altura no es favorable para climas fríos (Serra Florensa y Coch Roura, 1995) ya que por lo general las partículas de aire caliente se condensan en la parte superior del edificio, mientras que las partículas de aire frío permanecen en la parte más baja del edificio, esta situación hará que el espacio interior del edificio se mantenga en mayores posibilidades de desconfort (ver fig. 3.12).

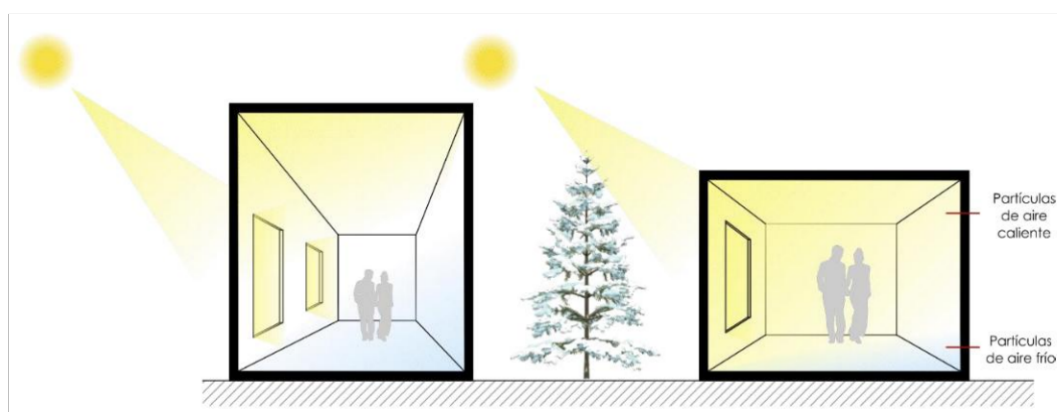


FIGURA 3.12: Comportamiento de las partículas de aire caliente y frío en función de la altura del edificio.

### 3.5. Vivienda emergente sostenible, caso referente

En la práctica de vivienda emergente se han desarrollado algunos proyectos enfocados en la sostenibilidad, aquí se destaca Paper Log House (ver fig. 3.13).

Desarrollado por el arquitecto Japonés Shigeru Ban en 1995 para proporcionar refugio durante situaciones de emergencia.

Esta concepción ya ha sido utilizada en varias ocasiones, en Kobe, Japón en 1995; en Ruanda y en el campo de refugiados de Byumba, Kainasli, Turquía en 1999, fue empleada en Burj, India en 2001, en Haití en 2010 y en Filipinas en 2014.

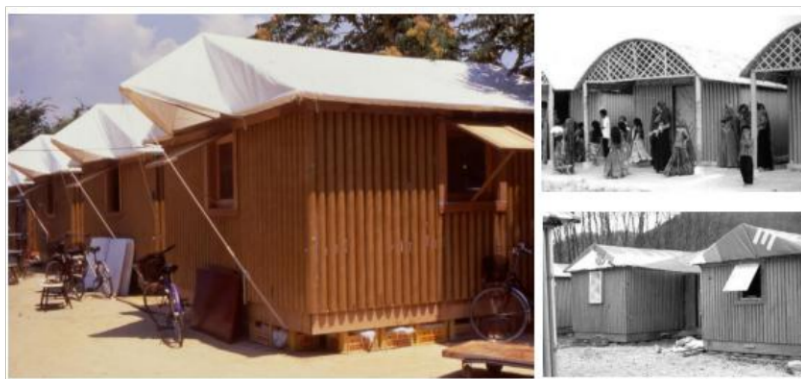


FIGURA 3.13: Paper Log House, vivienda emergente sostenible. Tomada de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>

Paper Long House es fácil de construir, usa materiales poco convencionales, pues Shigeru Bang estudió los materiales más fáciles de conseguir en una situación de desastre y que no comprometa costos significativos.

El resultado fue la concepción de una vivienda cuadrada a partir de tubos de cartón reciclados, estos forman la estructura portante con resistencia sísmica y suponen una alternativa al aluminio o madera como elementos estructurales, la vivienda puede ser recubierta con poliuretano para conseguir resistencia al agua y retardar el efecto del fuego.

La cimentación de esta innovadora vivienda está construida por cajas de cerveza rellenas con sacos de arena, para el piso se han dispuesto 2 paneles de madera contrachapada recubiertas por tubos de cartón dispuestos en horizontal; las paredes se constituyen de los tubos reciclados y se encuentran aisladas mediante la colocación de esponjas en su interior para garantizar un confort estable interior, para la cubierta se ha dispuesto variadas opciones de textiles o membranas plásticas (Muñoz Mínguez, 2015).

A continuación se muestra el sistema constructivo de esta vivienda (ver fig. 3.14).

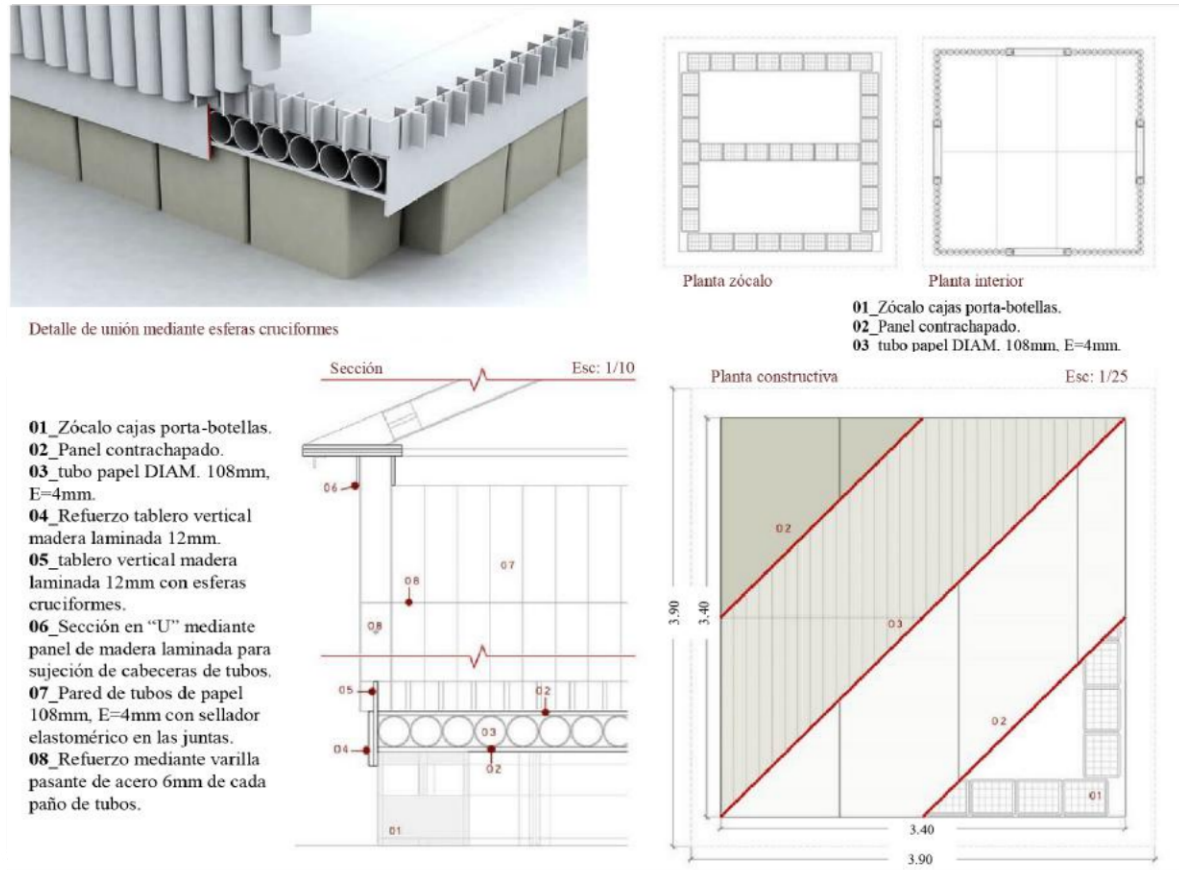


FIGURA 3.14: Viviendas Manning Portable Colonial Cottage (cabaña colonial transportable). Tomada de [https://www.flickr.com/photos/nachetz/6075942304/in/photos\\_tream/](https://www.flickr.com/photos/nachetz/6075942304/in/photos_tream/)

Según Shigeru Ban (2007) para la construcción de esta vivienda se estableció una cuadrilla de 10 personas pudiendo completarse 6 viviendas en 8 horas, y a lo largo del primer mes se logró construir 26 de ellas. Una de las ventajas es que es flexible, es decir que puede adaptarse a cualquier grupo familiar; la sostenibilidad de esta vivienda se ve marcada por el reciclaje y reutilización de los materiales. Paper Long House es una solución que fácilmente puede adaptarse a cualquier cultura, las partes que la componen hacen de ella una solución sostenible y energéticamente eficiente, pero también se la puede considerar como una solución bioclimática, a pesar que no precisamente aprovecha la energía solar, ha pensado en mantener el ambiente confortable mediante el aislamiento que usa en los paneles del cerramiento. El costo de esta vivienda está calculada en 1500 EUROS igual a 1764, 91 USD.

## Sostenibilidad, un preámbulo para abordar una vivienda emergente sostenible en los andes de Ecuador

### 4.1. Construcción sostenible

Si abordar una vivienda emergente sostenible es lo que se pretende, entonces, conocer el lienzo de una construcción sostenible es necesario para recalcar, aclarar y fortalecer toda la propuesta de intervención en los Andes del Ecuador. Según [Velázquez \(2015\)](#), una construcción sostenible no es solo aquella que ahorra energía, una construcción sostenible, es el desarrollo que mantiene en equilibrio entre el desarrollo económico y el uso racional de los recursos, para entender este enunciado señala 4 principios de la construcción sostenible.

**a.** Se adapta y es respetuosa con el entorno: Conoce el clima, el sol, el viento, la latitud, la pluviosidad, la temperatura, y tiene respeto por: el agua, la tierra, la flora, la fauna, el paisaje, lo social y lo cultural.

**b.** Ahorra recursos: Emplea materiales de bajo impacto ambiental y social a lo largo de todo su ciclo de vida (extracción, fabricación, uso, residuo), es decir el ciclo de vida cerrado de los materiales es un hecho. [Wadel, Avellaneda, y Cuchí \(2010\)](#) lo explican (ver fig.4.1); así se entiende que los sistemas constructivos profundizan en el criterio de ahorro y austeridad.

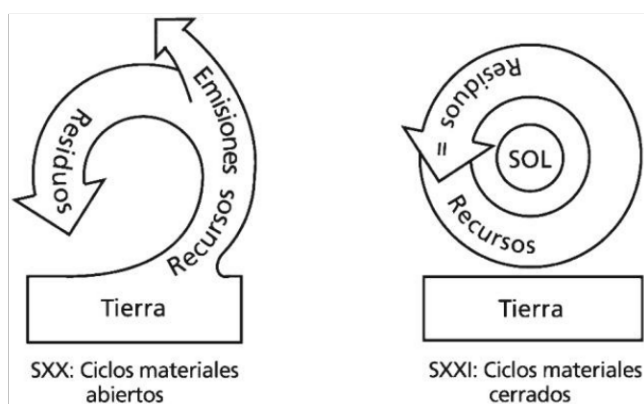


FIGURA 4.1: Ciclo de vida abiertos VS ciclo de vida cerrada. Tomada de <http://informes.de.la.construccion.revistas.csic.es/index.php/informes.de.la.construccion/article/view/806/892>

En la ilustración 4.1 se puede observar que en un ciclo de vida abierto los residuos vuelven a la tierra además pueden generar emisiones de muchas sustancias contaminantes, mientras que en el ciclo cerrado todos los recursos cuya temporalidad de uso ha concluido (residuos), se convierten en los recursos para nuevos usos (reciclaje), lo cual permite preservar los recursos de la tierra disminuyendo los índices de contaminación.

**c. Ahorra energía:** Es aquí donde la arquitectura bioclimática se hace presente, lo que permite una actuación lógica disminuyendo las necesidades energéticas mediante sistemas pasivos (orientación, aislamientos, energías renovables, masa térmica) como se vio anteriormente.

**d. Cuenta con los usuarios:** Una particularidad muy especial en todo este contexto es la familiarización de la vivienda con el usuario, en una construcción sostenible sabiendo que se construyen espacios para ser habitados por personas, requiere su participación en todo su ciclo de vida.

Todos estos conceptos son ejes conductores que sirven para la práctica de una construcción sostenible, pero el hecho de integrarlos a la vivienda emergente significa hacerlo con responsabilidad, es importante que la vivienda sea funcional y no presente inconvenientes mínimos que ridiculicen su aplicación, y todo depende del sistema constructivo que se desarrolle.

Los problemas de mantenimiento aunque aparentemente no significa un riesgo significativo pueden echar a perder la vida útil del proyecto; entre ellos están las filtraciones de agua, insectos, calor o frío excesivo que ocurren en primer lugar en las juntas o conexiones de las partes de la vivienda (techo, pisos, paredes); de igual manera las fallas de construcción por efectos de vientos, lluvia o temblores por lo general son notorios en estos puntos; es por ello que el sistema constructivo como eje principal de la solución habitacional no puede ser tomado a la ligera; así la cubierta, forjados y cerramientos en términos sostenibles deben aprovechar o evitar las condiciones favorables o desfavorables del medio ambiente natural ([Van Lengen, 1991](#)).

#### **4.1.1. Sistemas constructivos sostenibles**

Según los conceptos de una construcción sostenible, el sistema constructivo tiene que ser austero. Un sistema constructivo basado en acciones artesanales representa una baja demanda tecnológica y un bajo consumo energético, esto es semejante a la prefabricación artesanal que [Saffery Gubbins y Baixas Figueras \(2013\)](#) mencionan. Antiguamente en la Región Andina del Ecuador la construcción únicamente utilizaba recursos del entorno, estos eran: el barro, el carrizo, la paja, la madera, piedras y otros elementos como fibras de plantas y aglutinantes naturales, todos estos procesos en la actualidad se entiende como una arquitectura vernácula y se entablan perfectamente al concepto de sostenibilidad.

**Sistema constructivo “Adobe”:** El adobe es una técnica con herencia prehispánica y se adapta muy bien a los climas como de la zona Andina, el principal material para esta técnica es la tierra. Con la tierra se elaboran bloques de adobe (ladrillos de tierra

sin cocer) para generar muros auto-portantes y mortero para juntar los cimientos. La principal desventaja de esta técnica es la humedad, para ello los que usan esta técnica han generado sobre-cimientos para evitar que el agua se impregne en los muros (ver fig. 4.2). La construcción empieza con la cimentación para ello primero se excava una zanja y se nivela, una vez excavado y nivelado se colocan piedras extraídas del río o de una cantera procurando que las partes más planas queden en contacto directo con el suelo, luego se procede con el empachillado, esta es la colocación de las piedras más pequeñas al mismo tiempo con el mortero. El mortero puede ser de barro simple o de cal (Yepez, 2012).



FIGURA 4.2: Cimentación con sobre-cimiento y sobre nivel de suelo (20-40 cm). Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis\\_de\\_la\\_arquitectura\\_vern%C3%A1cula\\_del\\_Ecuador\\_Propuestas\\_de\\_una\\_arquitectura\\_contempor%C3%A1nea\\_sustentable?email\\_workcard=title](https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_workcard=title)

Luego de la cimentación corrida se arman los muros con los adobes (ver fig. 4.3). Es muy importante la elección de la tierra para la elaboración de los muros, las proporciones adecuadas de sus componentes son: 65 % de arena, 18 % de limos y un 20 % de arcilla. La técnica del adobe según Yepez (2012) ayuda mucho al confort térmico, sobre todo a los saltos térmicos bruscos que presenta la región Andina de Ecuador.

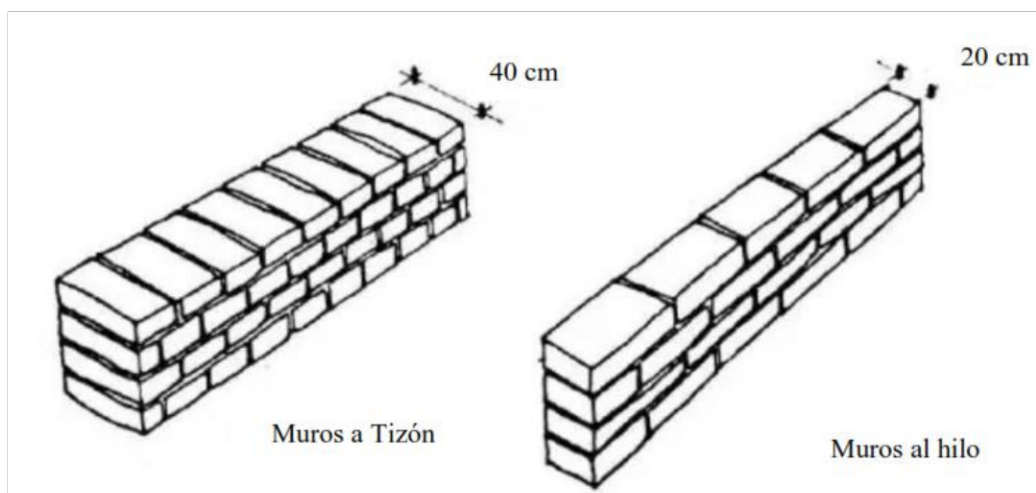


FIGURA 4.3: Dos tipos de montaje de muros de adobe. Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis\\_de\\_la\\_arquitectura\\_vern%C3%A1cula\\_del\\_Ecuador\\_Propuestas\\_de\\_una\\_arquitectura\\_contempor%C3%A1nea\\_sustentable?email\\_workcard=title](https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable?email_workcard=title)

Continuando con el mismo autor, la mezcla que se utiliza para pegar los bloques es el mismo barro con el que se los fabrica que se lo conoce como barro común.

Para la construcción de vanos se coloca a la altura de ventanas y puertas un refuerzo de madera para que absorba las cargas (ver fig. 4.4), para la cubierta se remata con dos hileras más de adobe sobre el cual se coloca un elemento de madera llamado solera (ver fig. 4.4), lo que permite repartir las cargas de la cubierta sobre el muro, así también puesto que el adobe es un material permeable requiere una buena protección contra la lluvia, para ello el alero de la cubierta debe distar lo suficiente como para evitar que los muros se desmoronen

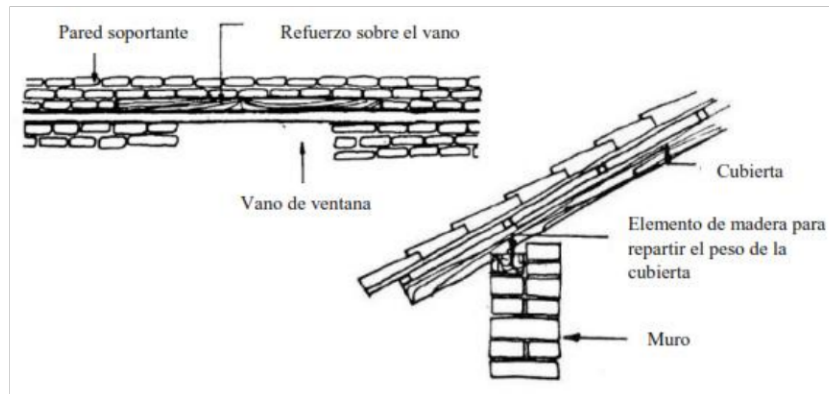


FIGURA 4.4: Arriba dintel de vanos en casa de adobe, abajo a la izquierda la cubierta. Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/ Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable](https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vernácula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contemporánea_sustentable)

**Sistema constructivo “Tapial”:** Esta técnica también fue usada en la época prehispanica por los indígenas y en la actualidad aún se usan en las zonas rurales de la Sierra ecuatoriana. Su técnica consiste en la construcción de muros portantes mediante un encofrado de madera para darle forma a la tierra mediante compactación a golpes con un elemento llamado pisón. Las dimensiones del encofrado son 120 cm de largo, 60 a 80 cm de alto y un ancho entre 40-60 cm. Las proporciones de sus componentes de la tierra seleccionada son: 0-15 % de grava, 40-50 % de arena, 20-35 % de limos, y del 15-25 % de arcilla. La construcción de estos muros se realiza por capas (ver fig. 4.5), se debe esperar a que seque la primera capa para dar continuidad, el encofrado se lo va desplazando horizontalmente para apisonar la tierra húmeda. Los cimientos son igual a la técnica del adobe (Yepez, 2012).

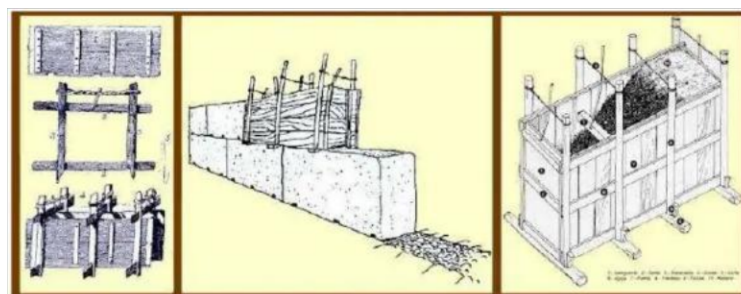


FIGURA 4.5: Construcción de muros de tapial Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/ Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable](https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vernácula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contemporánea_sustentable)

**Sistema constructivo “Bahareque”:** Es una de las técnicas más usadas de la zona, ha sido utilizada en todos los estratos desde el indígena al gran propietario debido a que es rápida, fácil y económica de realizarla; la técnica consiste en un armado en estructura de madera, la cimentación es corrida y en las esquinas se colocan unas basas de piedra como base de las columnas de madera (ver fig. 4.6).

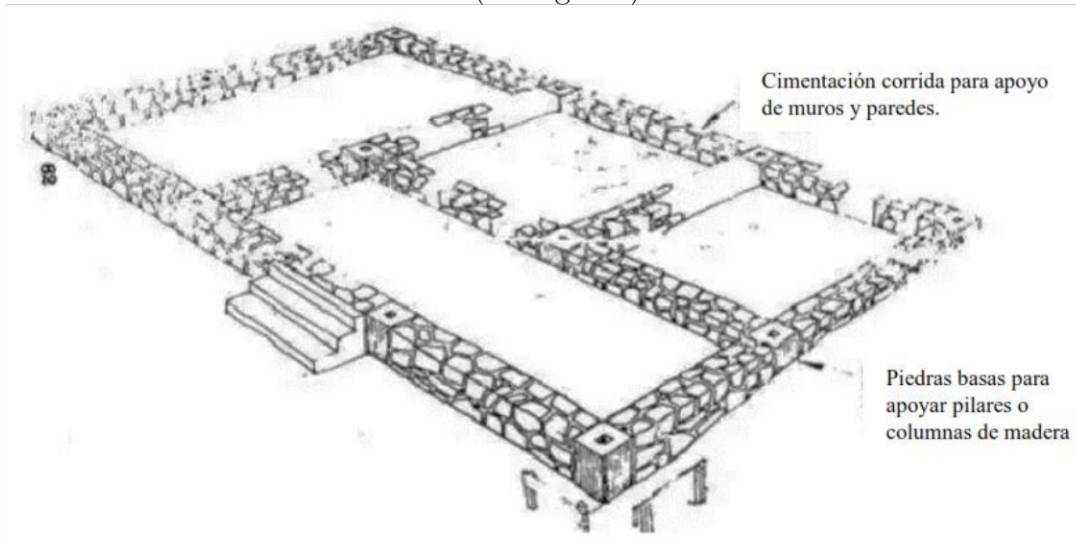


FIGURA 4.6: Cimentación terminada. Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernal del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable\\_email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vernal_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contemporánea_sustentable_email_work_card=title)

Sobre la cimentación se colocan elementos de madera conocida como allpa solera para que cumplan la función de cadena y sobre estas se colocarán las columnas (ver fig. 4.7). Según [Yepez \(2012\)](#) muchas construcciones han apoyado las vigas directamente sobre las piedras basas.

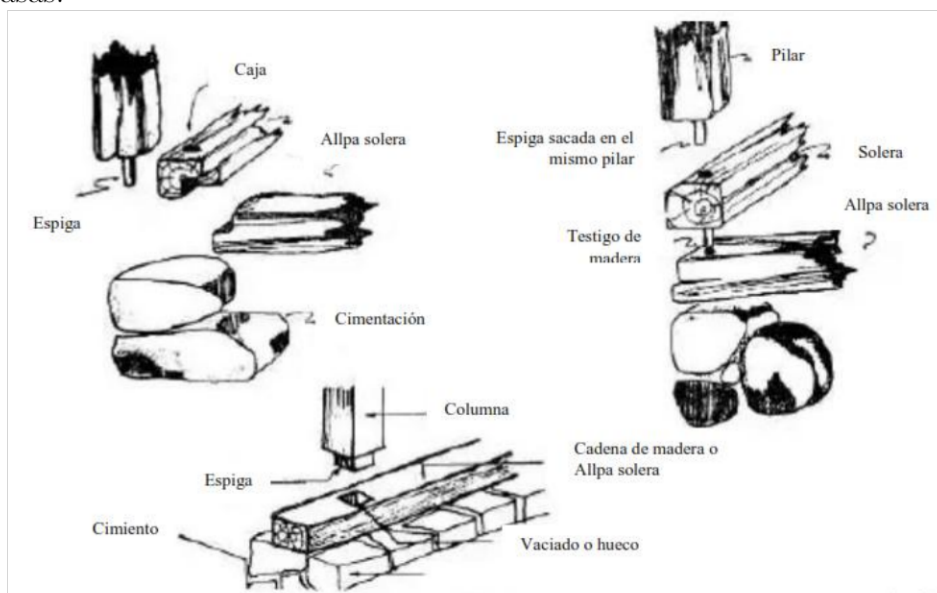


FIGURA 4.7: Ensamblajes para una vivienda de bahareque. Tomada de [https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernal del Ecuador Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable\\_email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/29898709/Análisis_de_la_arquitectura_vernal_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contemporánea_sustentable_email_work_card=title)

Después de haber colocado las columnas, se colocan el resto de elementos en el siguiente orden: umbrales y antepechos para puertas y ventanas, cubierta, albañilería de muros (ver fig. 4.8) que corresponden al enchacleado de pared (colocación de tiras guaduas o carrizo a ambos lados de la pared), relleno de muro (mezcla a base de arcilla, agua y paja o tamo de cebada), y revoque del bahareque (barro preparado con arcilla tamizada), (Yepez, 2012).

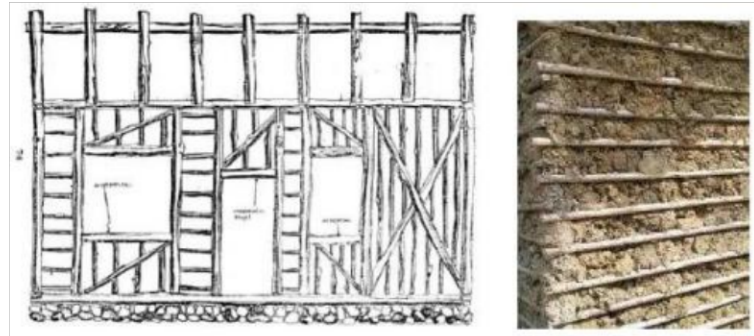


FIGURA 4.8: A la derecha montaje de paredes, a la izquierda muro de bahareque sin revoque. Tomada de <https://www.academia.edu/29898709/Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador> Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable

#### 4.1.2. Materialidad sostenible

Los materiales más apropiados a usar en torno al objetivo planteado pueden ser todos aquellos que se encuentren en el medio natural de la Región Andina del Ecuador sobre todo aquellos que presenten características de alta masa térmica o alto aislamiento. Según Borsani (2011) explica que el bajo impacto ambiental de los materiales resulta al utilizar materiales mínimamente procesados como la piedra en bruto, madera o bambú; al usar materiales con poca energía incorporada (energía requerida para producir un producto), por ejemplo la piedra o madera se obtiene con una baja energía incorporada en su producción en cambio el plástico o metal son altamente procesados por lo que integran alta demanda energética; el uso de materiales locales, no contaminantes son de mucha ayuda; utilizar materiales de bajo consumo y contaminación del agua es un gran apoyo puesto que en la construcción este recurso es altamente explotado; usar materiales que retienen carbono como la madera es una decisión altamente sostenible.

Analizando los 3 sistemas constructivos (adobe, tapial, bahareque) propios de los Andes del Ecuador en base a los conceptos de sostenibilidad se encuentra que la tierra, la madera y la piedra son materiales altamente sostenibles, además son fáciles de conseguir con un precio razonable, de estos materiales se puede destacar a la tierra como un material con propiedades (alta masa térmica) benevolentes para climas fríos.

La tierra, puede ser empleada como estructura (muros portantes) o piel del edificio, es un material completamente gratis y se encuentra al alcance de todos en cualquier parte, su principal característica es la capacidad de almacenar calor y liberarlo posteriormente de manera controlada, este material se lo puede emplear perfectamente para configurar las paredes de la vivienda.

De los 3 sistemas constructivos elaborados a base de tierra, en una situación de emergencia resulta más factible el adobe por ser un producto prefabricado y de fácil montaje. El adobe es un ladrillo sin cocer, secado a la intemperie que puede ser prefabricado de manera muy sencilla (ver fig. 4.9). El adobe se puede encontrar en las siguientes dimensiones: 40 x 20x10 (Tomasi y Bellmann, 2019).



FIGURA 4.9: A la izquierda amoldamiento de los adobes, a la derecha su proceso de secado. Tomada de Tomasi & Bellmann, 2019

En el capítulo III se determinó que el adobe con un espesor de 20-30 cm tiene una conductividad térmica de 0.15 kcal/hm °C (0.17 W/mk) y una fluctuación de temperatura de 10 °C para el espesor de 20cm y 4°C para el espesor de 30cm. Holguino Huarza, Olivera Morocho y Escobar Copa (2018) también coinciden con este dato.

La madera o productos derivados de la misma y muchos bio-productos retienen el carbono hasta que se deterioran, pero para que su efectividad sea oportuna es importante que la madera como recurso provenga de bosques bien gestionados (Borsani, 2011), en madera se puede construir paredes y muros, estructuras, pisos y más. Los productos en madera para la construcción se pueden encontrar en diferentes presentaciones (ver fig. 4.10), como: tableros (contrachapados o triplex, MDF, OSB, aglomerados), tablas, madera sólida (tablones, listones, cuarterones). Entre todas estas presentaciones los tableros por sus dimensiones permiten realizar mínimos esfuerzos y configurar la construcción más rápido, por ejemplo, el tiempo de ejecución de un cielo raso con un tablero OSB no será el mismo que uno elaborado con tablas o duelas. Los tableros generalmente se encuentran en dimensiones de 2.44x1.22 m, es el tamaño que más se comercializa (Edimca, 2020).



FIGURA 4.10: Presentación de los productos de madera. Tomada de <https://edimca.com.ec/>

Los tableros aprovechan las maderas de baja calidad o residuos resultantes, están constituidas por chapas, partículas o fibras, pero solo los de madera contrachapada y los de partícula pueden tener una aplicación estructural, los tableros de fibra no poseen las propiedades que se requieren en la construcción.

Los tableros pertenecen al sistema constructivo industrializado de prefabricación parcial. Los componentes de construcción de una vivienda elaborados con un sistema modular de paneles pueden ser fabricados, manipulados y montados por dos hombres sin la necesidad de mecanismos complejos de izamiento (Martín et al., 2004).

Según Edimca (2020) los listones y tablonces pueden poseer largos, anchos y espesores distintos, estos productos pueden ser extraídos de árboles como Seyke, Pino, Teca, eucalipto, son maderas comercializadas en la zona Andina de Ecuador, tienen buena calidad con un porcentaje de humedad de 10-12

**La piedra:** es un material sólido de mucha resistencia, es óptimo para cimentar las viviendas. Tal como se vio en los sistemas constructivos de los Andes de Ecuador, este material puede ayudar a prevenir la humedad por capilaridad, situación que puede afectar térmicamente de forma negativa si no es controlada.

Otros materiales que aportan al confort interior para una vivienda emergente en los Andes del Ecuador según el capítulo de arquitectura Bioclimática son aquellos que tienen propiedades aislantes cuyo coeficiente de conductividad térmica está por debajo de 1. En los Andes del Ecuador se pueden encontrar materiales naturales como el carrizo, este posee una conductividad térmica de 0.057 W/mK (Guillén Guillén, Muciño Vélez, Santa Ana Lozada, y Verduzco Chirino, 2018), la lana de oveja o lana animal es un material muy asequible también, este tiene una conductividad térmica de 0,035 W/mK a 0.043 W/mK (Wadel, 2009).

**Carrizo:** El carrizo es endémico de la región Andina. Según Guillén et al. (2018), este material se destaca sobre todo por poseer baja difusividad lo cual significa un mejor desempeño para climas fríos, estos autores concluyen que el carrizo puede ser empleado en cubiertas permitiendo una mejor aislación. Revisando otras posibilidades en diferentes fuentes se ha encontrado que a partir de este material se puede elaborar paneles lo que resulta ideal para paredes interiores, sobre todo, ya que el agua puede deteriorarlo.

**Lana animal:** La lana animal es una fibra natural que se puede obtener de las ovejas, pero también se puede obtener de otros animales como llamas, alpacas, vicuñas mediante un proceso denominado esquila (ver fig. 4.11).



FIGURA 4.11: A la izquierda obtención de lana animal, a la derecha la lana como material aislante. Tomada de <https://ecoemas.com/aislamientos-naturales-lana-de-oveja/>

La lana de oveja en su mayoría ha sido utilizada en zonas frías ya que sus propiedades aislantes son excepcionales.

Su extracción por cada esquilaje está entre los 3-5 kg de materia prima y está totalmente libre de contaminación, además es renovable lo que garantiza un gran ahorro energético. Según Velázquez (2015) una oveja puede producir de 45-60 kg de lana durante toda su vida, en territorio Español durante el 2011 se ha calculado una producción de hasta 26 000 000 de toneladas. La utilización de la lana como aislante mantiene unos tratamientos de limpieza, protección contra los ataques de xilófagos y fortalecimiento. En su estado natural puede ser atacado por la polilla, pero se puede evitar con tetera borato de sodio.

La lana es un material elástico, ignífugo, resiliente, de corte fácil con tijeras, de fácil colocación, se adapta perfectamente a las irregularidades del suelo, pared y techos, tiene una muy buena capacidad de la regulación higrométrica sin perder sus cualidades aislantes, es también, reciclable, natural, ecológica y totalmente degradable. Su desventaja es que puede ser afectada por microorganismos si no es tratada, es higroscópica, lo que significa que en un entorno húmedo pierde sus propiedades aislantes (Velázquez, 2015). La lana de oveja como aislante térmico es un material con características excepcionales en un contexto sostenible, pero, si se usa lana de oveja como aislante térmico, este deberá mantenerse estrictamente aislado de la humedad cosa que implica una solución poco austera o una tecnología más desarrollada lo que puede repercutir en gastos elevados.

Pero entre todos los materiales aislantes, el aire mantiene las mejores condiciones con una conductividad térmica de apenas 0.026 W/mk. esto explica Guillén et al. (2018) en su estudio: Análisis de las propiedades térmicas del Arundo Donax (carrizo) y Zea Mays (caña maíz) para su uso como material aislante de cubiertas.

Buscando otras posibilidades se puede encontrar en el ciclo de vida de los materiales. En la figura 4.12 Se puede ver un esquema donde se demuestra que el impacto del ciclo de vida de los materiales depende mucho del manejo que se realice después de haberse utilizado, entonces la extensión de la vida de los materiales mediante el reúso o el reciclaje pueden compensar en parte los impactos ambientales y de salud que generan las fases de extracción, procesamiento y manufactura (Borsani, 2011).

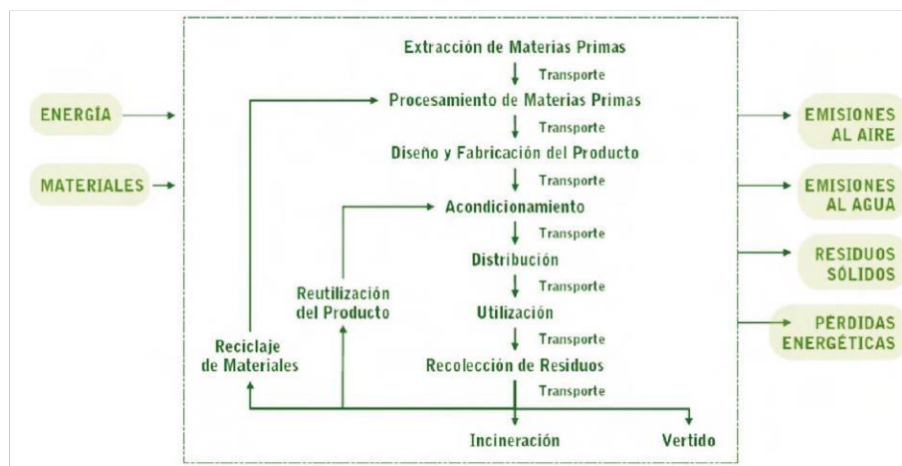


FIGURA 4.12: Fases del ciclo de vida de un material. Tomada de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13759/Borsani%2c%20Mar%2c%20Silvia.pdf> sequence=1&

## Materiales reciclados

Con el uso de materiales reciclados es posible intervenir de manera sostenible siempre y cuando se cree un ciclo cerrado en el uso de los mismos (ver fig. 4.14).

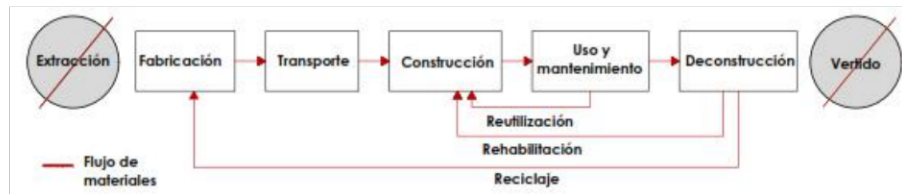


FIGURA 4.13: Propuesta de construcción modular en base a un ciclo de vida cerrado de sus componentes. Tomada de <http://informes.de.la.construccion.revistas.csic.es/index.php/informes.de.la.construccion/article/view/806/892>

Actualmente en Ecuador la Fundación Botellas de Amor, ECUAPLASTIC, DISECOARVOL, Maderas plástica Barahona, son entidades que se dedican a aprovechar el potencial del plástico como recurso para elaborar materiales de construcción. Según Guadalupe (2018), el plástico transformado como materia prima para la construcción se puede lijar, atornillar, torneare, perforar y pintar al igual que la madera vegetal además es resistente a la corrosión, a la humedad y a los rayos solares, esto lo afirmó (ECUAPLASTIC, 2020) y (Maderas plástica Barahona, 2020).

En el Ecuador ECUAPLASTIC ubicados en Cuenca-Azuay a más de producir madera de plástico sólida, produce cubiertas y tableros denominados ECOPAK (ver fig. 4.14), este producto es el resultado de un proceso de investigación de la recuperación de características excelentes del polialuminio de los envases TETRA PAK, LAMINADOS, ABS, obteniendo productos de alta calidad 100 % ecológicos. Este producto se adapta a todo tipo de necesidades, resulta una solución práctica y económica podría brindar confort, durabilidad y resistencia (ECUAPLASTIC, 2020) si es que se utiliza con los criterios sostenibles acordes al clima Andino.

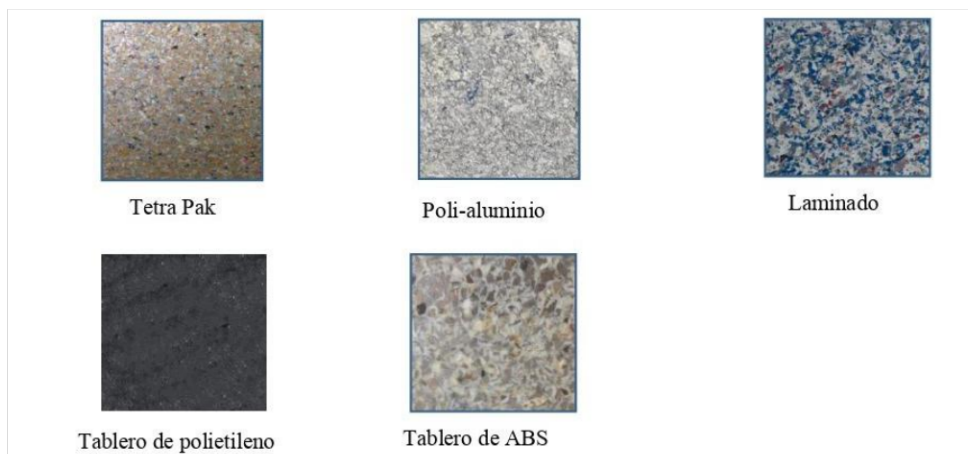


FIGURA 4.14: Tableros fabricados por la empresa Ecuaplastic. Tomada de Ecuaplastic

El tablero ECOPAK se lo obtiene de la compactación mediante termo-compresión del

componente plástico sin el uso de resinas fenólicas (urea formaldehído). Los tableros que ECUAPLASTIC ofrece son para exteriores (polialuminio, laminados, polietileno de alta y baja densidad) e interiores (TETRA PAK, ABS) y mantiene presentaciones de 2.44 m x 1.22 m con espesores de 2 a 40 mm. Las propiedades de estos materiales son las siguientes (ver tabla 4.1).

Tabla 4.1: PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS ECOPAK

Producto	Propiedades
Tableros ECOPACK	Libre de resinas y formaldehídos. Resistencia a expansión en fuertes condiciones climáticas Resistente a la rotura. Resistente al desgarre Buen agarre de tornillos en cara y lados Resistente a la humedad Medianamente elástica Baja propagación de llamas en superficies y auto extingible Buenas cualidades de insonorización. Termo formable Puede ser aserrado, moldeado, pegado, masillado, pintado, impreso.

## 5.1. Metodología

Después de haber analizado los parámetros, elementos y acotaciones de una vivienda emergente, los aportes que brindan tanto la arquitectura bioclimática como la arquitectura moderna y la materialidad pertinente para un contexto sostenible, en este capítulo se aborda la solución de una vivienda emergente sostenible para los Andes del Ecuador de manera integral con cada uno de los puntos mencionados anteriormente. Para ello primero se realiza un preámbulo del lugar de emplazamiento, y se elige un lugar de todos los Andes para establecer un análisis de resultados más focalizado. Después de generar estas definiciones pre-ambulares se analiza el programa arquitectónico en base al desempeño (espacio necesario) de cada una de las actividades que requieren los refugiados en el interior del habitáculo para sobrellevar la situación post-desastre.

Teniendo presente los metros cuadrados necesarios (función), se aborda con la estrategia de diseño formal, tecnológico y bioclimático sustentados en la arquitectura moderna, el uso de materiales sostenibles y la arquitectura bioclimática. Finalmente se analiza el comportamiento térmico interior de la vivienda mediante simulaciones digitales con el uso del programa DesignBuilder (DSB), seguido de esto se proyecta las posibilidades de solución espacial que presenta el prototipo, se analiza los resultados de la huella ecológica y los beneficios que presenta por coste.

## 5.2. Definición del espacio de emplazamiento

Conociendo el contexto de vivienda emergente, la intervención de varias propuestas, y sobre todo los criterios de ACNUR, FICR, Manual esfera, y otras entidades como: TECHO o el Grupo de Investigación Rebirth Inhabit, se sabe que el espacio o zonas idóneas para intervenir son zonas planas con suficiente espacio para emplazar un gran número de ellas y que no presenten una amenaza o cierto grado de vulnerabilidad. Las zonas planas son la mejor opción debido a la cimentación austera que presentan, pero lo importante es que la vivienda pueda adaptarse a su clima, temperatura, vientos y demás condiciones del entorno que puedan afectar el bienestar de los ocupantes. En todo el análisis de vivienda emergente se ha encontrado detalles específicos para el lugar de emplazamiento.

El lugar de emplazamiento debe tener un buen drenaje y no debe ser propenso a las inundaciones estacionales o a los derrumbes y debe encontrarse lo más cerca de una carretera para facilitar los suministros, una buena opción podría ser fuera de las áreas urbanas, esto facilita el acceso y futuros problemas administrativos, pero si se trata de una situación a largo plazo lo óptimo resulta una localización próxima a una comunidad ya existente, con una planificación urbanística preestablecida, así la búsqueda de empleo y el transporte serán más tolerantes al igual que su desarrollo progresivo.

Según ACNUR, el emplazamiento de alojamientos o viviendas de emergencia se deben situar sobre colinas suaves en un rango de 2 al 4% de inclinación para facilitar la circulación de aguas lluvias. Es conveniente evitar los suelos propensos a convertirse en un barrizal pantanoso o inundarse durante la época de lluvias. Por lo general los emplazamientos con una pendiente casi nula situados en llano presentan graves problemas para el drenaje de las aguas provocadas por tormentas. Con respecto a la estabilidad del suelo, estos deberán permitir una rápida absorción del agua, característica muy importante para la construcción, lo que además resulta muy efectivo para las letrinas de pozo (eficaz para la vivienda emergente).

Se debe tomar en cuenta que la capa freática se encuentre a un mínimo de 3m por debajo de la superficie del emplazamiento, es importante evitar los suelos excesivamente rocosos ya que dificultan la construcción de los alojamientos y letrinas, si es posible elegir un emplazamiento donde el terreno sea apropiado para montar al menos pequeños huertos y una agricultura a baja escala.

### 5.3. Un lugar para abordar la propuesta

Para el análisis del comportamiento térmico del prototipo ha sido necesario establecer un lugar de todos los Andes del Ecuador para justificar su funcionamiento. Tomando en cuenta que dentro de la zona más peligrosa de los Andes del Ecuador (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) las ciudades que han sufrido mayores afecciones son: Quito, Riobamba, Latacunga, Ambato y Pelileo. De las 5 ciudades según el estudio cronológico de desastres naturales se sabe que Ambato y Pelileo se encuentran en una zona altamente destructiva (terremoto de 1949). Pelileo y Ambato equidistan 17.7 km (dato extraído de [Google maps, 2020](#)), por lo que su clima es relativamente igual, entonces el análisis del comportamiento térmico interior se realiza con los datos climáticos de esta zona, pero esto no significa que su aplicación no sirva para el resto de la región, incluso, puede ser una orientación para otros climas como en el norte o sur del país, ya que Ambato tiene un clima muy similar y hasta más extremo que otras ciudades

La ciudad de Ambato se encuentra ubicado en la parte central de los Andes ecuatorianos a 2642 m.sn.m, de la provincia de Tungurahua. La topografía mantiene variaciones muy grandes, en un radio de 3 km mantiene un cambio máximo de altitud de 397 m y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2587 m. Durante todo el año la temperatura promedio es de 14°C, la temperatura más baja sucede en septiembre con 9°C Y la más alta en noviembre con 20°C (ver fig. 5.1), en Ambato rara vez la temperatura baja menos de 6°C y sube más de 23°C ([Weather Spark, 2020](#)).

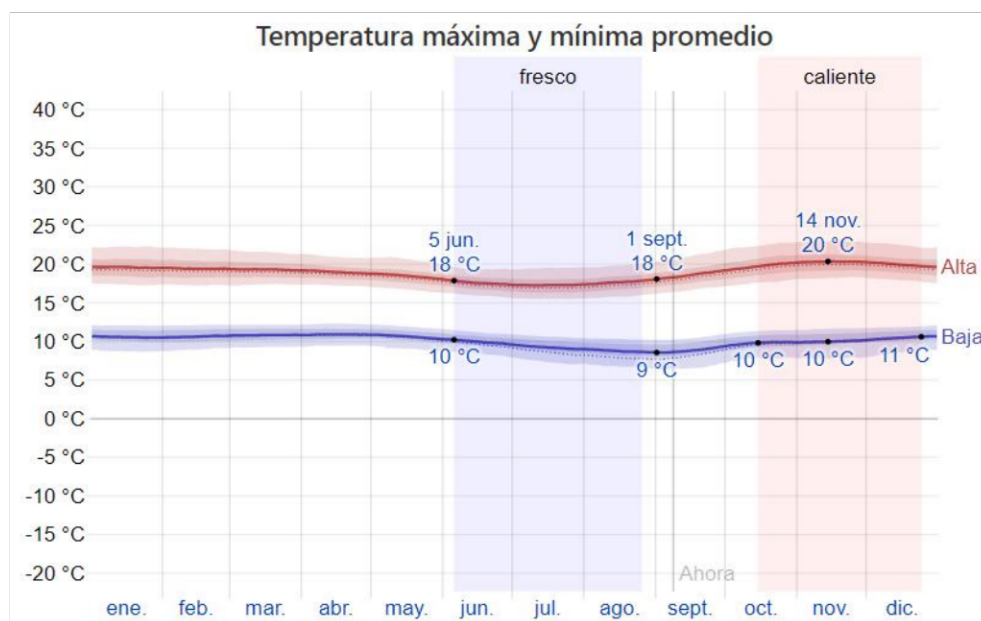


FIGURA 5.1: Tableros fabricados por la empresa Ecuaplastic. Tomada de Ecuaplastic

## 5.4. Programa arquitectónico

Según las normas estandarizadas de Manual esfera la vivienda emergente debe ocupar 4.5 m<sup>2</sup> por persona. Según datos del INEC (2015) de la encuesta realizada a 9.744 viviendas del área urbana de Quito, Guayaquil, Cuenca, Machala y Ambato para establecer la estratificación de Nivel Socioeconómico de los hogares, encuentra que el grupo familiar principal de todas las encuestas realizadas se encuentra compuesto por 4 miembros. Entonces para la propuesta en curso se establece un grupo familiar conformado por 4 personas, por lo tanto, el área total necesaria de vivienda por cada familia será no menor a 18m<sup>2</sup>.

Cada vivienda se resuelve con un espacio para descansar y otro para preparar los alimentos y servirse (cocina-comedor), se prescinde del servicio sanitario puesto que las instalaciones pueden acomplejar la situación de la vivienda durante la emergencia, pues estas instalaciones competen necesidades de agua (acometida y aguas servidas).

Durante la situación de emergencia resulta complicado establecer un sistema de alcantarillado, es más factible adoptar soluciones precarias (letrinas con pozo séptico). Sin embargo, durante la etapa post-desastre, recuperación y desarrollo la vivienda podrá ser adecuada y adaptada con todas las instalaciones (sanitarias y eléctricas en un contexto sostenible) pertinentes para su correcta función.

Lo que resulta una solución ideal para personas de bajos recursos económicos o cualquier grupo familiar que lo necesite.

Fundamentado en el principio de compacidad (mientras menos piel del edificio se mantiene en contacto directo con el entorno los niveles de discomfort mejoran) revisados en el capítulo de arquitectura bioclimática se propone resolver una sola vivienda con la capacidad de albergar a 2 familias. El área total de 18 m<sup>2</sup> necesarios se analiza de acuerdo a la actividad desarrollada en cada uno de los espacios. Por lo tanto, cada espacio de la vivienda queda justificado en el programa arquitectónico de acuerdo al análisis dimensional necesario para cada actividad. A continuación, se analiza cada actividad y se determina el área pertinente para una correcta funcionalidad de cada espacio.

#### 5.4.1. Análisis dimensional necesario según actividad

Para el presente análisis se ha tomado como referencia el libro LAS MEDIDAS DE UNA CASA de Fonseca (1994). Se analizan las 3 principales actividades de: cocinar, comer, descansar (ver tabla 5.1, 5.2, 5.3 y fig. 5.2, 5.3, 5.4, 5.5). Con este análisis será posible determinar espacios óptimos para el correcto funcionamiento del prototipo de vivienda emergente a plantearse. A continuación, en la figura 5.2 se analiza el área de trabajo y el espacio necesario para las actividades necesarias que se ejecutan en la cocina.

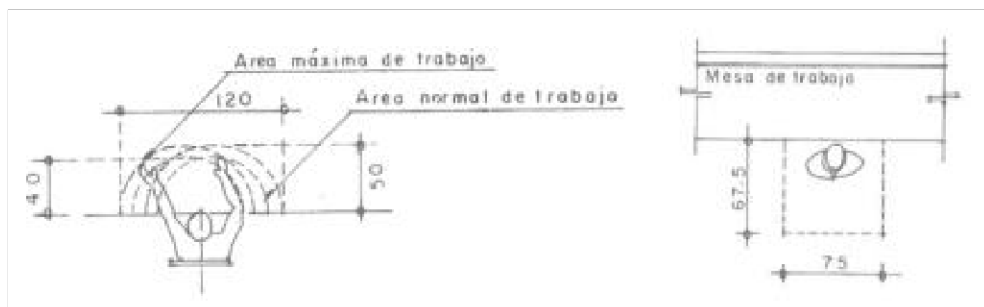


FIGURA 5.2: Dimensiones necesarias para el área de trabajo y mesa de trabajo en la cocina. Tomada de Fonseca (1994)

En la figura 5.3 se definen las dimensiones de 2 opciones para cocina y fregadero. Para el análisis de espacio necesario se toma en cuenta las dimensiones mínimas puesto que se trata de una vivienda de emergencia.

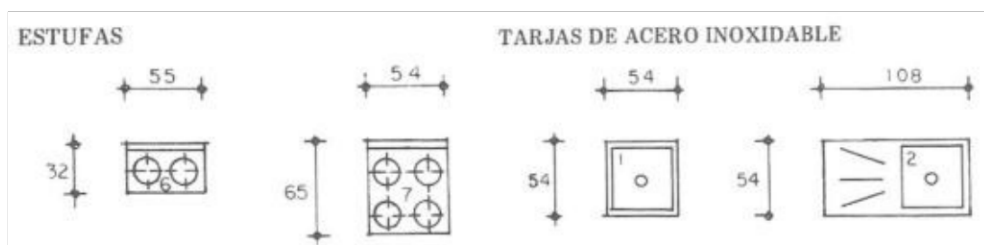


FIGURA 5.3: Dimensiones de estufa y tarjas o fregadero de cocina. Tomada de Fonseca (1994)

En la tabla 5.1 en base al análisis del gráfico 5.2, 5.3 se especifica las dimensiones necesarias para trabajar en la cocina donde se obtiene que el área necesaria para esta actividad es de 1.57 m<sup>2</sup> (ver tabla 5.1).

Tabla 5.1: ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA LA COCINA.

Actividad	Espacios	Largo (m)	Ancho (m)	Á.T.(m <sup>2</sup> )
Cocinar	Mesa de trabajo	1.20	0.50	0.60
	Espacio frente a la mesa de trabajo	0.75	0.675	0.51
	Cocina	0.55	0.32	0.18
	Fregadero	0.54	0.54	0.29
<b>Área total Pers/cocina</b>				<b>1.57 m<sup>2</sup>.</b>

Para el análisis del área de comer se analiza en la figura 5.4, donde se establece que una persona en posición sentada frente al plato de comida requiere una distancia de 45-55cm x52.5-72.5cm, el espacio necesario para asentar el plato es de 36cm en la mesa. La distancia necesaria a la hora de levantarse es de 50cm (ver fig. 5.4).

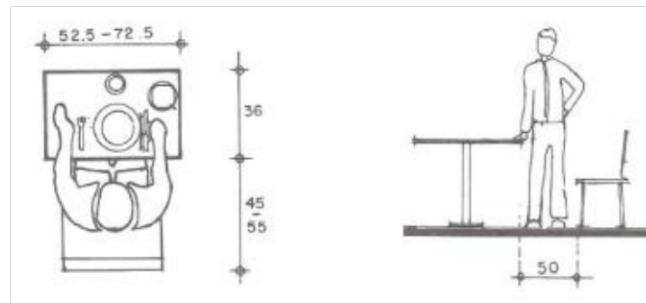


FIGURA 5.4: Dimensiones necesarias para las actividades durante la comida. Tomada de Fonseca (1994)

En la tabla 5.2 se especifica las dimensiones necesarias (mesa, silla y levantarse) para la actividad de comer, donde se obtiene que su área necesaria es de 0.81m<sup>2</sup> (ver tabla 5.2).

Tabla 5.2: ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA EL COMEDOR

Actividad	Espacios	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )
Comer	Mesa	0.725	0.36	0.26
	Silla	0.55	0.55	0.30
	Levantarse	0.50	0.50	0.25
<b>Área total Pers/comedor</b>				<b>0.81m<sup>2</sup></b>

Para el área de dormir se analiza el espacio que ocupa la cama para una persona y los movimientos que se requiere para la actividad de dormir. Las dimensiones óptimas de una cama para una persona son de 1.90m de largo por 0.90m de ancho, el espacio necesario para moverse al pie de la cama es de 20-25 cm mientras que al lateral se necesita unos 35-40cm (ver fig. 5.5).

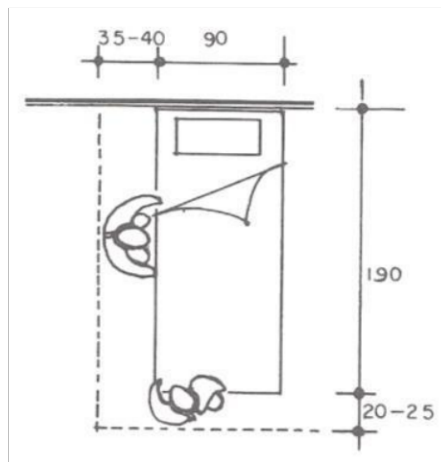


FIGURA 5.5: Espacio necesario para dormir. Tomada de Fonseca (1994)

En la tabla 5.3 en base a la figura 5.5 se especifica las dimensiones necesarias para la actividad de dormir, donde se obtiene un área necesaria de 2.10m<sup>2</sup> (ver tabla 5.3).

Tabla 5.3: ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA EL DORMITORIO

Actividad	Espacios	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )
Dormir	Cama	1.90	0.90	1.71
	Circular	1.10	0.40	0.44
<b>Área total Pers/dormitorio</b>				<b>2.15m<sup>2</sup></b>

Finalmente las circulaciones se considera el 30 % para cuyo porcentaje incluye la el área de muros o paredes.

### 5.4.2. Programa arquitectónico para la vivienda emergente propuesta en los andes del Ecuador

Según el programa arquitectónico analizado, los 18m<sup>2</sup> estipulados por manual esfera apenas difieren en 0.98 m<sup>2</sup>, lo cual significa que los 18 m<sup>2</sup> es una área aceptable para configurar la vivienda emergente, un área en estas magnitudes permite un funcionamiento coherente dentro de la vivienda emergente, tomando en consideración el área estipulada por manual esfera y el área analizada del programa arquitectónico se puede plantear que el área mínima para una vivienda emergente con un grupo familiar compuesta por cuatro personas será de 18m<sup>2</sup>.

Tabla 5.4: PROGRAMA ARQUITECTÓNICO PARA EL PROTOTIPO PLANTEADO.

Zona	Ambiente	Cant.	M2/ persona según Act.	Aforo	Área por ambiente (M2 )	Área por zona (M2)
1	Podio	1	1	4	4	18.98
	Dormitorio	1	2.15	4	8.60	
	Cocina	1	1.57	2	3.14	
	Comedor	1	0.81	4	3.24	
2	Podio	1	1	4	4	18.98
	Dormitorio	1	2.15	4	8.60	
	Cocina	1	1.57	2	3.14	
	Comedor	1	0.81	4	3.24	
					<b>Área Total Necesaria</b>	<b>37.96</b>
					<b>30% circula- ción de mu- ros</b>	<b>11.39</b>
					<b>Área Total</b>	<b>49.35</b>

## 5.5. Diseño

### 5.5.1. Estrategia de diseño

En este apartado se da a conocer cómo abordar el diseño de la propuesta de estudio en base a los materiales analizados, principalmente encaminados por el tablero Ecopak y la madera. Primero según los sistemas constructivos analizados en el capítulo IV se establece que un entramado de madera puede favorecer a la rápida construcción de un edificio. La aplicación de este entramado de madera también se ha notado en la solución que genera la fundación TECHO. Para el entramado de madera como se revisó en el capítulo IV se colocan vigas transversales sobre una o varias vigas denominadas Allpa Solera, sobre esta se coloca la capa transitable o piso; de esta manera esta parte de la edificación queda dispuesta para configurar el resto de las partes (estructura, mampostería, cubierta) que lo componen de una manera muy sencilla. Ahora analizando los distintos materiales que se pueden emplear en un contexto sostenible se ha encontrado los tableros Ecopak, estos materiales tal como se analizó en el capítulo IV tienen propiedades óptimas para la construcción. Los tableros Ecopak tienen dimensiones de 1.22x2.44 m con diferentes espesores.

Conociendo las características de los tableros Ecopak y en función a la arquitectura moderna (prefabricación y modulación) analizadas en el capítulo II, se hace uso de el para configurar el piso y las paredes de la propuesta de estudio.

Los múltiplos de sus dimensiones (40cm, 60cm, 80cm, 1.20m, 1.40 m) generan varias posibilidades. Pero de acuerdo al área requerida según el análisis del programa arquitectónico y sobre todo a las necesidades que presenta el contexto de vivienda emergente (necesidad de pronta respuesta, fácil montaje) se hace necesario usar unidades enteras para facilitar su montaje.

Con 18 tableros se puede conseguir un espacio de 53.58 m<sup>2</sup> (7.32X7.32 m) sin la necesidad de realizar recortes (ver fig. 5.6) y con la facilidad de montarlos rápidamente mediante cualquier tipo de fijación (pernos, tornillos, clavos, otros). Ahora si esta área se divide para dos, se obtiene un área de 26.79 m<sup>2</sup>, un espacio suficiente para albergar a una familia compuesta por 4 personas según el programa arquitectónico analizado.

Entonces 18 tableros orientados tal como se muestra en la figura 5.6 permiten adoptar una solución de vivienda emergente para dos familias. Esta disposición pareada en la vivienda resulta muy conveniente para los Andes del Ecuador ya que por el principio de compacidad analizada en el capítulo III permite mejorar su comportamiento térmico interior. Así también la disposición de los paneles en el piso favorece al uso de los mismos para configurar las paredes de una manera muy sencilla obedeciendo sus múltiplos.

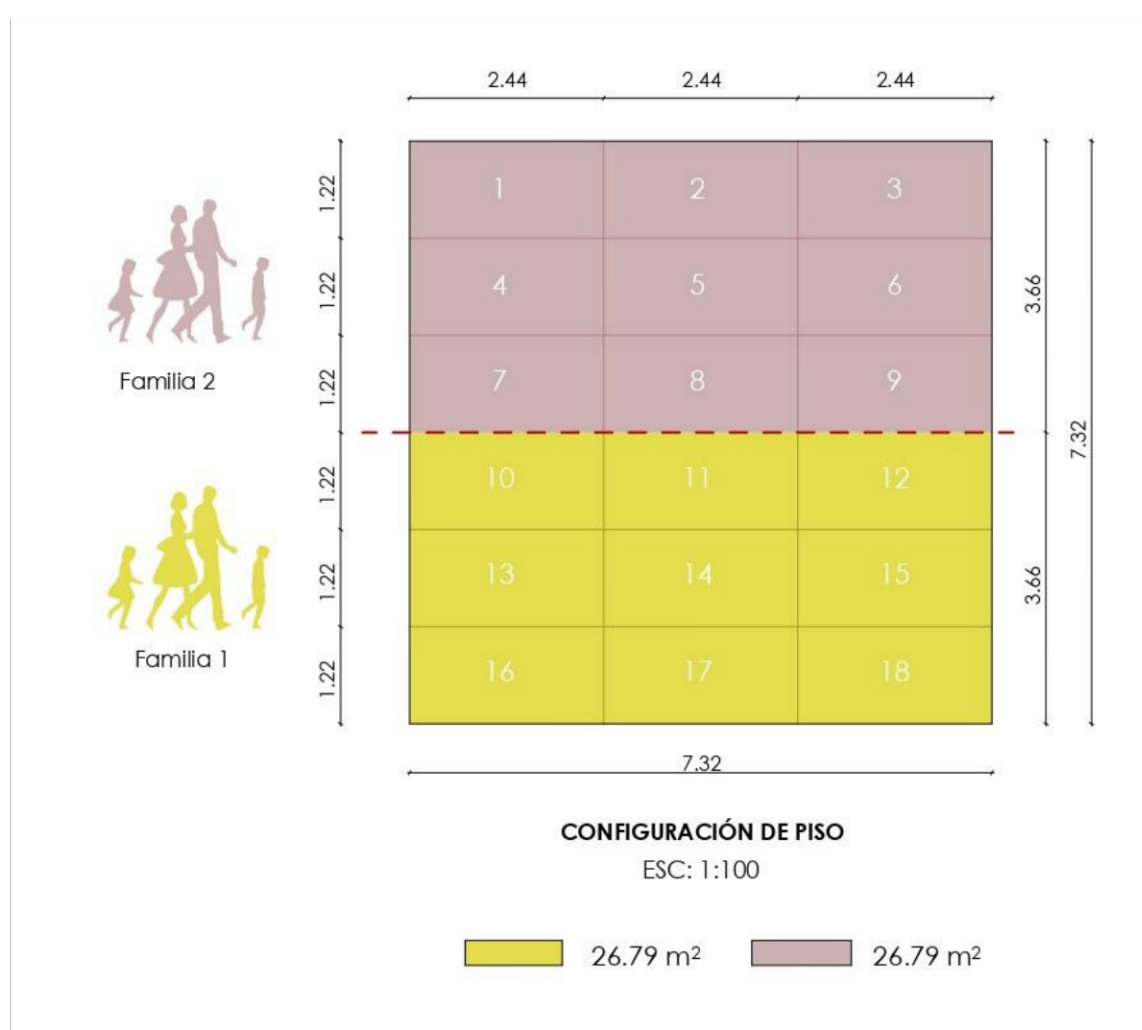


FIGURA 5.6: Disposición del tablero tetrapak (1.22x2.44) como estrategia del dimensionamiento de la vivienda emergente propuesta en los Andes del Ecuador.

Por otro lado, está la situación de uso y permanencia por arte de los usuarios. Ante una situación de emergencia se tiene claro que lo más indispensable es un refugio que pueda resguardar a los damnificados de desastres.

Sin embargo, muchas familias quedan afectadas económicamente de manera permanente y por ende quedan a vivir en condiciones vulnerables.

La configuración del diseño de la propuesta de estudio (ver fig. 5.5) justifica su razón de ser ya que tiene la noción de perdurar después de la etapa de desastre y pretende alojar a los habitantes por un buen tiempo tal como se ha visto en los referentes analizados en diferentes latitudes.

Su potencial destaca en la vivienda que por defecto se encuentra pareada, entonces, si una familia desocupa la estancia, la familia que se encuentra en desventaja para adquirir una vivienda, puede adaptarla realizando simples divisiones, esto se analizará de manera más detenida en apartados posteriores de este capítulo.

### **5.5.2. Estrategia tecnológica: sistema constructivo**

Después de haber analizado las distintas soluciones de vivienda emergente en el capítulo I, la arquitectura bioclimática en el capítulo III, arquitectura moderna en el capítulo II, sistemas constructivos ancestrales de la región Andina del Ecuador y finalmente la materialidad más idónea en el contexto de sostenibilidad en el capítulo IV, se ha podido establecer un sistema constructivo que aprovecha y rescata la identidad cultural de los habitantes de la Región; esto se denota ya que el sistema constructivo como tal toma principios de la arquitectura vernácula de la zona, y efectivamente usa materiales propios del lugar, así, se propone combinar materiales endémicos como la madera, la tierra (adobe), la piedra y el carrizo, todos estos materiales se ha analizado que se comportan de manera positiva para generar ambientes confortables en un entorno frío.

A estos materiales se suma los beneficios de fácil mantenimiento y larga durabilidad de los tableros ECOPAK, son materiales muy ecológicos con una excelente resistencia a la intemperie.

Entonces con estos materiales se propone una solución con: durabilidad, fácil mantenimiento, adaptación al entorno y rápido montaje a través de la prefabricación.

El primer elemento prefabricado que se dispone es el adobe, un material completamente fácil de conseguir y de muy bajo costo, luego se encuentran los tableros prefabricados ECOPAK, los paneles de carrizo y las distintas piezas de madera que conforman la estructura.

Con el uso del adobe, madera y carrizo se rescata y se sobrevalora los recursos de la construcción nativa de la zona para un contexto emergente.

Con los tableros Ecopak se reduce el impacto ambiental y se potencializa el tema bioclimático. La presente solución gracias a la arquitectura bioclimática ha hecho posible que el uso de materiales como el adobe (masa térmica) o los tableros Ecopak (propiedades aislantes) resulte un aporte excepcional para favorecer el confort del usuario, cuestión que se vive con mucha deficiencia en la mayor parte de los Andes ecuatorianos.

Ahora, de la arquitectura moderna lo que aparentemente resultaba contraproducente en el contexto de vivienda emergente sostenible, se pudo rescatar lineamientos muy puntuales como la modulación y prefabricación, en todo el estudio se ha evidenciado que estos medios constructivos protagonizan cada una de las intervenciones, resulta la mejor opción y el mejor complemento a la hora de ahorrar recursos y efectividad para el tiempo de montaje.

Con todas estas especificaciones se ha logrado establecer un sistema constructivo modular prefabricado con identidad cultural y potencialmente sostenible que obedece a las siguientes especificaciones.

## **Cimentación**

La piedra como elemento sólido de gran resistencia, es un material que ha sido usado para cimentar las viviendas durante décadas, así se revisó en los sistemas constructivos ancestrales.

Pero también se pudo conocer que a diferencia de las viviendas de la costa las viviendas de los Andes del Ecuador no requieren elevarse de la superficie del suelo, pero sí importa evitar el contacto directo, solo bastará separar solo unos pocos centímetros de la superficie del suelo.

Elevar varios cm del suelo resulta contraproducente ya que lo único que se lograría es mantener un espacio ventilado donde constantemente los flujos de aire frío van a circularlo pudiendo afectar de manera negativa los grados centígrados interiores de la vivienda, pues según el contexto de vivienda emergente revisados en el capítulo I, una vivienda emergente por lo general se emplaza en espacios abiertos, terrenos amplios que permiten emplazar una gran cantidad de ellas, en consecuencia estos espacios mantienen corrientes de aire más intensas.

Por lo tanto, para la cimentación de la vivienda planteada se estima colocar piedras encontradas en el sitio que no superen los 20-25cm de diámetro, este elemento sólido únicamente servirá para evitar el contacto directo con el suelo, con el fin de controlar y disminuir los flujos de aire y la presencia de humedad por capilaridad.

Siguiendo los ejemplos de la fundación TECHO se estima una separación entre cimiento no mayor a 2.00 m soportando una viga Allpa solera con peralte de 10cm, esto en función de los espacios arquitectónicos. En consecuencia, si la separación de los cimientos aumenta el peralte de la viga también aumenta.

Para la propuesta de estudio según la configuración del espacio de toda la vivienda analizado en la estrategia de diseño consecuentes de las dimensiones del tablero Ecopak, se tiene una distancia total de 7.32 m en el eje de las X y Y, entonces, para esta dimensión conviene optimizar con una separación máxima entre cimiento (piedra del sitio) de 2.30m y un peralte mayor a 10 cm, esto permite des-complicar la cantidad de cimientos necesarios (menor cantidad), el peralte de la viga Allpa solera se define en el sub-apartado de forjado. Entonces la cimentación queda resuelta de la siguiente manera (ver fig. 5.7).

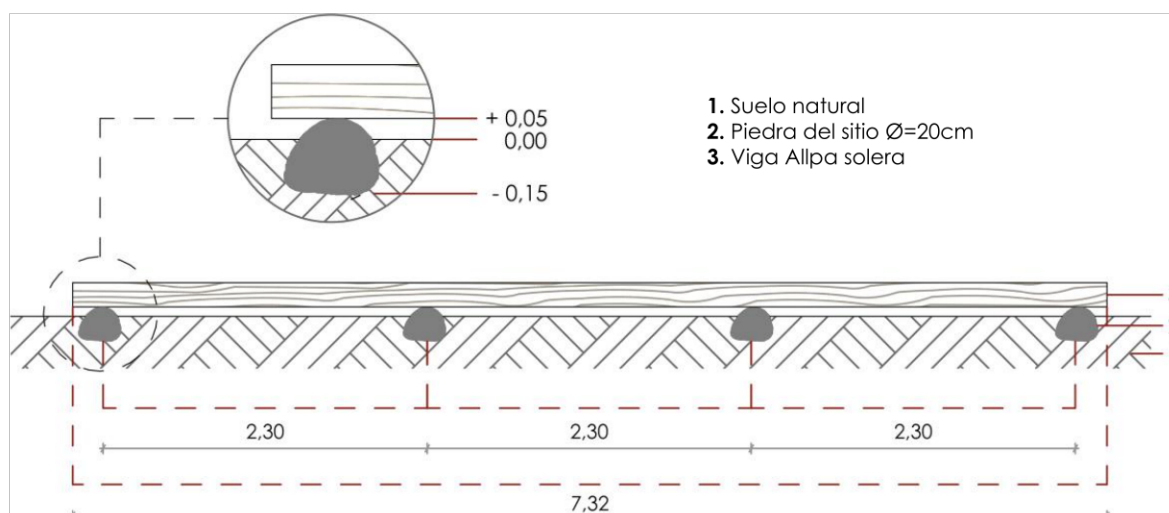


FIGURA 5.7: Cimentación para prototipo planteado

Las piedras podrán cimentarse hasta 15cm dentro de la tierra esto se verá influido en el desnivel inevitable que se pueda encontrar y para asegurar su fijación. La viga Allpa solera que descansa sobre las piedras quedará suspendida a una altura mínima de 5 cm de la superficie como se expresa en la figura 5.7.

Lo que significa que, si las piedras tienen una altura de 20cm, deberán fijarse dentro de la tierra solo 15cm, dejando 5cm a la vista, esta distancia será suficiente para evitar que la viga portante (Allpa solera) entre en contacto con el suelo y pueda deteriorarse.

## Forjado

Según el análisis de materiales realizados se establece un entramado simple con madera de pino, soportados sobre vigas transversales (Allpa solera). Sin embargo, será necesario asegurar su durabilidad para ello se propone confinar el entramado con madera de plástico reciclado en todos los contornos.

Para completar el piso como capa transitable se colocará el tablero TETRA PAK con un espesor de 10mm para garantizar su resistencia y durabilidad. Entonces la configuración del entramado de madera de pino en función de las dimensiones del tablero TETRA PAK se resuelve de la siguiente manera.

Primero la viga Allpa solera merece ser de una madera sólida con muy buenas condiciones estructurales. Según Edimca en madera sólida se puede conseguir tablones de pino cuyo porcentaje de humedad es del 10-12 %, esta pieza de madera resulta una viga conveniente según sus características físicas pues al poseer mayor peralte (ancho) respecto a su base siempre dará mejor resistencia especialmente a la flexión.

Según experiencias de la fundación TECHO, esta pieza (viga Allpa solera) en la vivienda como se mencionó antes, la resuelven con un peralte de 10cm asentada sobre dos postes (cuartones de madera) separados a 2m de distancia, y una separación de 1.50m entre viga.

Entonces debido a que la disposición de los cimientos para la propuesta de estudio se estableció una distancia de 2.30m (ver fig. 5.8), para este sistema constructivo se establece entre los productos de madera sólida que ofrece Edimca un tablón de pino de 47x3300x150 mm de espesor, largo y ancho respectivamente, para la separación entre viga Allpa solera se mantiene la misma distancia que maneja la fundación TECHO (1.50m), esta separación permitirá distribuir las cargas de manera uniforme en los espacios interiores (ver fig. 5.8).

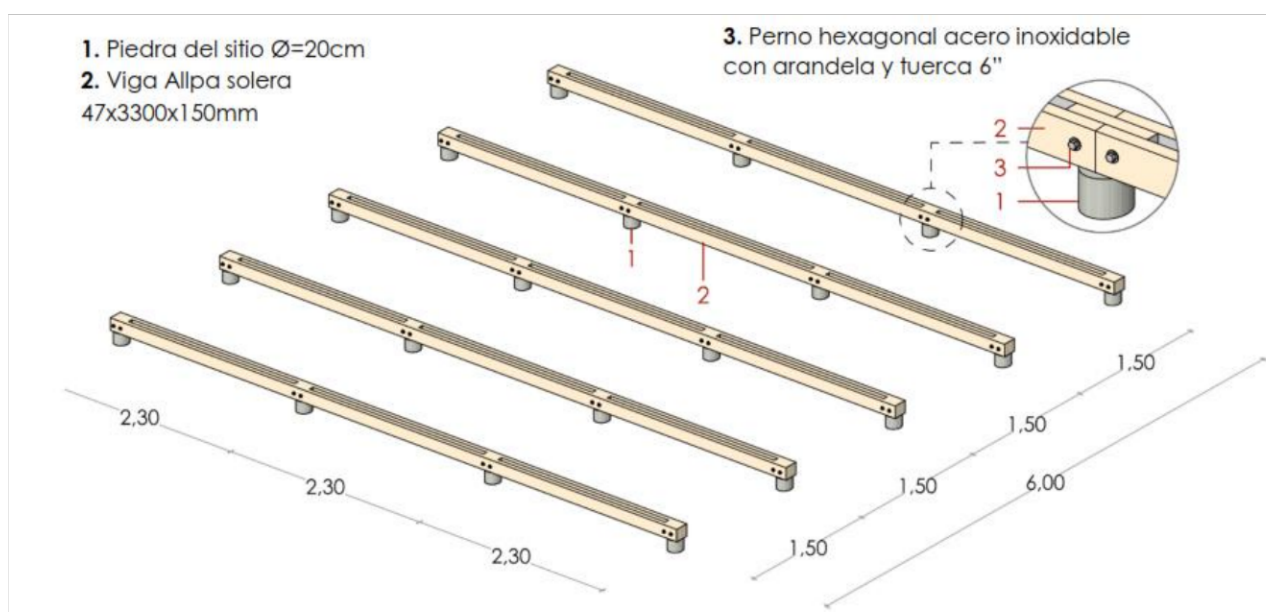


FIGURA 5.8: Configuración De la viga Allpa solera.

El peralte de esta pieza (viga Allpa solera) se encuentra sobrepasado 5cm a la solución que plantea la fundación TECHO. Por lo tanto esta proporción garantiza una mayor resistencia y durabilidad de la vivienda planteada.

Ahora sobre esta viga se dispone tablas transversales que harán el trabajo de las vigas soleras, mismas que servirán para soportar la capa de rodadura (tablero tetrapak  $e=10\text{mm}$ ), con la separación entre vigas Allpa solera se consigue apenas una distancia de 6m de los 7.32 m (para la propuesta de estudio) estimados en el apartado de la estrategia de diseño, la diferencia de 1.32m de longitud se complementa volando las tablas de madera (soleras) en cada extremo de la vivienda; este hecho se justifica ya que la propuesta de estudio incorpora el uso del adobe, lo cual se explica a continuación.

Haciendo uso del adobe según la arquitectura bioclimática se entiende que este estará orientado en sentido este-oeste y deberá ser protegido de la intemperie para su correcto funcionamiento.

Entonces al tratarse de un material vulnerable a la intemperie (principalmente a las aguas lluvias) es necesario que este se encuentre completamente protegido de las aguas lluvias, por lo que necesita estar aislado tanto del piso (posibles salpicaduras) como de su incidencia directa. Un alero de unos 60-80cm ayudan a controlar el contacto directo con las aguas lluvias.

Contemplando la cimentación designada, conviene dejar unos 66 cm en volado en cada extremo de la vivienda (sentido este-oeste) a partir del eje de cimentación, ya que cimentarlo repercute en la cantidad de materiales (para soportar este volado corto necesita adicionar vigas soleras y piedras).

Con 66 cm de volado en cada extremo de la vivienda más los 6m configurados por la separación de vigas Allpa solera se optimiza el uso de los 7.32 m y al mismo tiempo se protege el muro de adobe (ver fig. 5.9).

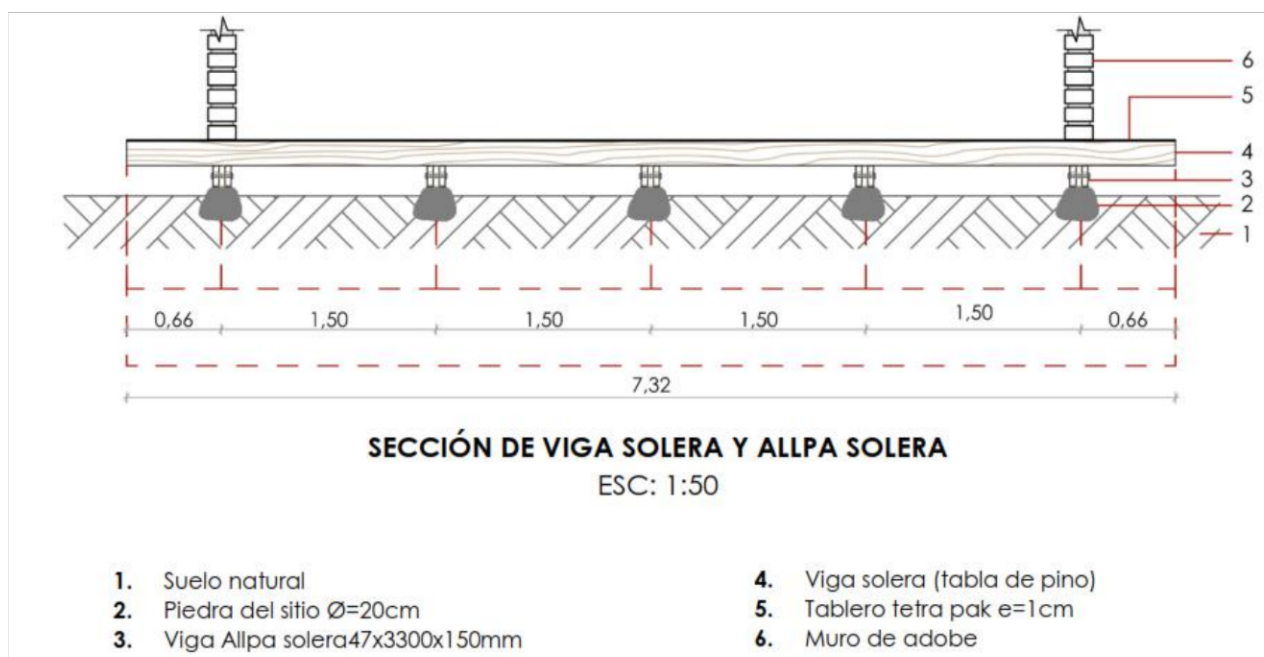


FIGURA 5.9: Representación de viga Allpa solera y solera para la solución de entramado.

En la figura se puede observar que resulta innecesario adicionar una fila más de cimentación, es conveniente que este pequeño tramo quede en volado.

Para conocer el peralte de la viga solera (tablas de madera de pino) según Gromicko et al. (2009) el voladizo permisible de un entramado ligero en madera con separación entre vigas soleras de 40-60 cm responde a la siguiente figura (ver figura 5.10).

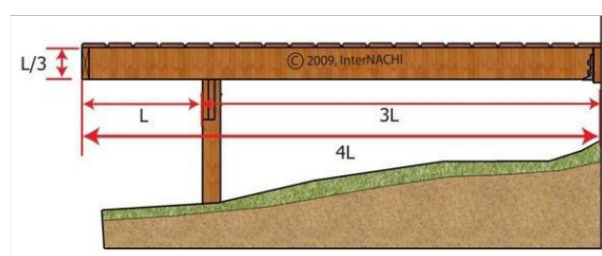


FIGURA 5.10: Definición para voladizo de entramados. Tomada de <https://www.nachi.org/deck-inspections.htm>

Con esta definición, tomando un volado de 60cm se establece que el peralte de la viga (solera) es de 20cm. Ahora también es importante conocer los destajes pertinentes para permitir un anclaje más rápido y seguro, Gromicko et al. (2009) explica esta situación en la siguiente figura (ver figura 5.11).

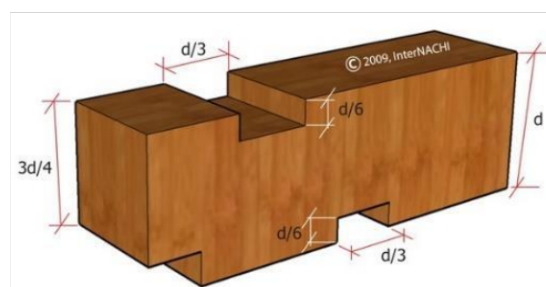


FIGURA 5.11: Destajes pertinentes en piezas sólidas de madera. Tomada de <https://www.nachi.org/deck-inspections.htm>

Con todos estos conceptos y el análisis realizado se establece que la pieza portante (allpa solera) con peralte de 15cm puede poseer un destaje no mayor a 2.5cm cada 40 cm para permitir anclar coherentemente a las piezas que conforman el entramado (tablas de 20x200x3960 mm), todo el forjado debe estar protegido con madera de plástico de 2cm de espesor para proteger a la estructura de las aguas lluvias tal como se muestra en la figura 5.10, así como su capa de rodadura o capa transitable estará configurada con tableros TETRAPAK de 1220x2440 y 10mm de espesor.

De esta manera el forjado se resuelve de una manera fácil y sencilla de montarlo (ver fig. 5.12, 5.13).



FIGURA 5.12: Configuración constructiva del entramado para forjado.

1. Suelo natural
2. Piedra natural del sitio  $\varnothing=20$  cm
3. Viga Allpa solera de pino 150x40xmm
4. Tabla de pino con peralte de 200 mm
5. Tabla de pino para estabilizar estructura con peralte de 200 mm.
6. Madera de plástico reciclado para proteger la estructura 20x350mm
7. Tablero tetrapak 1220x2440x10 mm
8. Destaje de 20 mm para anclar los cerramientos exteriores
9. Clavo con cabeza liso 1 1/2"
10. Perno hexagonal acero inoxidable con arandela y tuerca 6"
11. Perno hexagonal acero inoxidable con arandela y tuerca 3 3/8 "
12. Goterón, refuerzo plástico 40x20mm

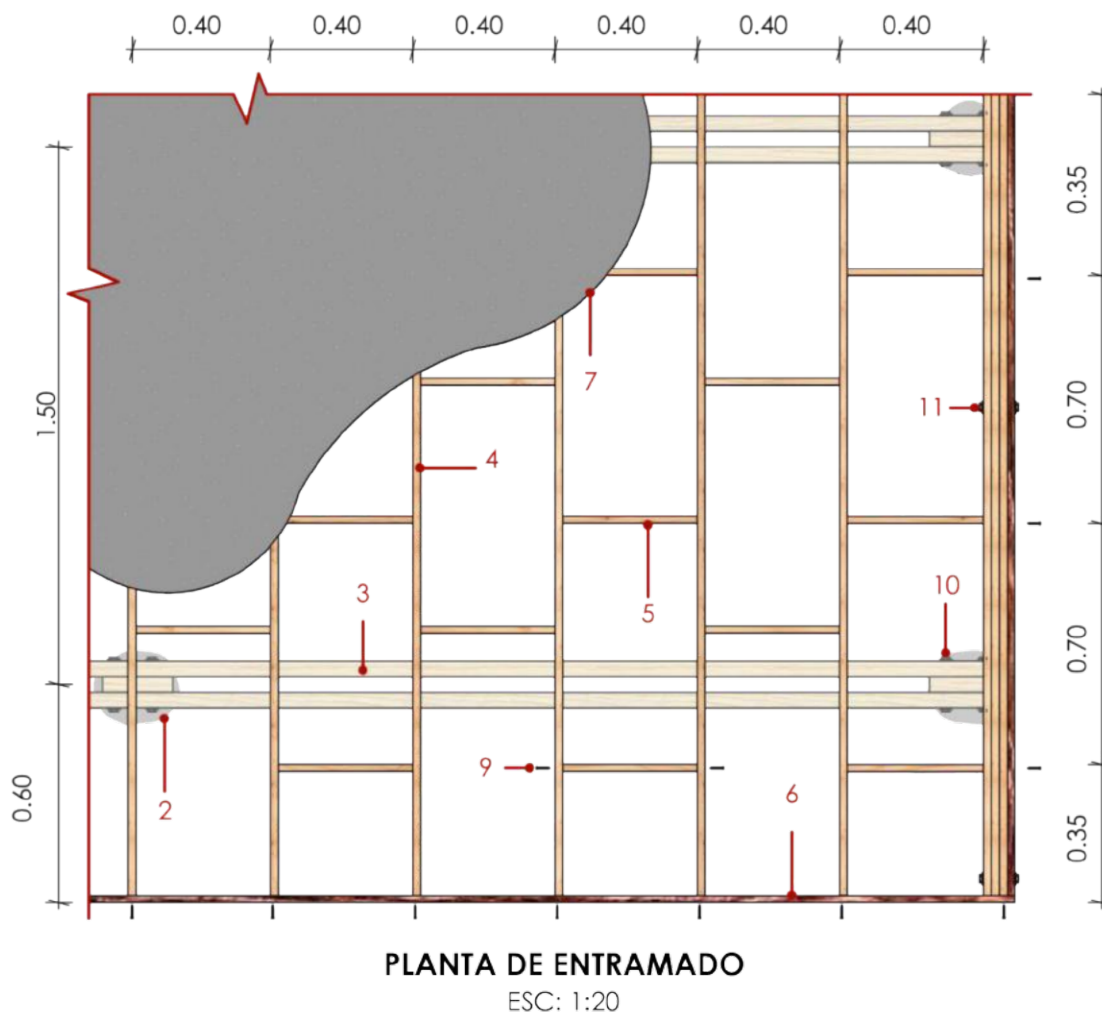


FIGURA 5.13: Configuración en planta de un módulo para el entramado de forjado.

### Cerramientos

La configuración de la piel del edificio siguiendo los parámetros estudiados en el capítulo 1, 2 y 3 se determina configurar con paneles tipo sándwich separados con una cámara de aire de 8cm, y muros de adobe. Los paneles sándwich servirán de aislamiento mientras que el adobe permitirá una captación solar indirecta para contribuir al confort térmico interior de la vivienda.

Los paneles tipo sándwich al ser prefabricados han de permitir un rápido montaje a la vez que por su cámara de aire en su interior permitirán reducir las pérdidas de calor con lo cual mantener una mayor temperatura en el interior.

Los paneles sándwich se han dispuesto construirse con tablero poli-aluminio (2440 x 1220 x 5mm) y tablero triplex (2440 x 1220 x 52mm) bajo las siguientes observaciones.

Como se vio antes el tablero poli-aluminio es totalmente impermeable y resistente a la intemperie, además al constituirse de polietileno presenta características aislantes, sin embargo su costo por tablero supera los 20 USD, el tablero Triplex en cambio es muy económico pero no es muy resistente a la intemperie puesto que está elaborado a base de madera, por lo que las condiciones climáticas pueden alterar con el tiempo sus propiedades físicas y técnicas.

Entonces la cara del panel expuesto a la intemperie debe conformarse del tablero poli-aluminio, mientras que aquellas que se encuentre protegidas de la intemperie deben constituirse de tablero triplex. De esto se puede concluir que en zonas protegidas el panel sándwich puede constituirse del 100% de tablero triplex, en cambio en zonas expuestas deberá conformarse del 50% de poli-aluminio y 50% de triplex esto debido a que siempre una cara queda al interior de la vivienda protegida por la cubierta y por ende evita el contacto con el exterior. La combinación de estos materiales permite optimizar su costo.

Ahora bien, en función a las dimensiones del material utilizado resultan pertinente elaborar paneles que se anclan cada 60cm u 80cm, estas dimensiones permiten obtener modulaciones óptimas para resolver espacios arquitectónicos manejando vanos de puertas y ventanas sin ninguna complicación. Los paneles en las dimensiones predispuestas se pueden obtener a partir de cortes sencillos en los tableros enteros a utilizarse (ver fig. 5.14).

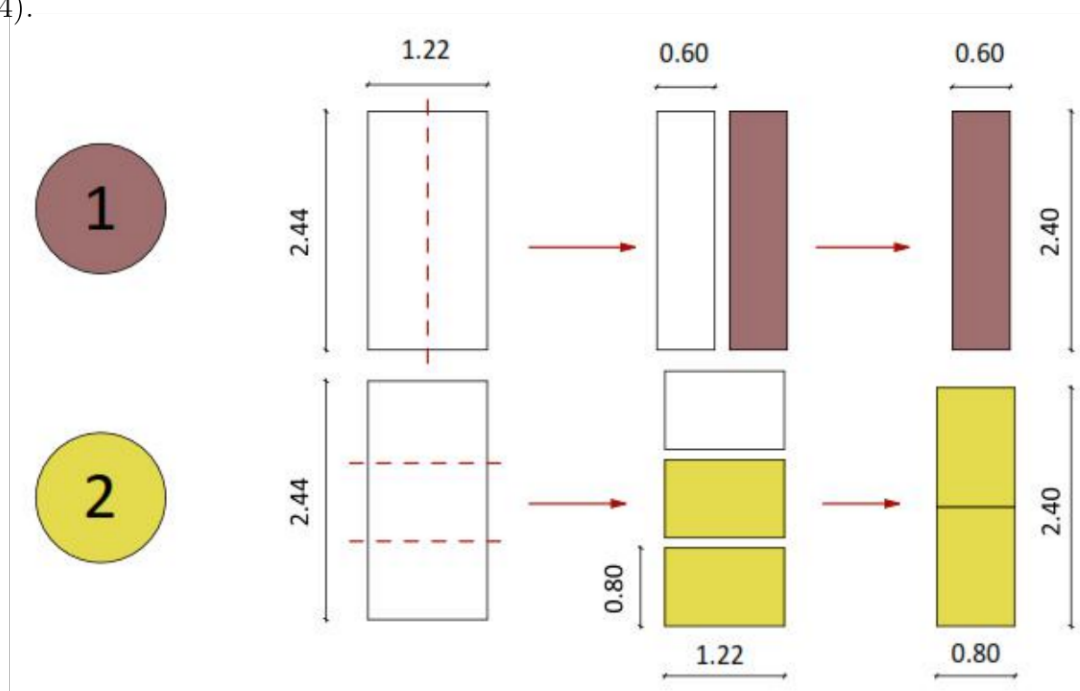


FIGURA 5.14: Manejo de tableros para la configuración de los paneles.

De esta manera los paneles dispuestos para configurar las paredes del edificio presentan 2 opciones (ver tabla 5.5). Para la propuesta de estudio puesto que los muros de adobe deben colocarse en dirección este-oeste y quedar protegidos por un alero (situación analizada en el apartado de forjado), se propone usar paneles con sección de 60 cm para las fachadas más frías (norte y sur), pues estas fachadas (norte y sur) al constituirse con paneles sándwich con revestimiento de poli-aluminio pueden prescindir tranquilamente de

un alero, solo necesitaran un desfase mínimo de la cubierta para proteger infiltraciones en la parte superior de la vivienda, con esta particularidad se puede ahorrar gastos en cubierta (menor cantidad de material en aleros por ende menor costo). En consecuencia los paneles con sección de 80cm servirán para las fachadas este-oeste.

Tabla 5.5: ESPECIFICACIONES FÍSICAS DEL PANEL TIPO SÁNDWICH.

Opción	Partes	Largo (m)	Alto (m)	Espesor (mm)
1	Cara exterior	0.80	2.44	5
	Cámara de aire	0.80	2.40	80-100
	Cara interior	0.80	2.40	5,2
2	Cara exterior	0.60	2.40	5
	Cámara de aire	0.60	2.40	80-100
	Cara interior	0.60	2.40	5,2

Las dimensiones que se muestran en la tabla 5.5 también sirven como estrategia para facilitar un manejo versátil en sus vanos pudiendo adaptarse a posibles cambios que posteriormente puedan requerir los usuarios. Para estructurar los paneles se propone un machihembrado en dos modalidades que difiere oportunamente la opción 1 de la 2, y para la parte superior se dispone unos cuartones de madera de pino de 40x20 mm, asegurando completamente los paneles. A continuación se muestra la solución de la opción 1.

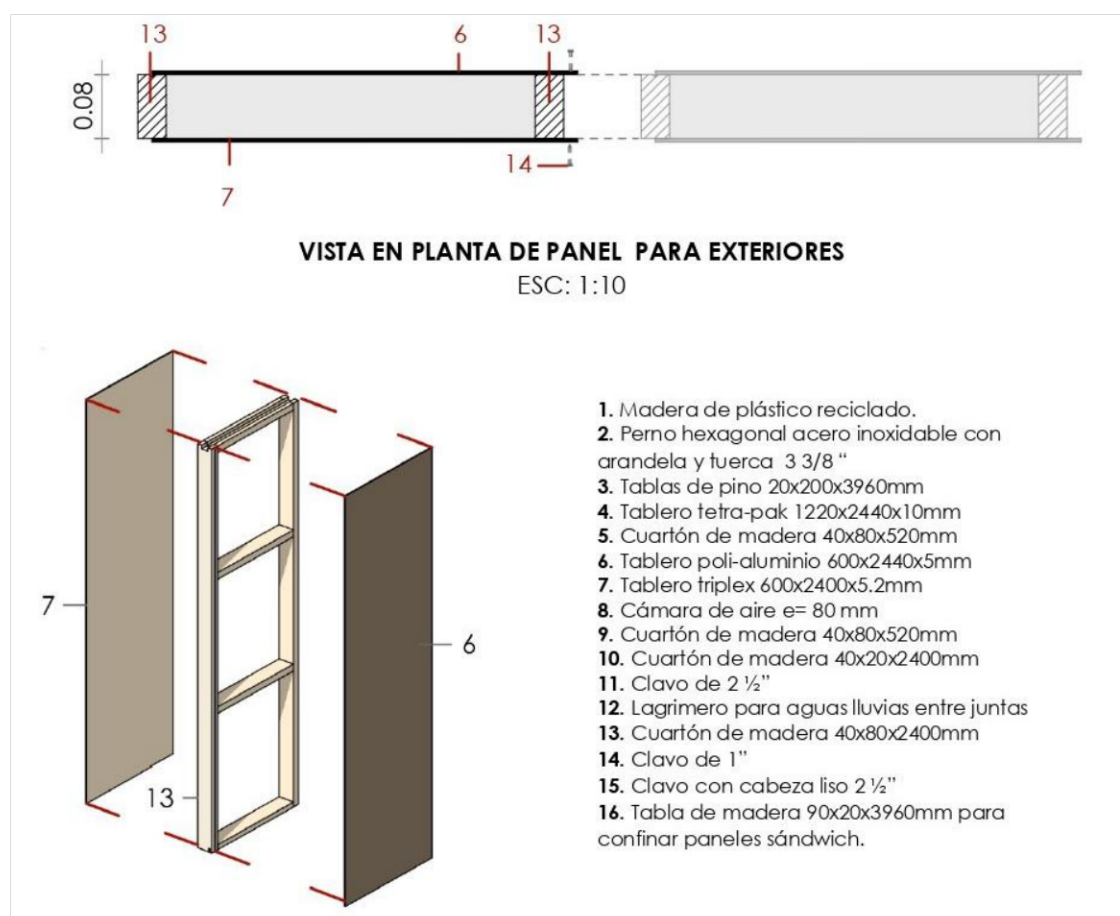


FIGURA 5.15: Especificaciones técnicas de la configuración del panel con sección de 60cm.

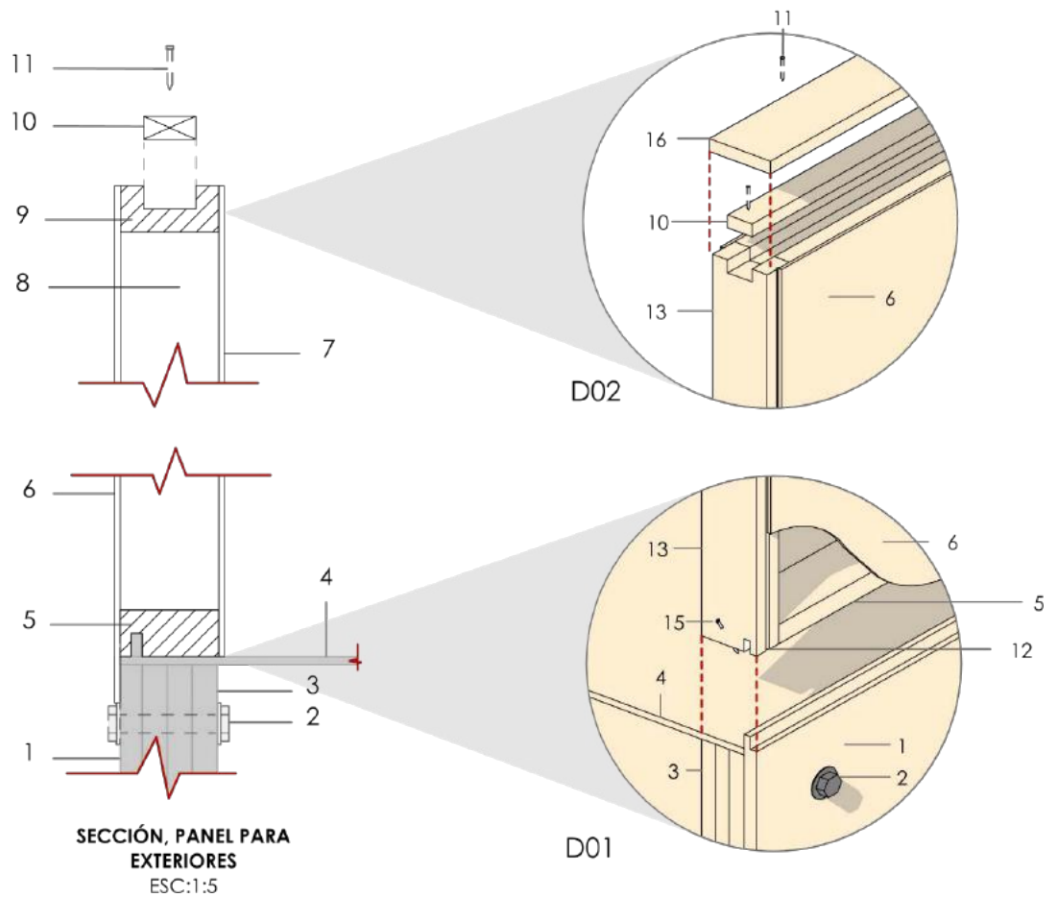


FIGURA 5.16: Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 60cm.

La configuración de la segunda opción para este panel se estructura de manera idéntica del primero. Para esta opción se elimina el lagrimero ya que este panel servirá únicamente para espacios protegidos de la intemperie, en este caso para configurar las fachadas este-oeste, también se elimina el tablero polialuminio y se reemplaza por el triplex.

El anclaje para este panel se dispone un cuartón de madera hembra y macho con sección de 8cm cada uno, lo cual permitirá que el anclaje sea seguro y de rápido montaje. A continuación se detalla este panel (ver fig. 5.17, 5.18).

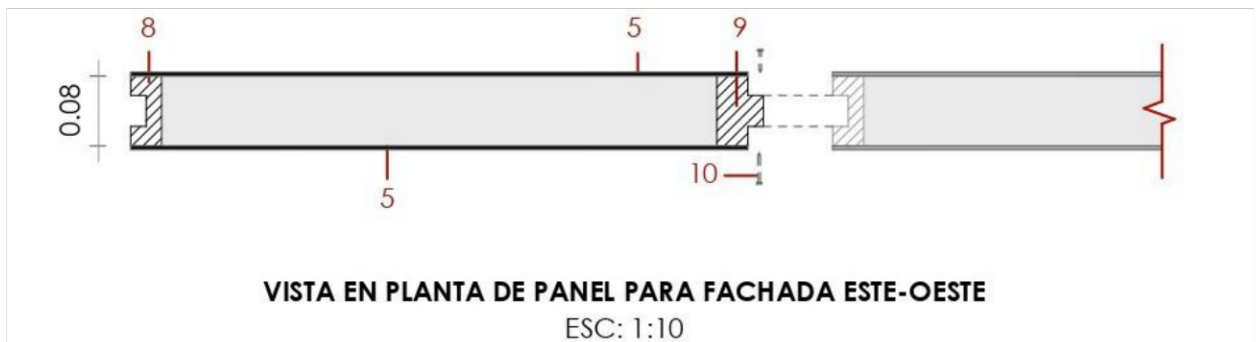


FIGURA 5.17: Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 80cm.

1. Tablero tetrapak 1220x2440x10mm
2. Tablas de pino 20x200x3960mm
3. Cuartón de madera 20x80x520mm
4. Cuartón de madera 40x80x520mm
5. Tablero triplex 600x2400x5.2mm
6. Cámara de aire e= 80 mm
7. Clavo de acero inoxidable 1 1/2"
8. Cuartón hembra de madera 40x80x2400mm

9. Cuartón macho de madera 40x20x2400mm
10. Clavo de 1 1/2"
11. Clavo con cabeza liso 2 1/2"
12. Tabla de madera 90x20x3960mm para confinar paneles sándwich.

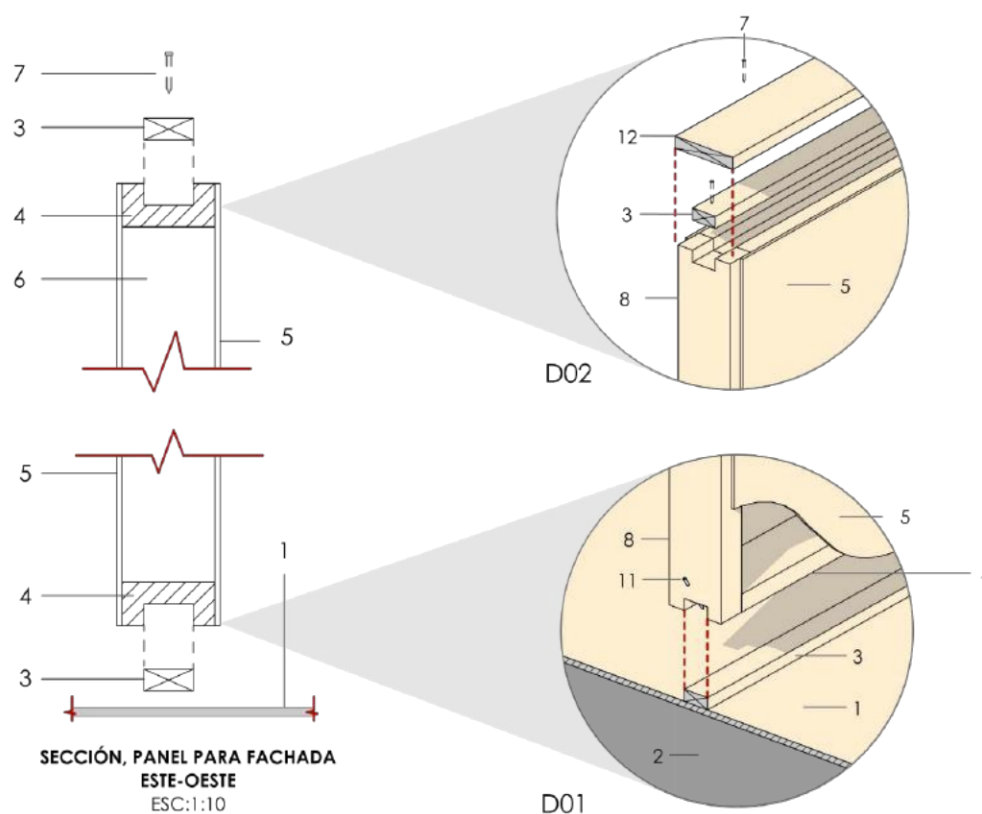


FIGURA 5.18: Especificaciones técnicas del anclaje del panel con sección de 80cm.

Entendiendo la configuración de los paneles tipo sándwich se procede a explicar la conformación de los muros de adobe. Los muros de adobe como se mencionó antes deben estar orientados hacia el este y oeste. Por definición de sistemas constructivos ancestrales se determinó que el adobe es una técnica que no se configura de forma inmediata, sin embargo se trata de un material prefabricado cuyo montaje no resulta complicado.

Entonces bajo estas condiciones se deduce que no es necesario cubrir toda las fachadas este-oeste con adobe, solo será necesario establecer una parte de toda la fachada, lo suficiente para que permita captar energía solar y contribuya al confort interior de la vivienda. Tomando en cuenta que esta fachada debe estar protegida por un alero, la modulación con el panel de 80cm resulta pertinente (ambas caras son triplex, por lo tanto deben encontrarse protegidos de la intemperie).

Según la estrategia de diseño la fachada este y oeste cuenta con 7.32 m de longitud, entonces fraccionando en 9 partes de 80 cm se consigue 7.20m de longitud (ver fig. 5.19), en consecuencia, se tiene 6cm sobrantes a cada extremo, este sobrante servirá para configurar los paneles sándwich de las fachadas norte y sur (ver fig. 5.19).

Con este seccionamiento se plantea 4 partes (3.20m) de cada fachada (este y oeste) para los respectivos muros de adobe. De estas 4 partes se obtienen 2 muros de 1.60m de longitud cada uno equidistantes a 2.40m (ver fig. 5.19), esta distribución permitirá captar la energía solar y distribuirla hacia el interior de manera ecuánime.

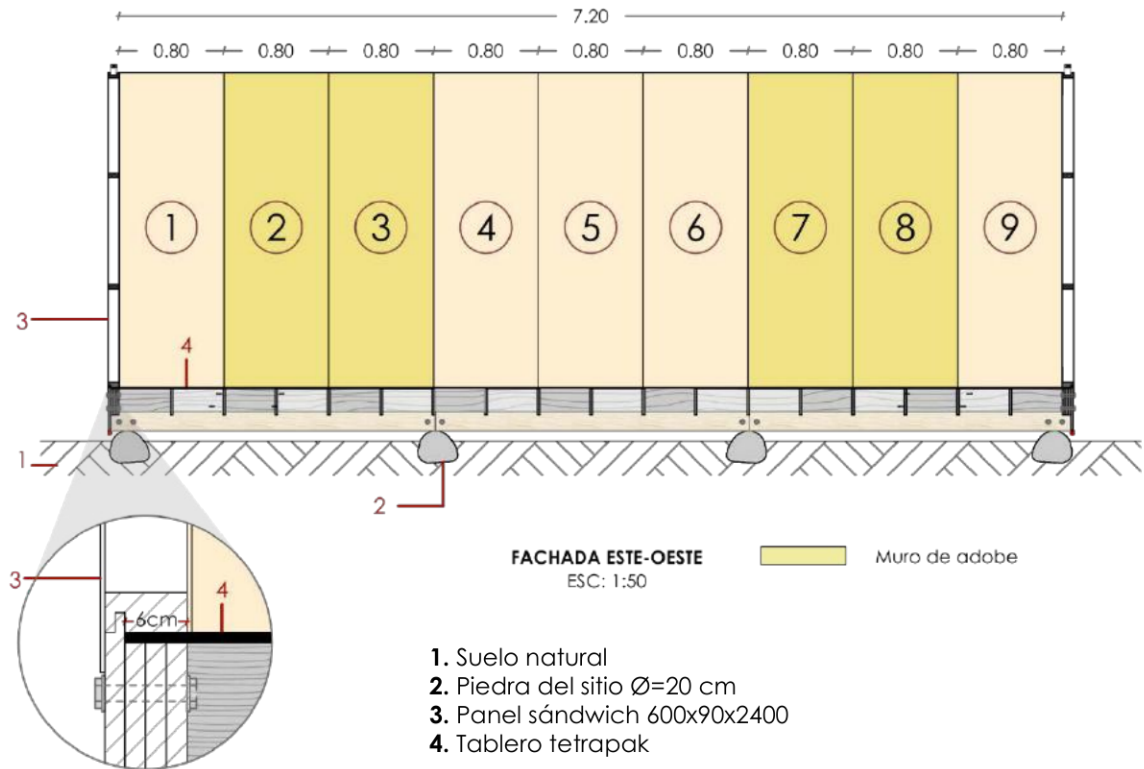


FIGURA 5.19: Disposición de fachadas este-oeste.

Para construir los muros de adobe predestinados, se utiliza un adobe de 400 x 200 x 100mm, es una medida muy comercializada y facilita su construcción. En la figura 99 se muestra las hiladas correspondientes para su construcción y las juntas horizontales (2cm) y verticales (3cm).

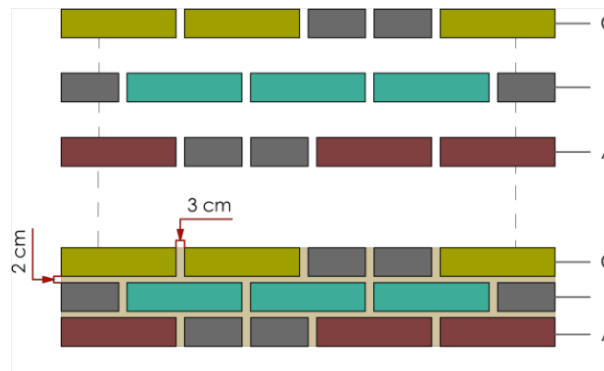
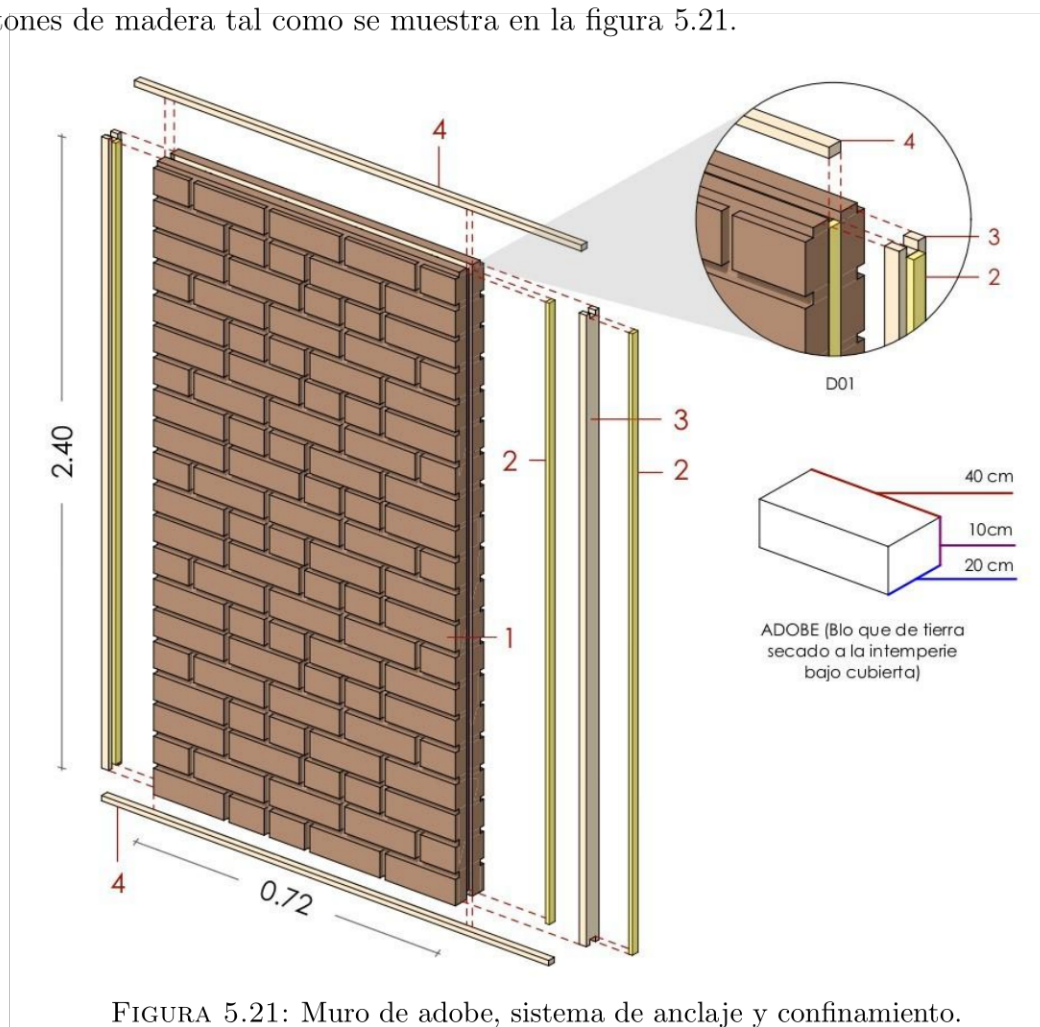


FIGURA 5.20: Configuración de hiladas para muro de adobe.

En la figura 5.20 se pudo observar que los adobes se traban combinando adobes enteros con medios adobes para conseguir su estabilidad.

Usando esta disposición y con las juntas respectivas se obtiene una distancia de 72cm (ver fig. 5.21), los 8cm faltantes se utilizan para confinar estos muros con listones y cuarterones de madera tal como se muestra en la figura 5.21.



Con la solución de los muros de adobe (su configuración requiere aleros para protegerse de la intemperie) se puede generar una breve proyección de lo que será la cubierta, pues se entiende que sus pendientes deberán orientarse hacia el este y oeste (para proteger los muros de adobe de la intemperie).

En la estrategia de diseño se mencionó fragmentar la vivienda para conseguir dos habitáculos pareados, entonces esta división interpretando brevemente la disposición de cubierta (pendientes hacia el este y oeste) debe generarse en sentido paralelo a las fachadas este-oeste, esto permitirá soportar el cumbrero de la cubierta. El muro divisor es el último cerramiento que requiere la propuesta de estudio, mismo que se propone configurar con carrizo de 2cm de diámetro.

El muro de carrizo como elemento divisor de la zona 1 y la zona 2 permitirá albergar sin complicaciones a dos familias damnificadas de desastres, este muro tendrá una estructura con cuarterones de madera de pino de 40x80 mm (ver fig. 5.22).



FIGURA 5.22: Detalle de muro de carrizo.

Para la configuración de este muro resulta conveniente generar paneles de carrizo en las mismas proporciones de la opción 2 de panel sándwich, para facilitar su montaje y ahorrar tiempo. En total serán necesarios 18 paneles de carrizo de 80x240cm recubiertas en ambas caras para completar este muro divisor (ver fig. 5.23).

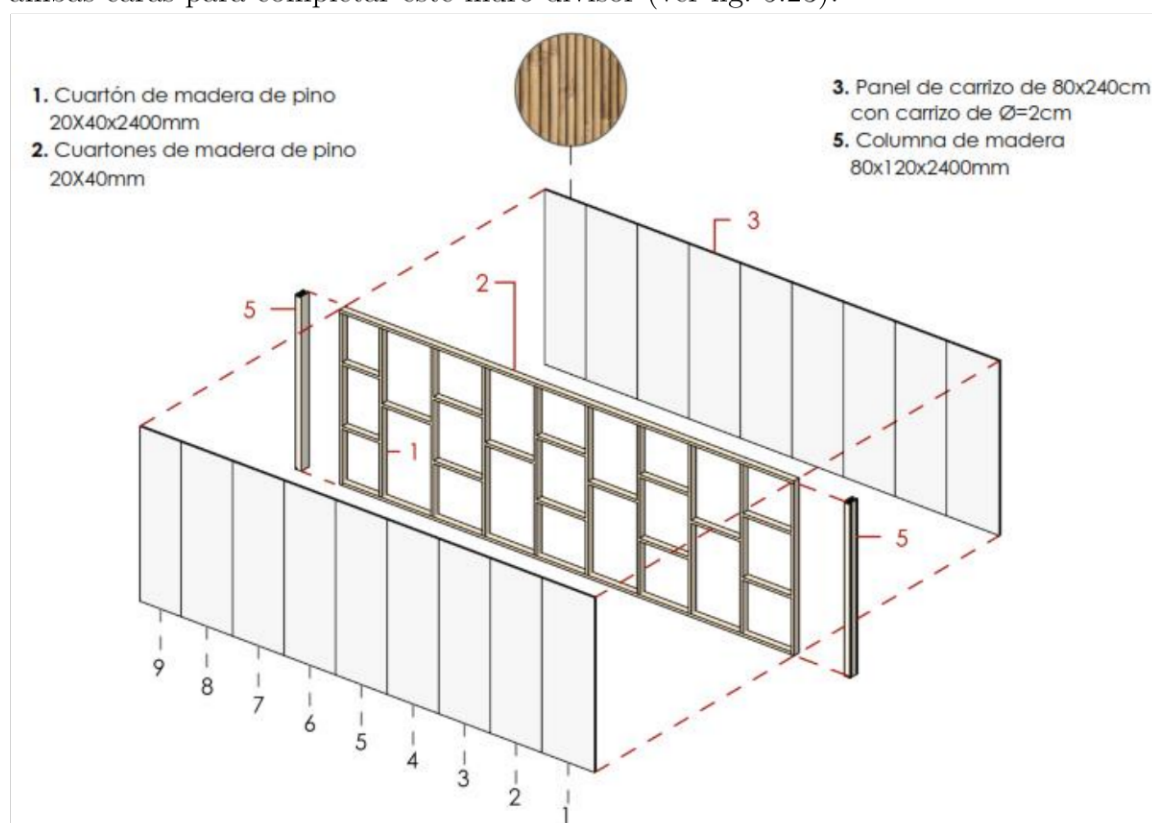


FIGURA 5.23: Configuración de muro de carrizo.

El muro de carrizo expuesto en la figura 101-102 se anclará a los paneles sándwich correspondientes a las fachadas norte y sur mediante dos cuartones de pino de 80 x 120 x 2400 mm y tablas de madera de 20 x 100 x 3960 mm como se anticipó en los paneles sándwich, esta solución ha sido posible gracias a la bibliografía consultada en el Manual: la construcción de viviendas en madera.

Según el autor de este libro (Durán, A. F., y Aranda, K. B. 2004)., la necesidad de unir un tabique interior con uno perimetral se resuelve tal como se muestra en la figura 5.24, que representa la solución para la propuesta de estudio.

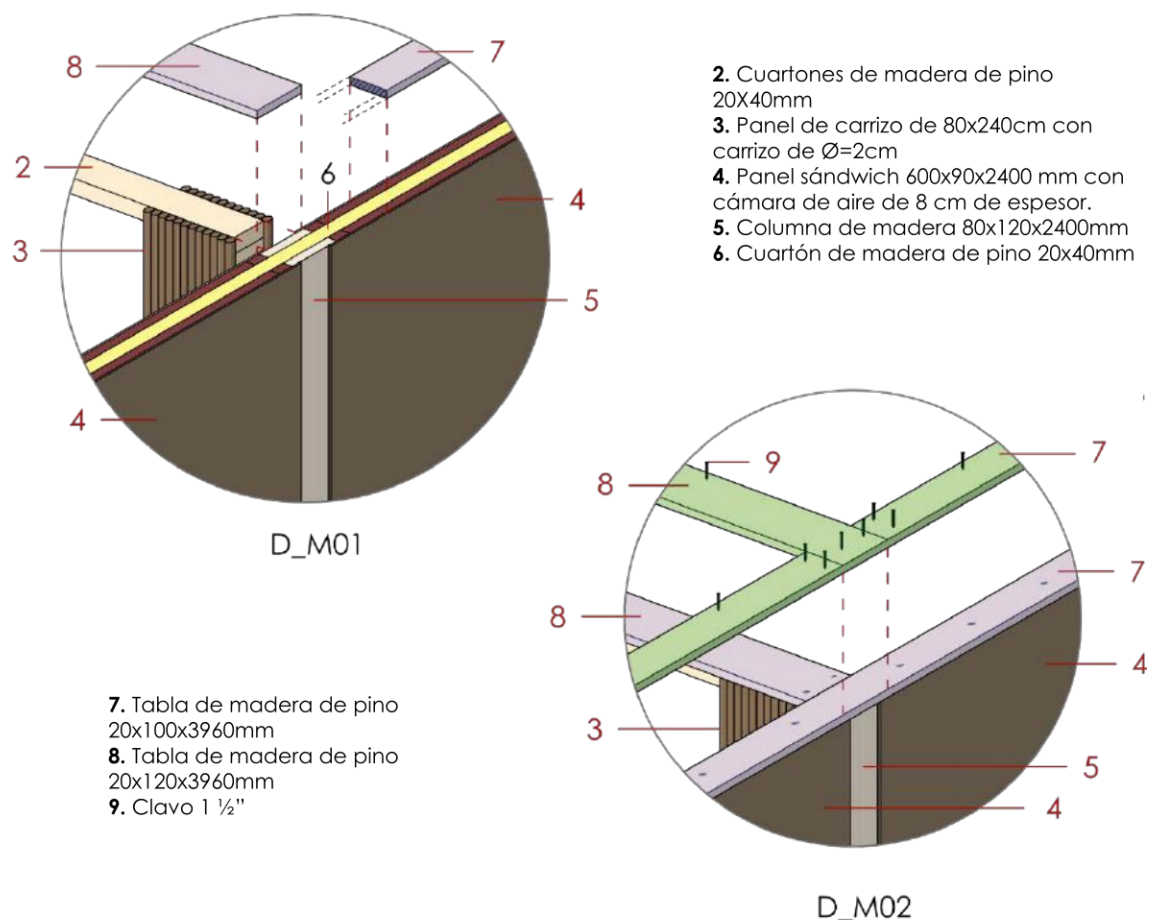


FIGURA 5.24: Unión de la mampostería de carrizo con la mampostería exterior.

### Vanos (puertas y ventanas)

En el manejo de vanos, únicamente se tiene puertas y ventanas, empezando por las ventanas, estas según el capítulo de arquitectura bioclimática se sabe que su apertura necesaria para generar una correcta iluminación es de  $1/2$  del tramo perpendicular a las ventanas, sabiendo que este tramo perpendicular según la estrategia de diseño no supera los 3m de longitud, se deduce que su altura mínima de las ventanas no debe ser menor a 1.50 m. Ahora según el análisis de arquitectura bioclimática se conoce que la apertura excesiva de los vanos y la existencia de alguna infiltración de aire pueden repercutir negativamente en la temperatura interior de la vivienda, por lo que es aconsejable manejar una apertura de 20-30 % de la pared correspondiente.

Por todas estas premisas puestas en consideración las ventanas deben disponerse en una altura no menor a 1.50m y con un 30 % máximo de apertura, además la ventana por defecto debe permitir una apertura mínima para ventilar la vivienda cada que lo requiera, para ello la ventana se abrirá hacia el exterior mediante bisagras y un soporte metálico tal como se muestra en la figura 5.25 que se muestra las características físicas y técnicas de la ventana a utilizarse (ver fig. 5.25).

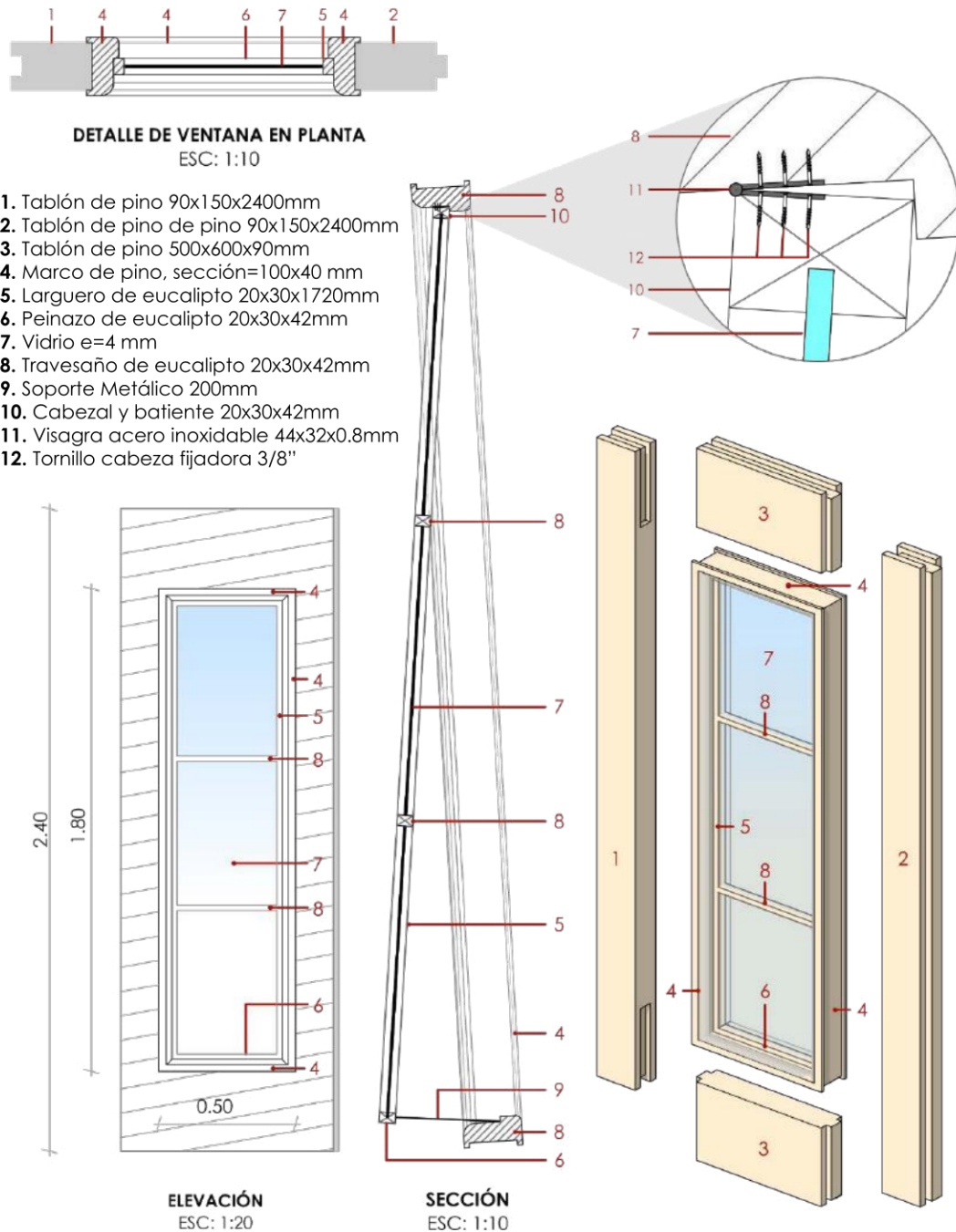


FIGURA 5.25: Especificaciones técnicas de ventana.

Ahora bien, las puertas se han de configurar en una altura de 2.40m y deben garantizar una cerradura hermética, en la figura 5.26 se observa las disposiciones técnicas para cumplir estos requerimientos. En primer lugar la puerta presenta una altura fuera de lo común, este apartado se justifica por la sencillez que presenta a la hora de generar posibles cambios, solo ha de bastar remover e intercambiar con algún panel, en función a sus características físicas esta puerta obedece ser de tipo tamborada (configuración fácil y económica). Su hermetismo se denota en el burlete que se dispone en la parte inferior de la puerta, espacio muy difícil evitar ya que su apertura dificulta asentarla completamente, este elemento (burlete) presenta tres barreras que permite frenar el paso del aire e incluso puede funcionar como aislante acústico. Estos sistemas en vanos permitirán una correcta aislación contra las infiltraciones de aire o viento.

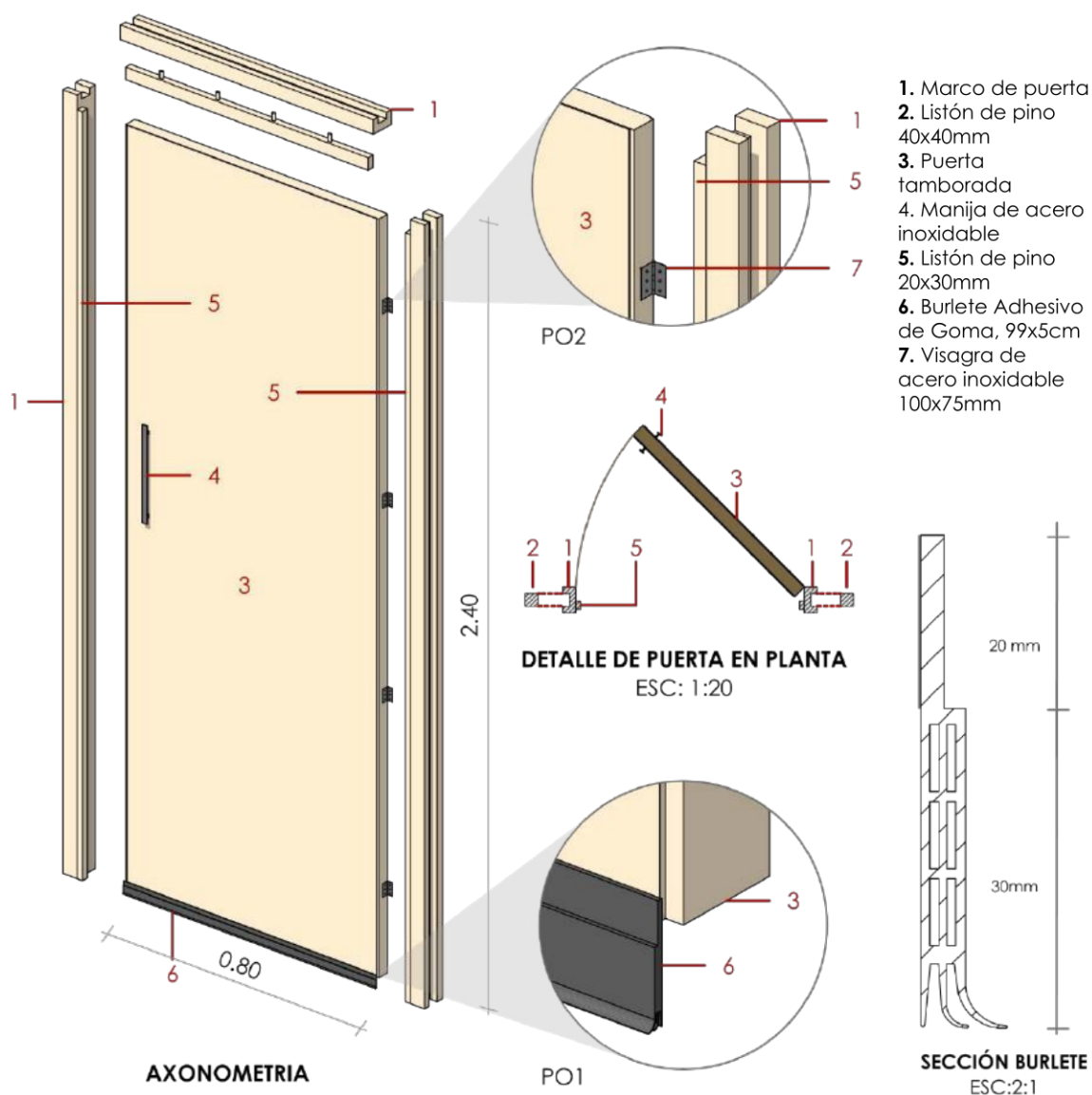


FIGURA 5.26: Especificaciones técnicas de puerta.

### Cubierta

Al igual que el forjado, para la cubierta resulta económico un entramado de madera. Esta estructura estará configurada con tablas, tablones y listones de madera de pino cuyas dimensiones y características físicas responden a la plancha de poli-aluminio tipo plana (2400x1160x5mm) procesado por ECUAPLASTIC, el peso de este material es de apenas 15 kg por unidad, esto es muy conveniente para crear una estructura económica. A continuación se muestran las características físicas del material (ver tabla 5.6 y fig. 5.27).

Tabla 5.6: ESPECIFICACIONES DE POLI-ALUMINIO PARA CUBIERTA TIPO PLANA

Tipo	#	Longitud Total	Longitud Útil	Ancho Total	Ancho Útil	Traslapo Longitudinal	Traslapo Lateral	Espesor - Peso
Plana	1	2.44m	2.30m	1.16m	1.09m	0.14m	0.07m	5mm - 15kg (33.07lb)



FIGURA 5.27: Tablero poli-aluminio tipo plana para cubierta. Tomada de ECUAPLASTIC (2020)

Este tipo de cubierta solo presenta en sus bordes un traslape del tipo P3 (ver fig. 5.23). Al ser de este tipo la cubierta necesita encontrarse asegurada y prevenida de pandeos, las recomendaciones de traslapes y correas que ECUAPLASTIC señala para garantizar su estabilidad se puede observar en la figura 5.24.

### Traslapes y separación de correas necesarios

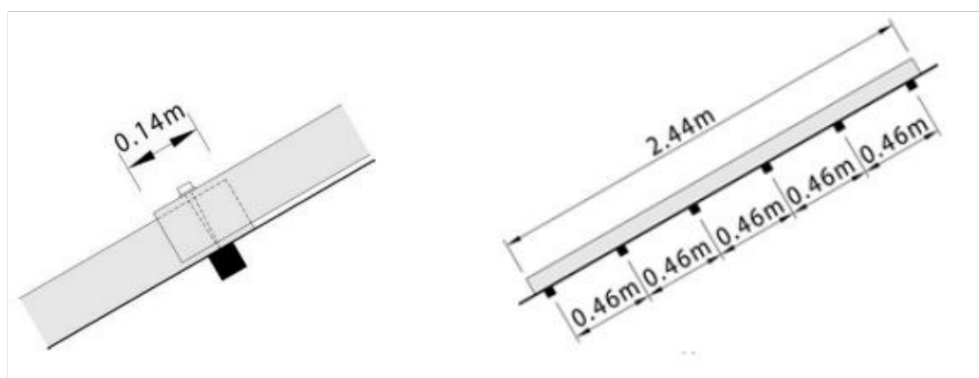


FIGURA 5.28: Traslape lateral y distancia entre correas pertinentes según ECUAPLASTIC. Tomada de ECUAPLASTIC (2020)

Esta cubierta puede ser anclada con gancho tipo J, tornillo auto-perforante para metal, tornillo auto perforante para madera.

Para dar paso a la solución de la cubierta de la propuesta de estudio, se toma en consideración el tablero poli-aluminio tipo plana, este material como se vio se trata de un material de fácil transporte y montaje (tiene bajo peso), al ser un producto ligero no requiere gastos complejos en la estructura.

Los aleros respectivos para proteger los muros de adobe estarán orientados en sentido este-oeste, lo que significa que sus caídas con pendientes del 1% fluirán en las mismas direcciones (este-oeste), entonces 1 1/2 del tramo de 7.32 m se inclina hacia el este y la otra mitad hacia el oeste, así la cubierta queda configurada de la siguiente manera (ver fig. 5.29).

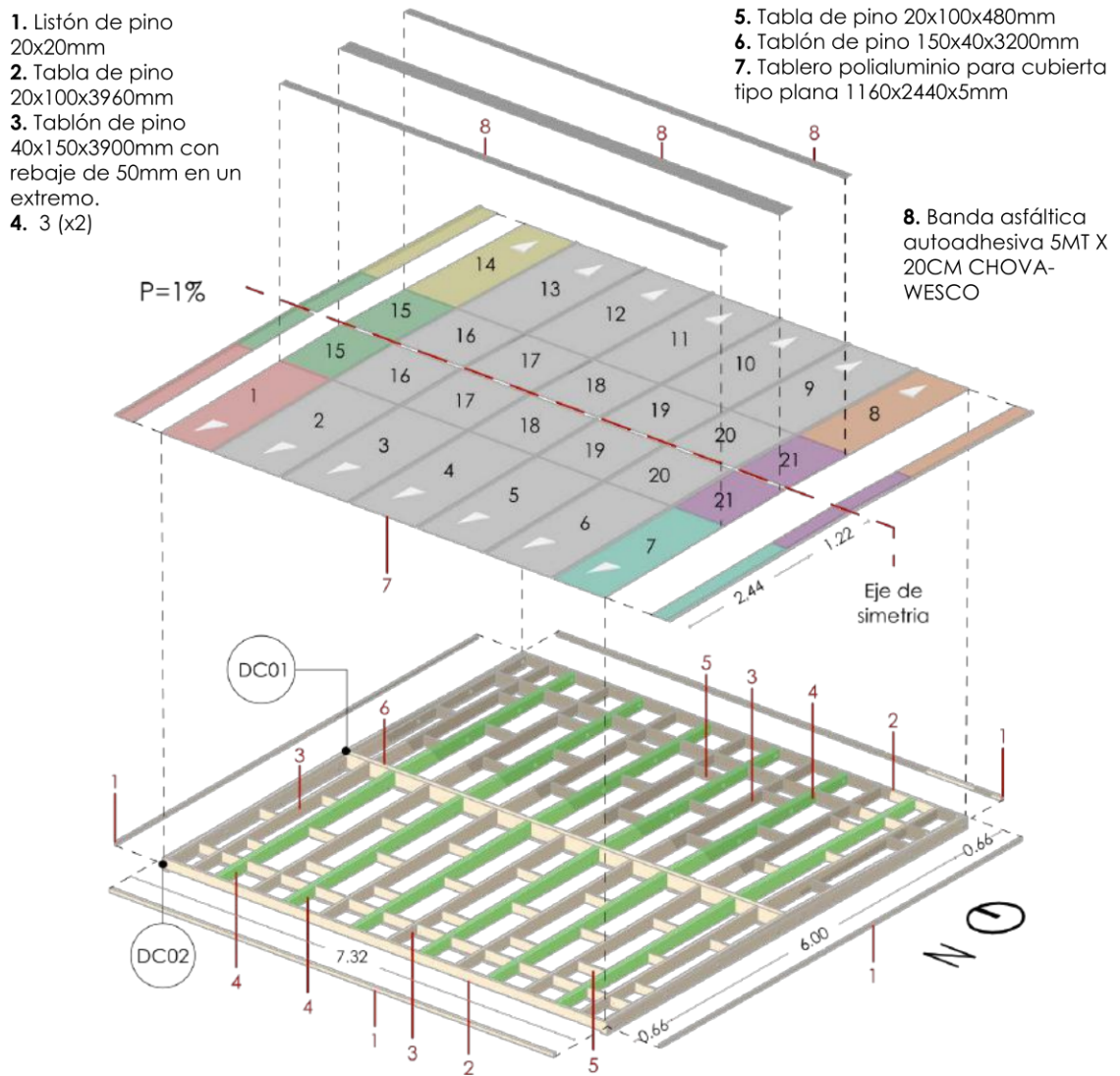


FIGURA 5.29: Axonometría de la configuración de la cubierta para la propuesta de estudio

Tomando en cuenta que las caídas de la cubierta planteada se encuentran hacia el este y oeste, se conoce que el muro divisor que configurará los dos habitáculos (según estrategia de diseño dos viviendas pareadas se resuelven en una sola) se encuentra paralelo al alero o al muro de adobe. Comprendiendo esta particularidad a continuación se especifica el detalle 1 (DC01), 2 (DC02), 3 (DC03) y 4 (DC04) de la cubierta que ayudará a comprender claramente la estrategia para su configuración.

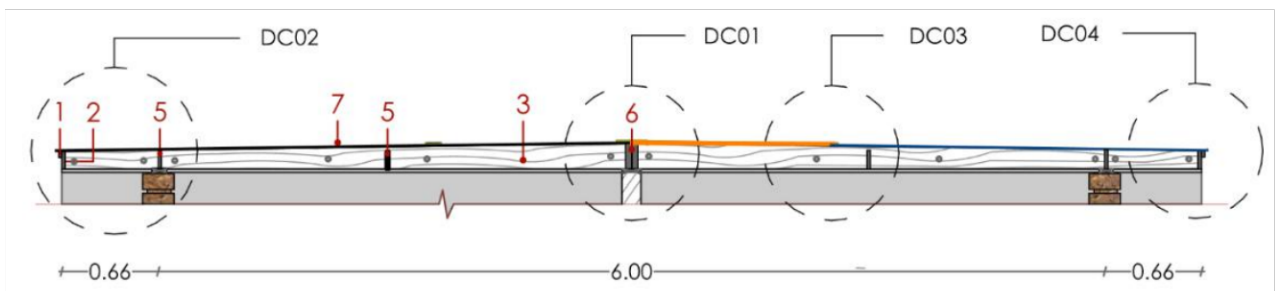
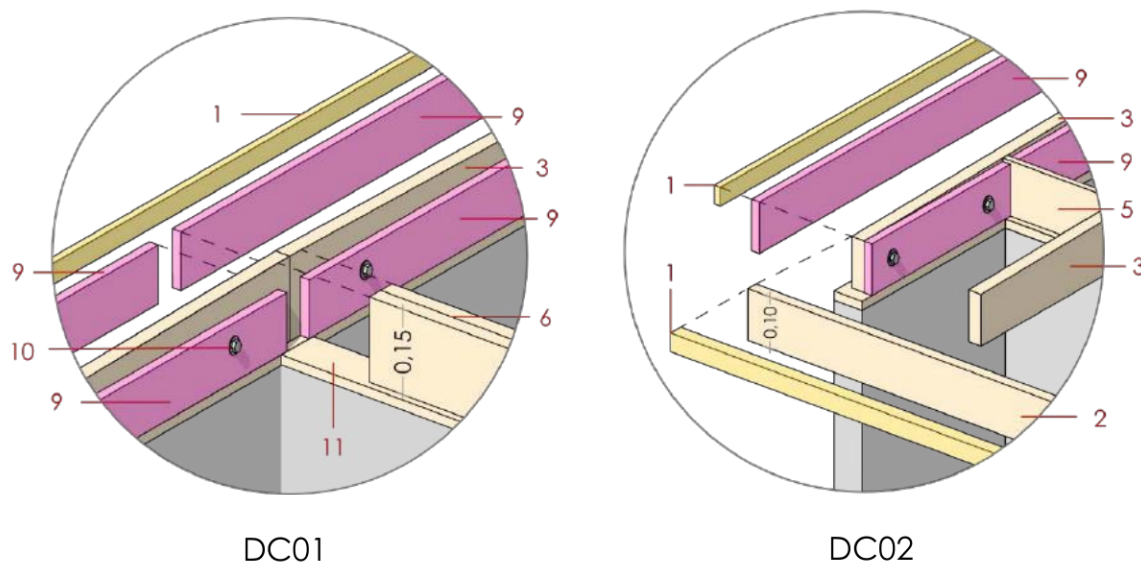


FIGURA 5.30: Sección transversal de la cubierta en sentido este oeste para la propuesta de estudio.

A continuación en el detalle DC01 se muestra la parte del cumbbrero de la cubierta cuyo peralte es de 15cm. En el detalle DC02 en cambio se puede observar el extremo de la cubierta o alero y su peralte es de 10cm, en total el tablón utilizado rebaja su peralte en 5cm para formar una pendiente de apenas el 1%. Esta pendiente mínima permitirá un fluido normal de las aguas lluvias.



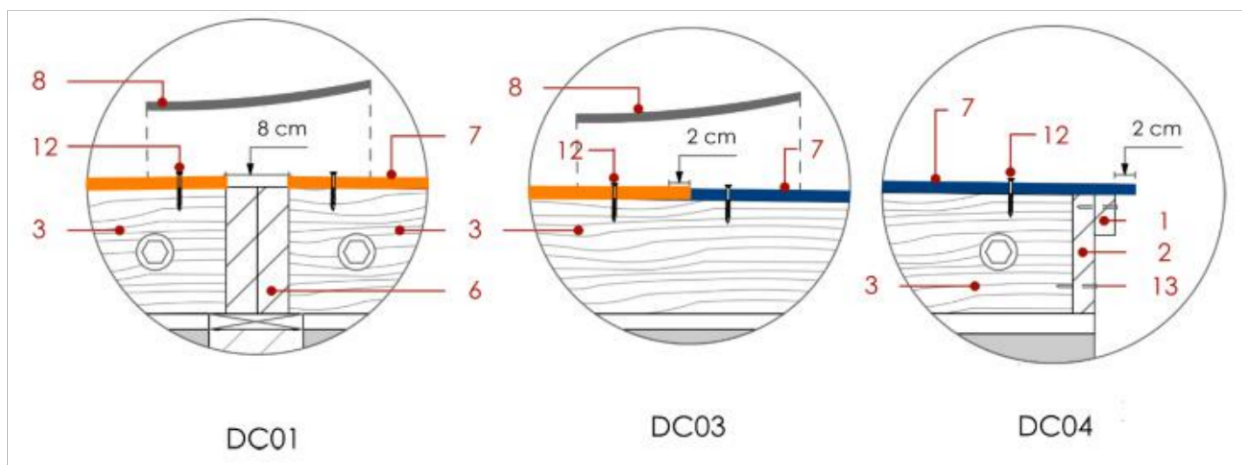
1. Listón de pino 20x20mm
2. Tabla de pino 20x100x3960mm
3. Tablón de pino 40x150x3900mm con rebaje de 50mm en un extremo.
5. Tabla de pino 20x100x480mm
6. Tablón de pino 150x40x3200mm
7. Tablero polialuminio para cubierta tipo plana 1160x2440x5mm
8. Banda asfáltica autoadhesiva 5MT X 20CM CHOVA-WESCO
9. Tabla de pino 25x100x3960mm
10. Perno hexagonal acero inoxidable con arandela y tuerca 3 3/8 "
11. Tabla de pino 100x20x3960mm para confinar mampostería.

FIGURA 5.31: Detalles para la configuración de la cubierta de estudio.

En los detalles DC01, DC03 y DC04, se muestra específicamente el traslape de la plancha poli-aluminio, en la figura 5.31 se pudo observar que se propone configurar la cubierta con 21 planchas de polialuminio, lo que significa que 7 planchas deberán dividirse para cubrir el espacio faltante. En consecuencia según las recomendaciones de ECUAPLASTIC revisados anteriormente los traslapes son insuficientes, pero usando una banda asfáltica autoadhesiva de 5MT X 20CM CHOVA-WESCO (especificada anteriormente en la figura 5.31) es posible sellar las juntas entre planchas y generar una cumbreira con este mismo material (ver DC01 y DC03).

Entonces se colocarán las planchas de poli-aluminio siguiendo el orden especificado en la figura 5.31 (desde el alero hasta el cumbbrero) con un traslape máximo de 2cm (ver DC03), como resultado se obtiene un espacio vacío de 8cm en la parte del cumbbrero (ver DC01), 2cm de traslape entre plancha polialuminio (ver DC03) y 2cm salientes al final del alero (ver DC04), esto ayudará a proteger la estructura de la cubierta. En la parte del cumbre y el traslape entre planchas se sellarán con la cinta autoadhesiva de 5MT X 20CM CHOVA-WESCO (ver DC01, DC03).

Con esta propuesta para la cubierta es posible ahorrarse 7 planchas de poli-aluminio para cubierta tipo plana, esto significa un ahorro de 173.46 USD (el costo de cada plancha es de 24.78 USD, dato obtenido de ECUAPLASTIC).



1. Listón de pino 20x20mm
2. Tabla de pino 20x100x3960mm
3. Tablón de pino 40x150x3900mm con rebaje de 50mm en el extremo de alero para formar pendiente.
6. Tablón de pino 150x40x3200mm
7. Tablero polialuminio para cubierta tipo plana 1160x2440x5mm
8. Banda asfáltica autoadhesiva 5MT X 20CM CHOVA-WESCO
12. Tornillo auto perforante 14x2".
13. Clavo de acero inoxidable 1 1/2"

FIGURA 5.32: Detalles para la configuración de la cubierta de estudio.

La disposición de las planchas poli-aluminio para esta propuesta de estudio es una forma de ahorrar presupuesto, sin embargo si se desea se pueden usar 28 planchas poli-aluminio enteras, con lo cual se obtendrá un mayor traslape y no será necesario sellar estas juntas, solo será necesario generar una cumbrera con la cinta autoadhesiva mencionada anteriormente. Sin embargo se debe estar consciente que el presupuesto repercutirá con 173.46 USD adicionales.

La cuestión de infiltración de aire es una situación recurrente en las mediaguas, más aún al aplicar las cubiertas tipo P3 o P7, este tipo de cubiertas al presentar ondulaciones dificulta sellarlas completamente, en consecuencia siempre quedarán espacios huecos por donde ingresar flujos de aire frío a menos que se selle con algún epóxico o cualquier otra solución factible.

Para la propuesta de estudio las planchas poli-aluminio tipo plana ha permitido disminuir drásticamente esta situación ya que únicamente presenta un traslape en sus extremos como se vio anteriormente, entonces para sellar completamente estos huecos inoportunos se ha designado colocar en la zona de traslape horizontal 2 tablones con patín de 4cm (ver DC05), lo que resulta un patín total de 8cm, el ancho de traslape de las planchas poli-aluminio es de apenas 7cm lo que tranquilamente permite sellar estas aberturas. Con esta solución las infiltraciones de aire quedan en total desventaja.

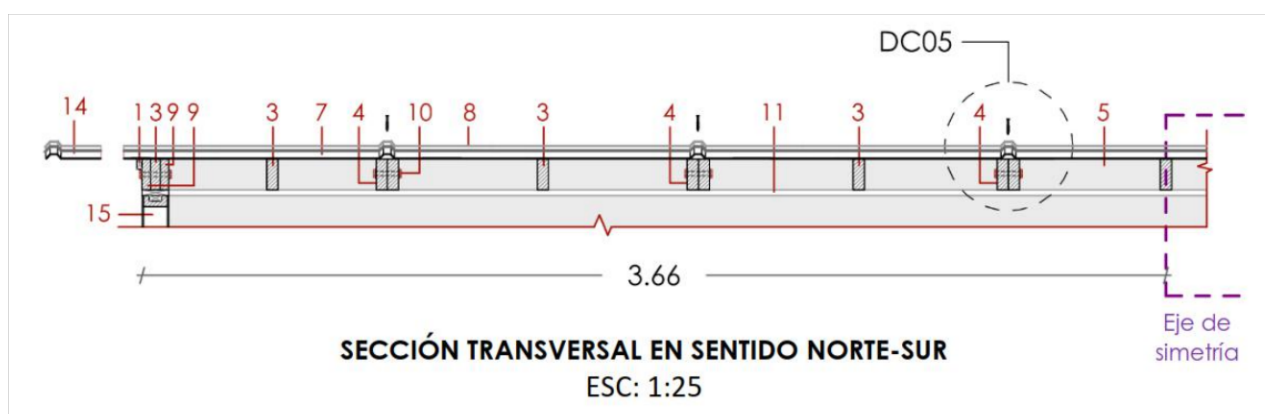


FIGURA 5.33: Media sección transversal de la cubierta en sentido norte-sur para la propuesta de estudio.

1. Listón de pino 20x20mm
2. Tabla de pino 20x100x3960mm
3. Tablón de pino 40x150x3200mm con rebaje de 50mm en un extremo.
4. 3 (x2)
5. Tabla de pino 20x100x480mm
7. Tablero polialuminio para cubierta tipo plana 1160x2440x5mm
8. Banda asfáltica autoadhesiva 5MT X 20CM CHOVA-WESCO
9. Tabla de pino 25x100x3960mm
10. Perno hexagonal acero inoxidable con arandela y tuerca 3 3/8 "
11. Tabla de pino 100x20x3960mm para confinar mampostería.
12. Tornillo auto perforante 14x2".
14. Excedente de polialuminio 200x2440x5mm.
15. Panel sándwich.

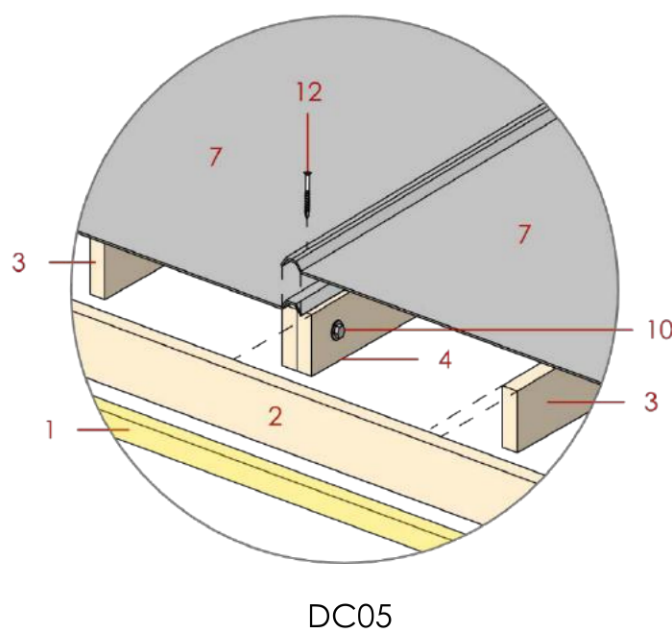


FIGURA 5.34: Detalles para la configuración de la cubierta de estudio.

### 5.5.3. Estrategia bioclimática

La estrategia bioclimática se basa en dos conceptos, captación directa e indirecta mediante las fachadas orientadas al este y oeste respectivamente (ver fig.5.35). Según la arquitectura bioclimática para permitir captación solar directa, las zonas vidriadas de la edificación deben orientarse hacia el este y oeste, y en estas direcciones no deben existir barreras o elementos que generen obstrucciones solares.

Por otra, los vientos también es una situación muy importante, en caso de la presencia de vientos fuertes será posible aprovechar la vegetación arbustiva para generar microclimas.

Entonces durante la mañana la cara este puede captar la energía solar por las ventanas (captación directa) y los muros de adobe (captación indirecta). En cuanto a las paredes norte y sur, aunque la literatura aconseja el uso de aislamiento para reducir las pérdidas de calor, por cuestiones de construcción y aspectos económicos se ha optado por paredes tipo sándwich sólo con cámara de aire ( $e=8\text{cm}$ ) como se mencionó previamente, las cuales pueden ofrecer un tipo de aislamiento sin una inversión económica elevada ni largos periodos de montaje. Esta propuesta será validada en términos térmicos con el uso del software DB (DesignBuilder).

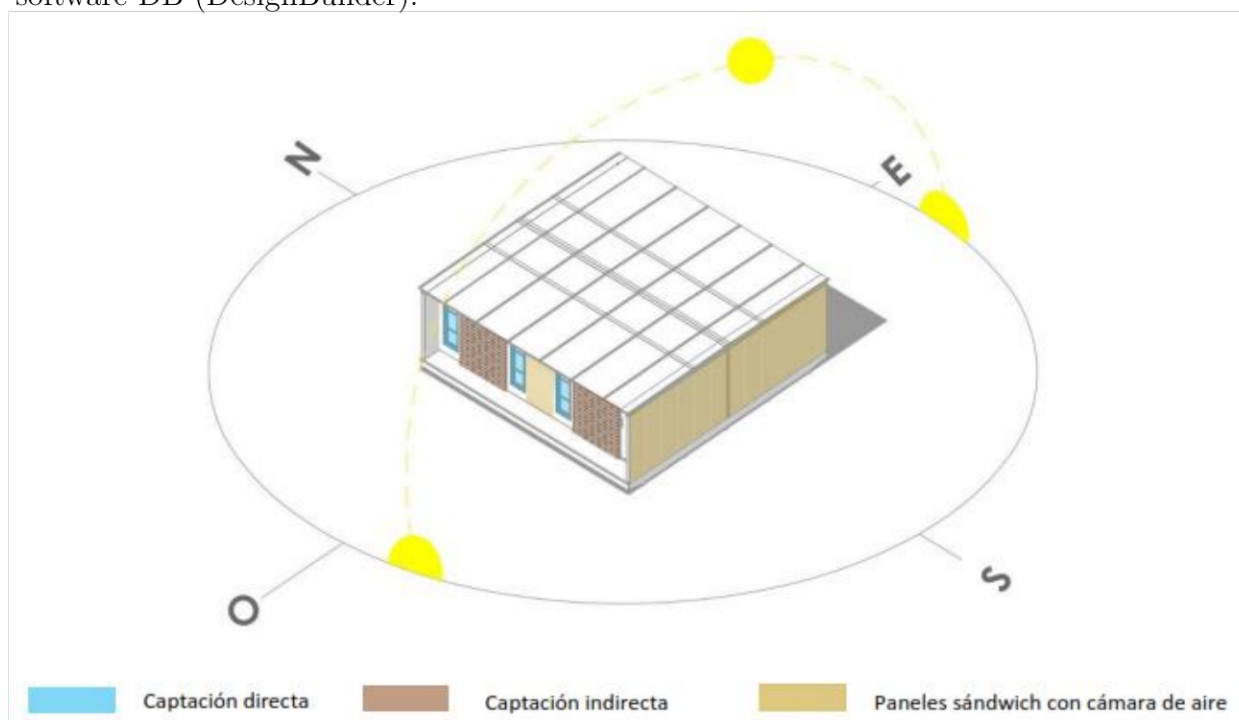


FIGURA 5.35: Captación solar directa, indirecta y paneles sándwich con cámara de aire.

Con la presencia de los paneles tipo sándwich en las fachadas norte y sur, la energía solar captada por las fachas este se encapsula y su difusión hacia el exterior se retarda por más horas.

Lo que permite a la vivienda colocarla en los niveles de confort que según la norma 11 de la NEC la zona de confort de una vivienda se encuentra a partir de los  $18^{\circ}\text{C}$  hasta los  $26^{\circ}\text{C}$ .

En este intervalo la vivienda no hará uso de sistemas activos para calentarla en el caso de la región Andina en el Ecuador.

Se debe tener presente que la cubierta puede ser un gran captador de energía solar, sin embargo para la propuesta en curso no se ha tomado como estrategia de captación solar, la cubierta que usa poli-aluminio al estar compuesta por polietileno, la convierte en un material aislante.

### 5.5.4. Representación del diseño

La solución de vivienda emergente planteada se encuentra orientada en dirección este-oeste para aprovechar la energía solar mediante captación directa e indirecta como se mencionó antes.

La zona 1 aprovecha el sol durante la mañana mientras que la zona 2 aprovecha el sol de la tarde (ver fig. 5.36).



FIGURA 5.36: Captación solar directa, indirecta y paneles sándwich con cámara de aire.

Las configuraciones de los paneles se han dispuesto de la siguiente manera hacia las fachas norte y sur las paredes se encuentran configuradas por los paneles sándwich con cámara de aire con sección de 60cm, 6 hacia un lado y 6 hacia el otro separados por el muro de carrizo que divide las dos zonas habitables, así se dispone una dimensión de 3.60m a cada lado.

En total son necesarios 24 paneles de 60 cm para configurar las fachadas norte y sur (ver fig. 5.37).

Para las fachadas este y oeste, se ha dispuesto un podio de 60 cm. El propósito de este podio ha sido necesario para proteger los muros de adobe que se disponen en estas fachadas (captación solar indirecta), cada muro mide 1.60m y se encuentra desfasado a 80 cm de cada esquina.

Con la predisposición de los paneles en las fachadas norte y sur este podio queda abierto únicamente hacia el facha este y oeste (ver fig. 5.37).

Los muros de adobe de las fachas este-oeste se encuentran conectados con los módulos de ventana y 2 paneles sándwich en total. De esta manera estas fachadas quedan configuradas para captar la energía solar de la mañana y de la tarde. Las ventanas permiten una captación solar directa y los muros de adobe una captación solar indirecta, así se pudo observar en la figura 5.36.

Los vanos que se manejan (2 ventanas centralizadas separadas por un panel sándwich, una ventana y una puerta en cada esquina), permiten distribuir de mejor manera la iluminación hacia el interior de la vivienda en especial la zona de descanso (ver fig. 5.37).

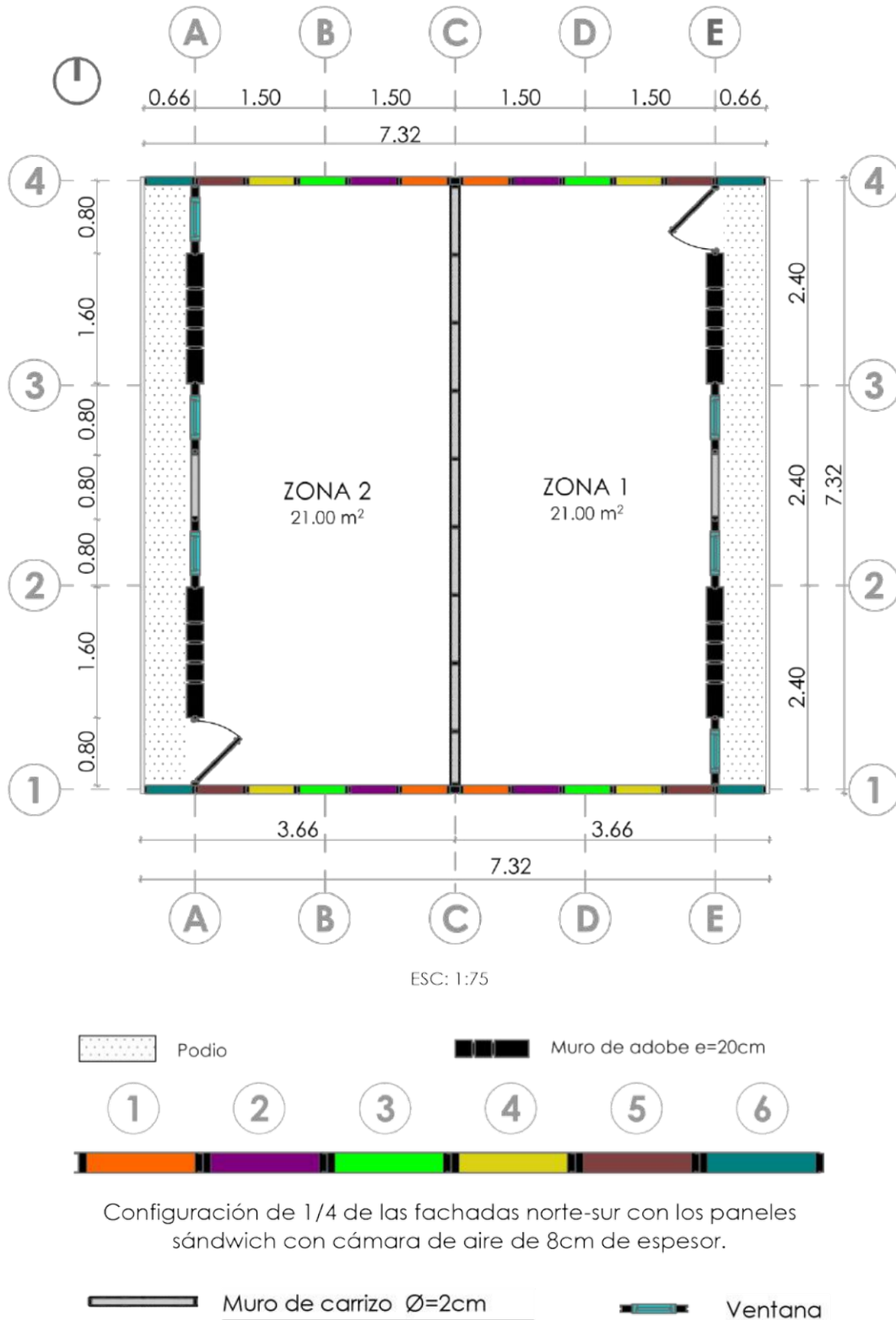


FIGURA 5.37: Planta arquitectónica, configuración de las fachadas norte y sur.

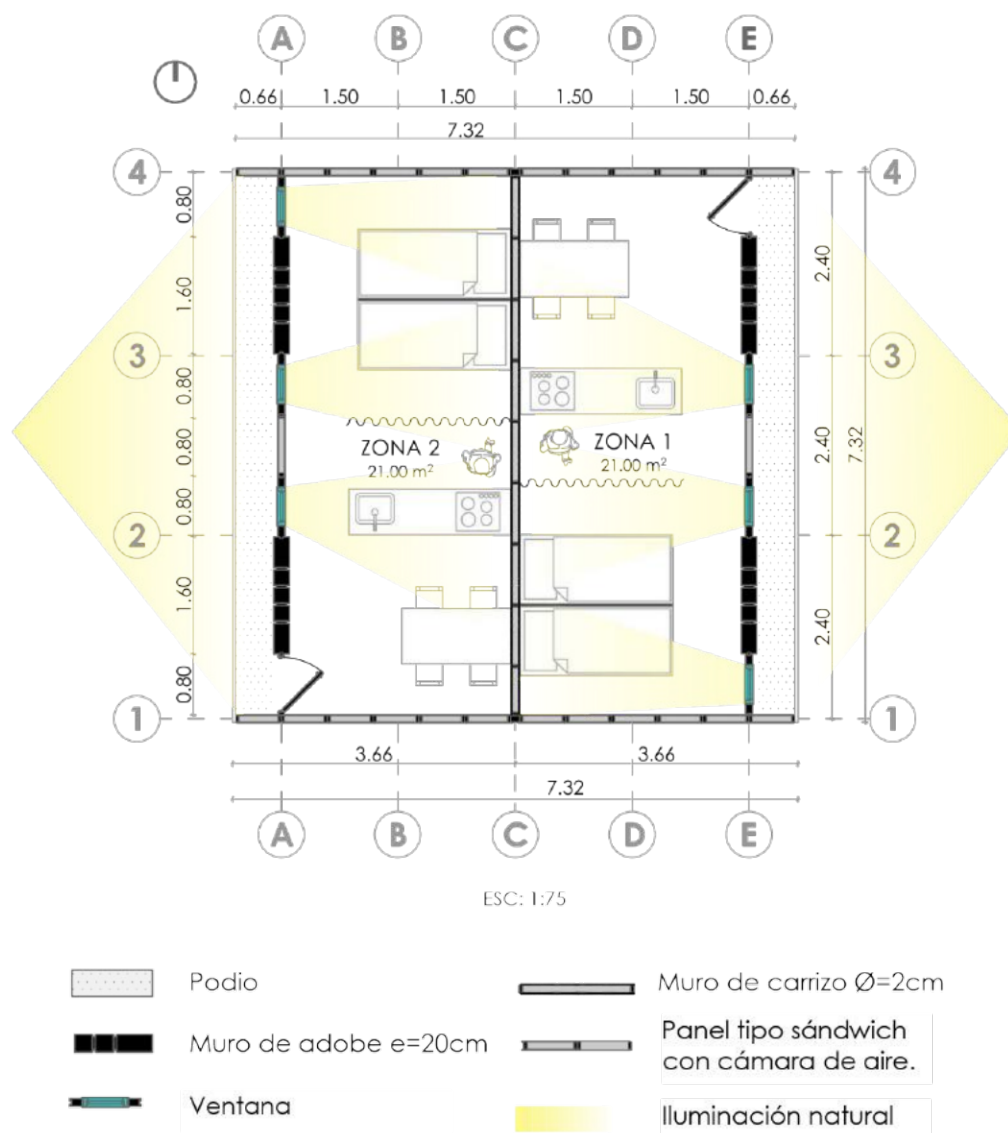


FIGURA 5.38: Iluminación interior de la propuesta de estudio mediante las fachadas este-oeste.

La configuración de las fachadas este y oeste quedan invertidas (ingresos en dirección opuesta) como estrategia de privacidad, entonces las actividades de cada zona se encuentran siempre opuestas, esto permite establecer mayor privacidad a los ocupantes ya que el ruido que se pueda emitir desde cada espacio (cocina.-comedor y dormitorio) resulta intercalado de un espacio ocupado hacia uno vacío. Entonces en horas de la mañana, tarde y noche, los ocupantes siempre desarrollaran sus actividades en direcciones opuestas.

Con esta estrategia el muro divisor de las dos zonas no requiere implementaciones complejas, una división un poco austera permite dividir ambas zonas sin repercutir en la función de la vivienda, es por eso que se ha elegido dividir ambas zonas con paneles de carrizo.

Finalmente en cada espacio se propone una pieza de cualquier tipo de textil en especial que sea económico para separar la cocina-comedor del dormitorio de cada zona (ver fig. 5.39). La división de estos espacios en esta propuesta de vivienda de emergencia requiere algo temporal puesto que también se prevé adecuarse a una vivienda permanente. A continuación en la figura 118 se muestra la configuración de la planta arquitectónica de la propuesta de estudio (ver fig. 5.39).

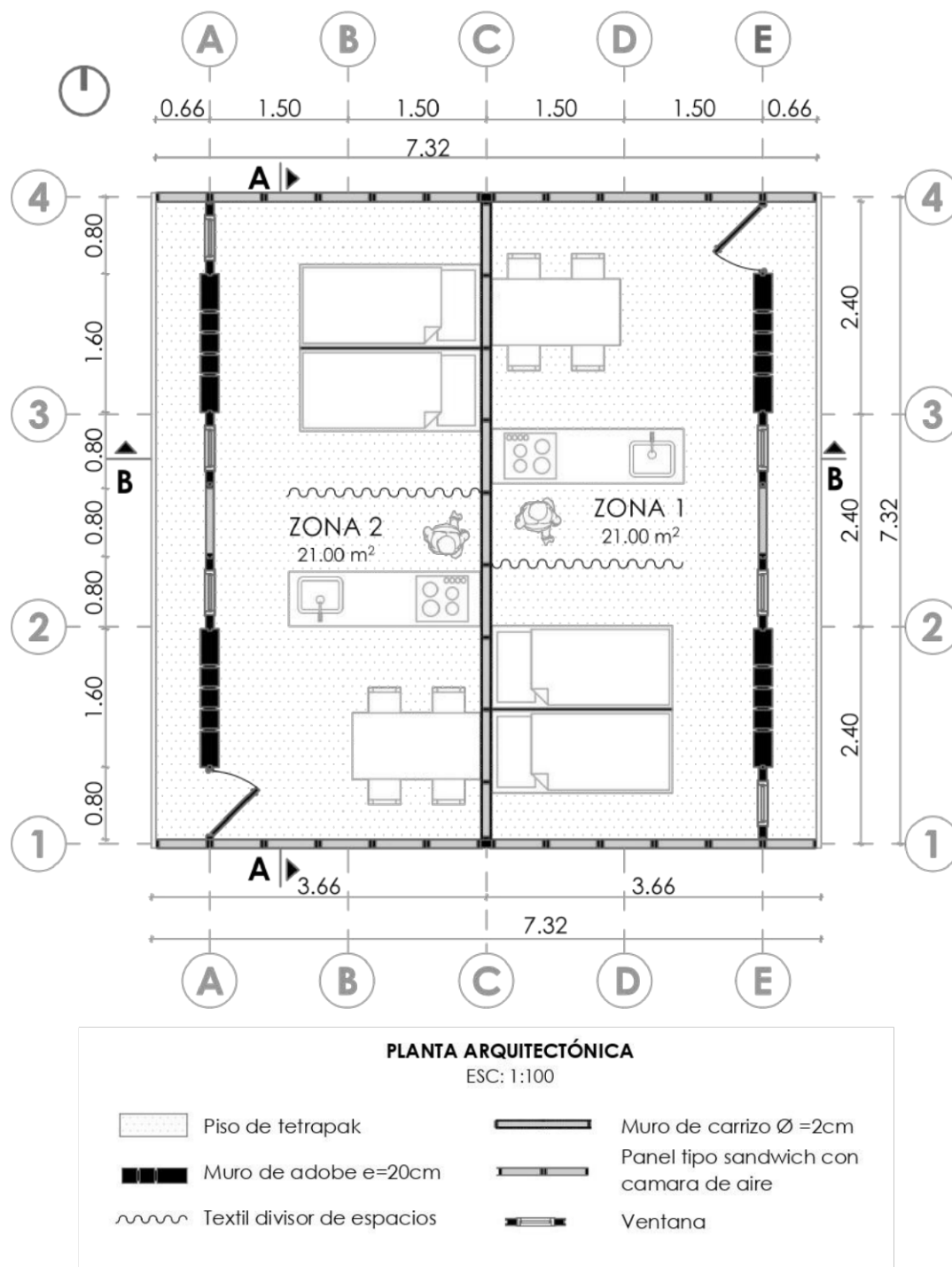


FIGURA 5.39: Iluminación interior de la propuesta de estudio mediante las fachadas este-oeste.

La captación solar de esta propuesta se realiza mediante 2 estrategias: captación directa e indirecta. Las ventanas con una superficie no mayor al 30% de toda la superficie de la pared permiten una captación solar directa, mientras que los muros de adobe con espesor de 20cm permiten una captación solar indirecta.

Estos muros de adobe absorben la energía solar y la distribuye paulatinamente durante todo el día. Los muros de adobe se han distribuido simétricamente en la fachada este y oeste para permitir una distribución de energía calórica uniforme hacia el interior de la vivienda.

En cuanto a las ventanas se dispone una a la izquierda y dos centralizadas para conseguir iluminar los ambientes de manera distribuida en especial para la zona del dormitorio que se ubica en la parte izquierda de la fachada.

La vivienda se encuentra elevada a unos 5-12cm de la superficie de la tierra (por los desniveles) para evitar el contacto directo que puede perjudicar el comportamiento térmico interior.



FIGURA 5.40: Elevación este-oeste.

Para las fachadas norte y sur se ha dispuesto los paneles tipo sándwich que se encuentran revestidos de tableros tetrapak hacia el exterior (resistente a la intemperie), triplex al interior (económico y con buena estética) y con una cámara de aire de 8 cm en su interior, puesto que estas fachadas no reciben radiación solar, por ende, son zonas que constantemente permanecen frías (ver fig. 5.41).



FIGURA 5.41: Elevación norte-sur.

El espacio interior de 21 m<sup>2</sup> puede albergar tranquilamente a un grupo familiar de 3 a 4 personas como se vio en el programa arquitectónico, mantiene una altura de piso a cielo raso de 2.40 m (ver corte A-A).

El espacio interior de 21 m<sup>2</sup> puede albergar tranquilamente a un grupo familiar de 3 a 4 personas como se vio en el programa arquitectónico, mantiene una altura de piso a cielo raso de 2.40 m (ver corte A-A).

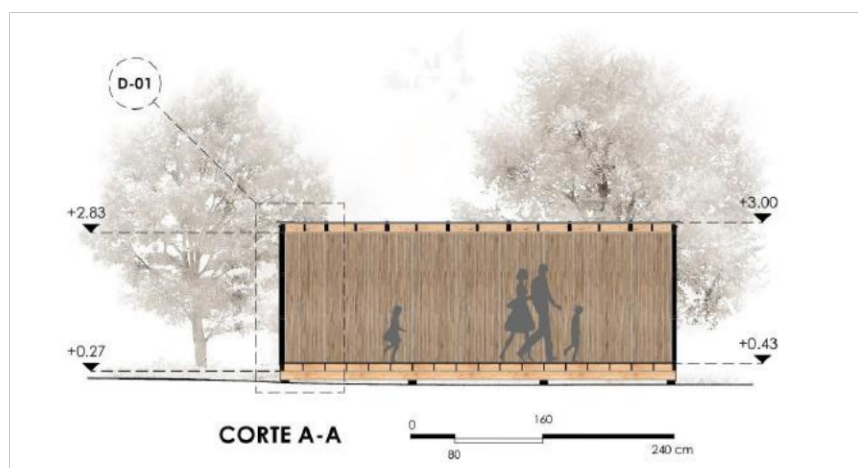


FIGURA 5.42: Corte A-A.

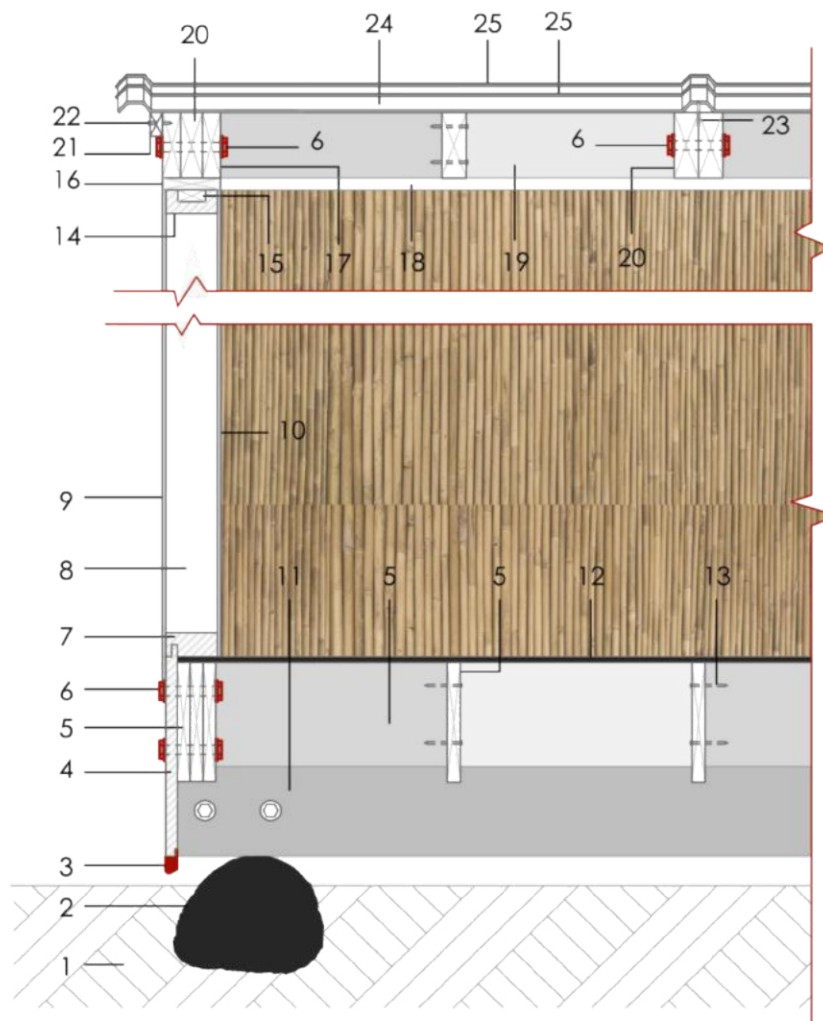
Según la posición de la vivienda, las ganancias de energía solar suceden de la siguiente manera: desde las 6:00 am hasta las 11:00 am recibe la zona 1 (orientada hacia el este) mientras que desde la 1:00 pm hasta las 6:00 pm recibe la zona 2 (orientada hacia el oeste).

El ingreso de la iluminación a través de las ventanas es adecuada ya que el antepecho y dintel son de 30 cm respectivamente. De igual manera el podio que se genera al ingreso de cada zona ayuda a controlar el deslumbramiento (sensación dolorosa y molesta por exceso de luz percibido por el ojo humano) y protege la captación solar indirecta (muros de adobe) de la intemperie en especial de las precipitaciones usuales que mantiene la región Andina del Ecuador, lo cual permite asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.



FIGURA 5.43: Corte B-B.

Conociendo toda la propuesta de intervención, a continuación se muestra el sistema constructivo empleado para conseguir una rápida ejecución (ver fig. 5.44).



SECCIÓN CONSTRUCTIVA D-01

ESC:1:10

- |   |   |
|---|---|
| <p>1. Suelo natural<br/>           2. Baza de piedra natural del sitio.<br/>           3. Goterón, refuerzo plástico 40x20mm<br/>           4. Tabla de plástico reciclado con acabado tipo madera 355x20x200mm<br/>           5. Tabla de pino con el 12% de humedad 200x20x3960mm.<br/>           6. Perno hexagonal acero inoxidable con arandela y tuerca 3 3/8"<br/>           7. Listón de madera teca, 90x40x2300mm<br/>           8. Cámara de aire e=90mm<br/>           9. Tablero ecopak (poli-aluminio) 2444x1222x5mm<br/>           10. Tablero triplex 2444x1222x5.2mm<br/>           11. Tablón de madera de pino 47x150x3900mm.<br/>           12. Tablero tetrapak 2440x1220x10mm.<br/>           13. Clavo punta cónica 2".<br/>           14. Listón de madera de pino 90x40x2300mm con destaje para anclar.</p> | <p>15. Listón de madera teca, 40x20x2300mm<br/>           16. Tabla de madera de pino 90x20x3960mm<br/>           17. Tablón de pino 25x100x3900mm 18. Tabla de pino 90x20x3960mm.<br/>           19. Tabla de pino 20x150x3900mm<br/>           20. Tablón de pino 40x150x3900mm con rebaje de 50mm en el extremo de alero para generar pendiente.<br/>           21. Listón de pino 20x40x2300mm.<br/>           22. Clavo punta paris 1 1/2".<br/>           23. Tornillo auto perforante 14x2".<br/>           24. Plancha ecopack (poli-aluminio) para cubierta tipo plana 2400x1160x5mm.<br/>           25. Banda asfáltica autoadhesiva 5MT X 20CM CHOVA-WESCO</p> |
|---|---|

FIGURA 5.44: Sección constructiva.

En la fig. 5.45 se muestra la fachada en 3D del prototipo planteado. Aquí se puede observar claramente como al estar orientada en sentido este-oeste el sol incide directamente.

Las ventanas (captación directa) y los muros de adobe (captación indirecta) permiten captar la energía solar (ver fig. 5.45).



FIGURA 5.45: Perspectiva exterior, fachada del prototipo.

En la fig. 5.46 se muestra la configuración del espacio interior, al comienzo se tiene el comedor, luego la cocina y al fondo el dormitorio, el dormitorio dispuesto para dos literas pareadas se privatiza por medio de una cortina (ver fig. 5.46).

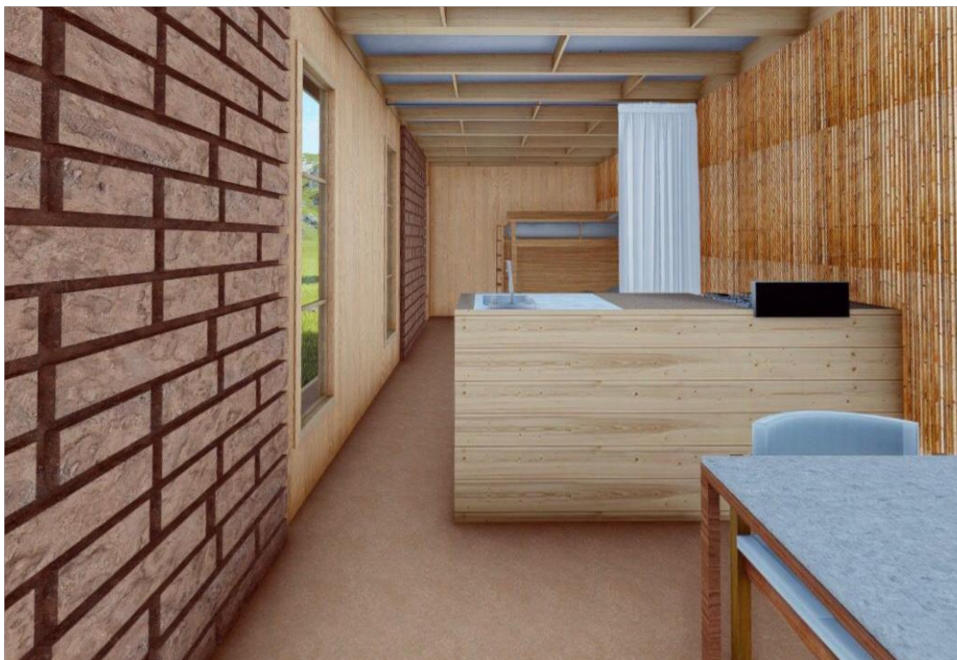


FIGURA 5.46: Perspectiva interior desde comedor.

En la fig. 5.47 se muestra el espacio del dormitorio vacío hacia la cocina, aquí se puede observar que la cocina se resuelve en una pequeña isla.

Entre la cocina y dormitorio habrá una separación por medio de una cortina de cualquier textil económico (ver fig. 5.47).



FIGURA 5.47: Perspectiva interior, desde dormitorio.

En la fig. 5.48 se muestra el dormitorio, este espacio estará ocupado por 2 literas pareadas una respecto a la otra, lo que permite espacios de circulación en ambos lados para facilitar su acceso y privatizarlo al mismo tiempo (ver fig. 5.48).



FIGURA 5.48: Perspectiva interior, desde dormitorio.

A continuación en la figura 5.49 se muestra una descomposición del prototipo de estudio con cada una de sus partes que lo configuran (ver fig. 5.49).

En la figura 5.49 se puede observar que el prototipo planteado empieza con unas piedras encontradas en el sitio, seguido por las vigas Allpa soleras las cuales resultan el soporte principal de toda la vivienda, luego está el entramado de madera que configurará el piso y abarcará toda la configuración de mamposterías, después esta la estructura de madera para la cubierta, el tablero polialuminio tipo plano que servirá de cubierta y finalmente la banda asfáltica autoadhesiva que sellará las juntas de los tableros polialuminio.

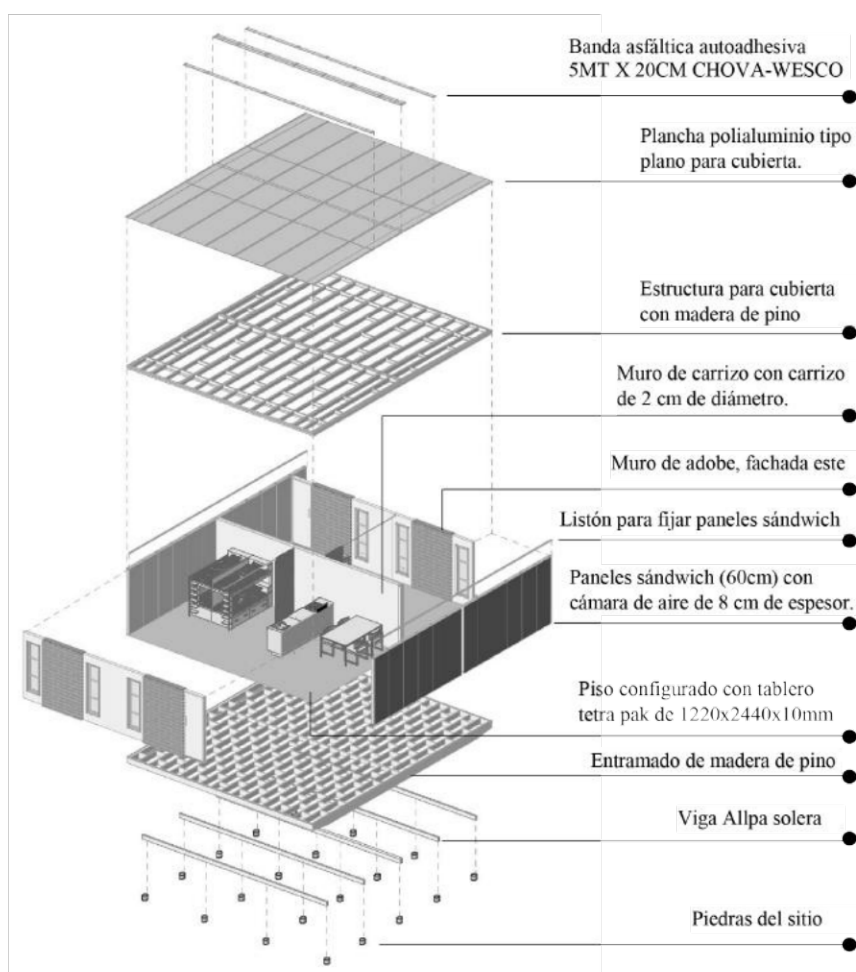


FIGURA 5.49: Descomposición 3D del prototipo de estudio.

### 5.5.5. Adaptaciones del prototipo

El prototipo planteado tal como se explicó en la estrategia de diseño tiene la capacidad para resolverse de acuerdo a las necesidades de los usuarios, a continuación se presenta 3 posibles soluciones (A, B, C) a las que se puede adaptarla.

#### A. Propuesta de solución de vivienda con zonas húmedas.

La modulación aplicada permite adaptar un baño mínimo para cada zona. En la figura 5.50 se muestra cómo se puede adaptar un baño mínimo para cada zona en tal caso que los habitantes requieran de un refugio prolongado. También se puede observar que las zonas húmedas tanto de la cocina como el baño quedan agrupadas, esta disposición es la más coherente para ahorrar recursos (más económico) y optimizar el espacio interior. Las paredes que configuran el baño de la vivienda usan una combinación de paneles de 60x240cm y 80x240cm, esta disposición justifica la versatilidad que tiene la vivienda para adaptarse a los espacios que requieren los usuarios. Así con 5 paneles de 60x240cm y 2 paneles de 80x240cm es posible disponer de un baño interior.

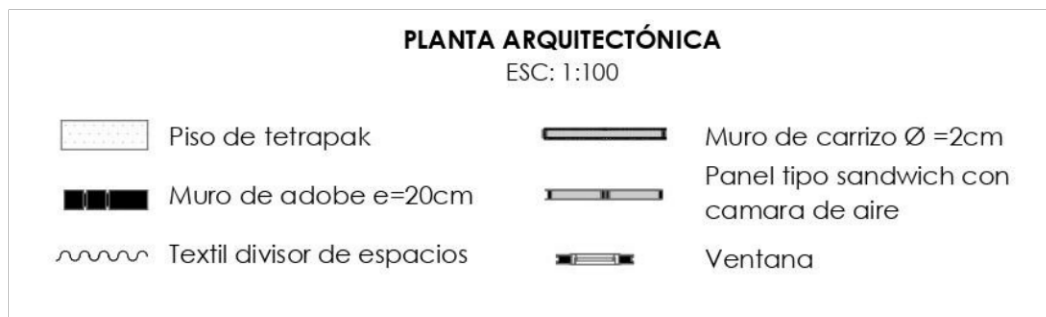
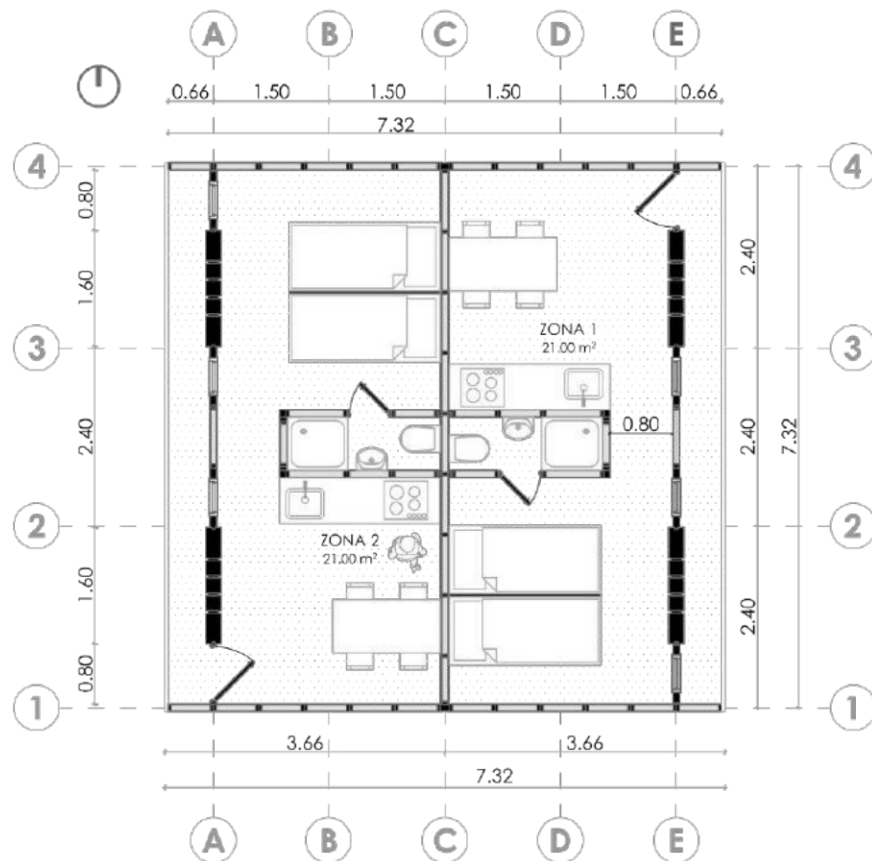


FIGURA 5.50: Vivienda emergente con zonas húmedas.

### B. Propuesta de solución de vivienda para la familia damnificada imposibilitada económicamente.

El prototipo de vivienda emergente planteado también posibilita generar una vivienda mínima. En la figura 5.48 se puede observar cómo se puede adaptar los espacios mínimos necesarios para las funciones de una familia conformado por un número máximo de 4 personas. Igual que la solución de la vivienda con zonas húmedas se emplea una combinación de paneles (60cm y 80 cm) para seccionar en los distintos espacios (dormitorio, cocina, baño, área de servicio) que se requieren para una correcta funcionalidad. Al tratarse de una vivienda mínima será conveniente agrupar las zonas húmedas para optimizar el espacio y ahorrar recursos en función de las instalaciones sanitarias (ver fig. 5.51). Finalmente la solución de una vivienda mínima queda configurada por 2 dormitorios una cocina que integra el área de servicio, un baño completo, en un solo ambiente se ha dispuesto el comedor y la sala para interactuar con los miembros de la familia o visitantes (ver fig. 5.51).

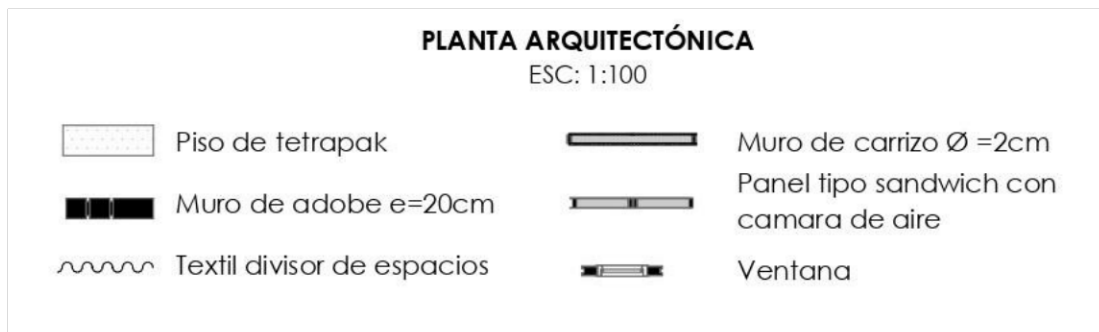
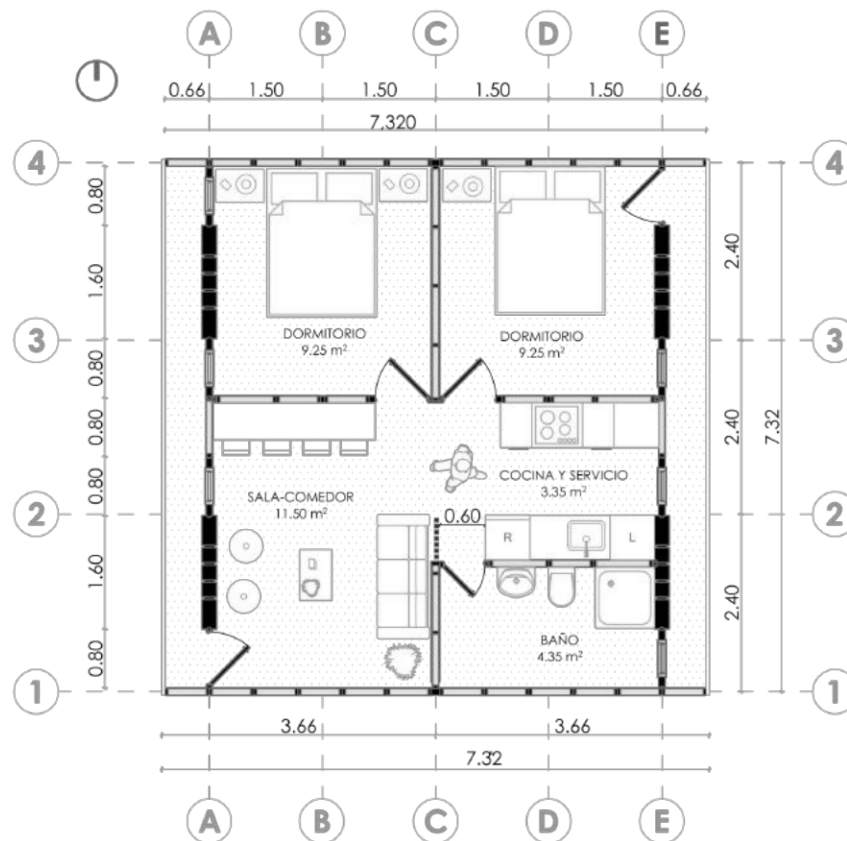
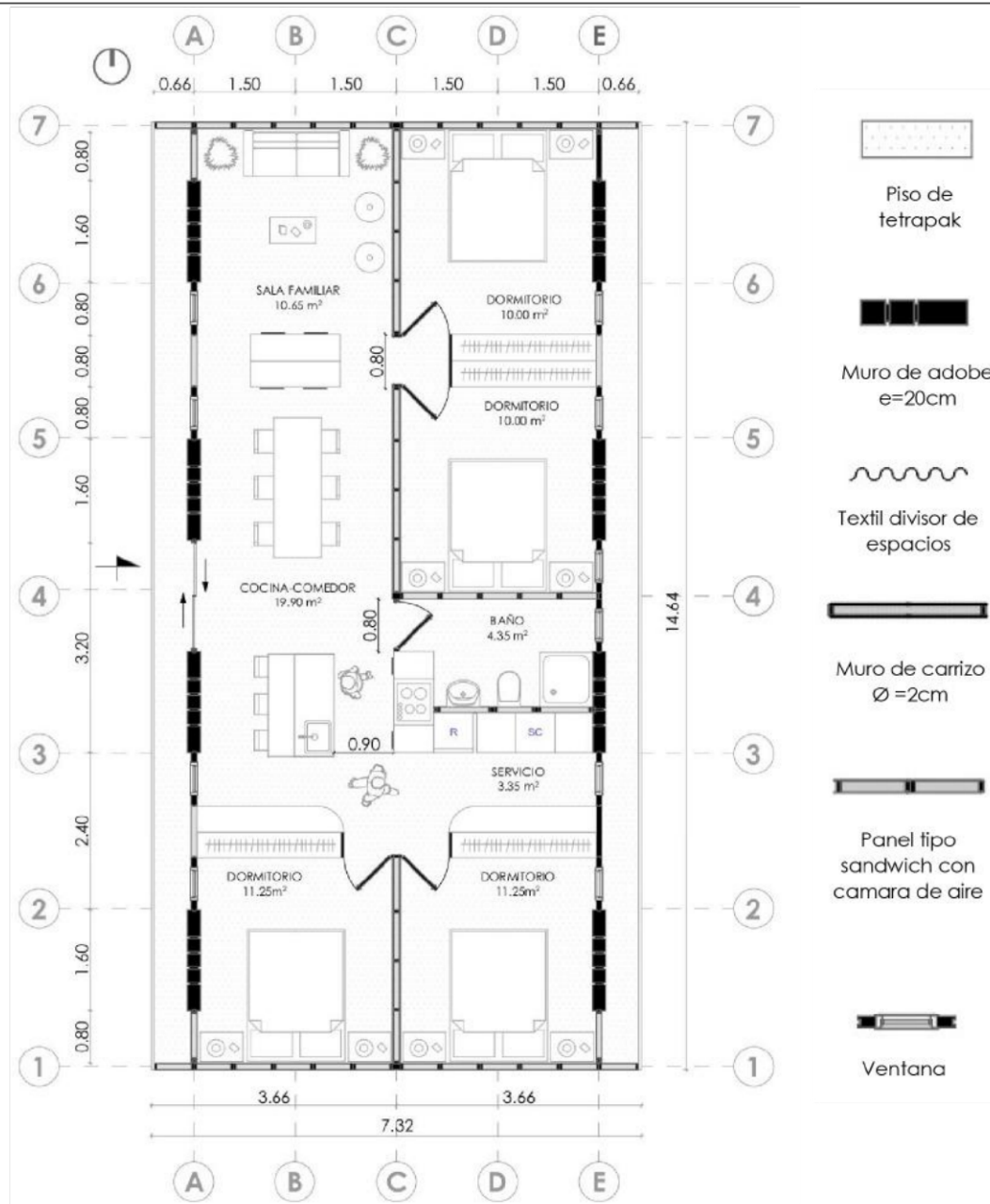


FIGURA 5.51: Vivienda emergente adaptada con espacios mínimos para una familia.

### C. Propuesta de vivienda con ampliación (combinando dos viviendas)

Se vio antes 2 soluciones a las que se puede adaptar el prototipo de vivienda planteada, pero esta vivienda también permite crecer. Uniendo dos viviendas básicamente se puede conseguir una solución de vivienda con espacios amplios (4 dormitorios, sala, cocina, comedor, servicio, 1 baño completo) suficientes para albergar a más de 4-6 personas y un máximo de 8 (ver fig. 5.52). Esta solución se plantea con el propósito de brindar una solución de vivienda permanente.



PLANTA ARQUITECTÓNICA

ESC: 1:100

FIGURA 5.52: Vivienda emergente con ampliación, modelo adaptado para una familia completa (4+).

## 5.6. Resultados energéticos térmicos

Para obtener los resultados energéticos se ha utilizado el programa de simulación digital DesignBuilder. DesignBuilder es el entorno físico digital de trabajo que únicamente permite modelar el cuerpo del edificio y se complementa con Energy Plus el cual se encarga de generar el comportamiento térmico interior de la vivienda mediante algoritmos. Todo este comportamiento se traduce en gráfico con 2 dependencias en el sentido horizontal se muestra las horas durante un día y en la parte vertical la magnitud de las variantes que se han tipiado (entre ellas: temperaturas, infiltraciones, ocupación, ganancias solares, iluminación artificial) en el programa.

Antes de modelar el diseño (prototipo de vivienda emergente planteada), se procedió a configurar el sitio: localización (latitud, longitud, elevación sobre el nivel del mar) y el clima (ver fig. 5.53). DesignBuilder por defecto utiliza los datos de climateonebuilding.org, sin embargo para las temperaturas mensuales ha sido necesario extraer de Weatherspark.com. La configuración del clima se realizó para el día más frío del mes más frío de Ambato el 1 de septiembre.

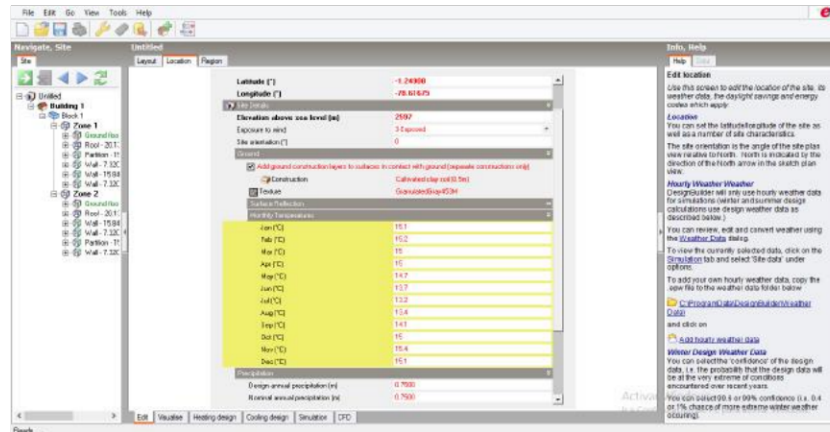


FIGURA 5.53: Interfaz de DesignBuilder, configuración del sitio. Imagen tomada de DesignBuilder.

Una vez adaptado los datos del clima en el programa (DesignBuilder) se procedió con el modelado, cabe mencionar que el programa admite un modelado detallado de los principales elementos como: paredes exteriores, divisiones, piso, cielo raso en caso de existir, cubierta, puertas y ventanas.

Una vez configurado el modelo 3d (zona 1 + zona 2) en el programa (DesignBuilder) de acuerdo a las configuraciones de materiales mencionadas en el apartado del sistema constructivo, se procedió a configurar las posibles infiltraciones exteriores al 2%; la ocupación (0.24 Personas/m<sup>2</sup>), este dato se obtuvo al dividir el número de personas (min. 4 y máx. 5) y el área de la vivienda (21 m<sup>2</sup>).

También se configuró la luz eléctrica, esta luz artificial se enciende a las 6pm y se apaga 10 pm; para todos los componentes de la vivienda se configuró el número de capas, el tipo de material, la conductividad térmica, espesor de cada material o elemento (ver tabla 5.8), en el caso de los paneles la cámara de aire de 8 cm. Para las ventanas se configuró el espesor de vidrio (6mm), y el porcentaje de apertura al 30% (3 ventanas de 60cm de ancho por 1.80 de alto) en función a la pared correspondiente.

Tabla 5.7: CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES CONFIGURADOS EN DB (DESIGN-BUILDER) PARA EL MODELADO DE LA PROPUESTA.

Producto	Espesor (mm)	U (W/mK)
Tablero tetrapack	5	0.22
Tablero polialuminio	5	0.22
Triplex	5.2	0.27
Adobe	200	0.17
Carrizo	20	0.057
Aire	80	0.026

Todos estos datos que se han introducido en el programa han pasado por una etapa de simulación Y procesamiento, ya que se han realizado diferentes pruebas en el prototipo, empezando con el espesor de la cámara de aire (aislamientos), en una primera instancia se probó con lana de oveja, pero en comparación con la cámara de aire los resultados fueron más favorables para la cámara de aire, los niveles de confort mejoraron en 1°C aproximadamente.

Así también la apertura de ventanas también experimentó ciertas simulaciones. Para las simulaciones se tomó en cuenta los siguientes porcentajes: 20 %, 30 % y 40 % de toda la superficie correspondiente, los resultados con 20 % mostraron un confort agradable sobre los 18°C en la mañana sin embargo en la tarde y parte de la noche alcanzaba casi los 27°C, con el 40 % de apertura el confort de la vivienda en la mañana fue desfavorable con 16°C, mientras que en la tarde alrededor de las 3pm la temperatura superaba los 27°C e inmediatamente descendía al cabo de 2 horas aproximadamente.

Con las simulaciones también se pudo prescindir de la necesidad de cielo raso, todos los resultados de las simulaciones descritas se realizaron prescindiendo del cielo raso, pero en un principio y después de aquellas simulaciones si se lo consideró de lo cual se puede aclarar que el cielo raso permite mantener los grados centígrados en el interior de la vivienda por más tiempo.

Así con todas estas pruebas se ha llegado a la conclusión de prescindir del cielo raso (permite configurar una vivienda más económica) y a configurar todas las magnitudes mencionadas anteriormente.

La solución del prototipo como tal, se resuelve para albergar a dos familias, entonces se ha analizado cada espacio como una zona individual tal como lo permite el programa. Así entonces se obtuvo los siguientes resultados.

### **5.6.1. Resultados energéticos de la zona 1 (vivienda orientada al este)**

En la zona 1 se determinó que la temperatura promedio durante el día más frío registrado en Ambato (24 h) es de 19.80°C. Las temperaturas más bajas se han de percibir durante la mañana de 4 am a 7 am con una temperatura mínima de 17.6 °C, según la norma 11 de la NEC la temperatura de la zona de confort se encuentra entre los 18-26 °C, esto significa que la temperatura interior de la propuesta apenas baja 4 décimas de la zona de confort.

Las temperaturas más altas se percibirán de 6 pm a 10 pm con una temperatura máxima de 22.4 °C (ver fig. 5.54).

Estos resultados demuestran que el prototipo planteado asegura un comportamiento térmico interior en la zona 1 dentro de la zona de confort durante todo el día, con excepción de unas horas donde la temperatura baja tan sólo 4 décimas por debajo del límite de confort interior.

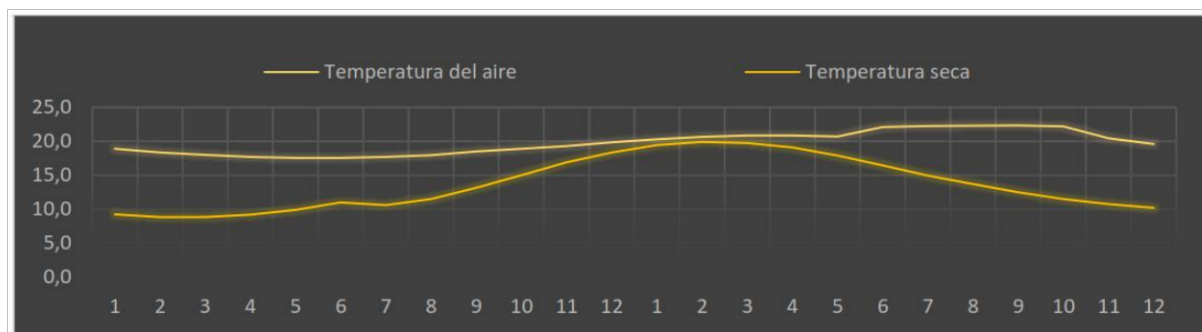


FIGURA 5.54: Temperaturas del aire interior y temperaturas del aire exterior de la zona 1 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder.

En la figura 5.55 se observa los flujos de calor que influyen en el comportamiento térmico del espacio interior, entre estos se puede observar las ganancias solares directas durante la mañana de 6 am a 12 pm (ver fig. 5.55), principalmente dado su orientación hacia el este, luego de esto en la tarde, la radiación solar sigue entrando de manera difusa y por ende en menor cantidad. Esto hace que la temperatura interior aumente por la captación directa, pero además, esta radiación calienta la pared este la cual almacena calor (captación indirecta por los muros de adobe) y lo cede de manera indirecta hacia el interior contribuyendo al calentamiento del espacio interior en especial en horas de la tarde y la noche (ver fig. 5.55).

Pero según lo configurado en el programa (DesignBuilder) la temperatura interior recibe un aporte extra por el uso de elementos varios (cocina, otros) desde las 6 pm hasta las 10 pm. Esta situación hace que la temperatura aumente en  $2^{\circ}\text{C}$  aproximadamente en este intervalo de tiempo, en consecuencia el espacio interior en este rango mantiene su temperatura máxima de  $22^{\circ}\text{C}$ . Otro aporte de calor de importancia es la ocupación, la cual aporta todo el día.

En cuanto a las pérdidas, las infiltraciones exteriores son permanentes durante todo el día, y se acentúan en el periodo de la noche dado que la temperatura exterior baja, no obstante, dadas las características constructivas planteadas se ha logrado reducir en comparación con otras viviendas. El autor enfatiza esta particularidad como una recomendación imprescindible al momento de la construcción de la vivienda. En el caso de las luces (iluminación general) resulta un aporte a las ganancias térmicas durante su encendido (ver fig. 5.55).



FIGURA 5.55: Flujos de calor de la zona 1 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder.

En la figura 5.56 se muestra los valores específicos para cada hora de las diferentes variables citadas en las figuras 5.54 y 5.55.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura del aire	18.9	18.4	18.0	17.7	17.6	17.6	17.7	18.0	18.5	18.9	19.3	19.9	20.3	20.7	20.9	20.9	20.7	22.1	22.2	22.3	22.4	22.2	20.4	19.6
Temperatura radiante	18.5	17.9	17.4	17.0	16.7	16.5	16.8	17.0	17.5	17.6	17.8	18.3	18.7	19.1	19.4	19.4	19.4	19.9	20.3	20.5	20.7	20.6	20.0	19.1
Temperatura operativa	18.7	18.1	17.7	17.4	17.1	17.0	17.3	17.5	18.0	18.2	18.6	19.1	19.5	19.9	20.1	20.1	20.0	21.0	21.3	21.4	21.5	21.4	20.2	19.4
Temperatura seca	9.3	8.9	8.9	9.2	9.9	11.0	10.6	11.5	13.2	15.0	16.9	18.4	19.5	19.9	19.8	19.1	17.9	16.5	15.0	13.7	12.5	11.5	10.8	10.2
Infiltraciones exteriores	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Iluminación general	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0
Computadoras y equipos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Ocupación	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Ganancias solares	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FIGURA 5.56: Temperatura del aire y flujos de calor de la zona 2 en un día.

### 5.6.2. Resultados energéticos de la zona 2

En la zona 2 se determinó que la temperatura promedio durante el día más frío registrado en Ambato (24 h) es de 20.62 °C. Las temperaturas más bajas se han de percibir durante la mañana de 7 am a 8 am con una temperatura mínima de 17.8 °C, según la norma 11 de la NEC la temperatura de la zona de confort se encuentra entre los 18-26 °C, esto significa que la temperatura interior de la propuesta apenas baja 2 décimas de la zona de confort. Las temperaturas más altas se percibirán de 5 pm a 10 pm con una temperatura máxima de 25°C (ver fig. 5.57). Estos resultados demuestran que el prototipo planteado asegura un comportamiento térmico interior en la zona 2 dentro de la zona de confort durante todo el día, con excepción de unas horas donde la temperatura baja tan sólo 2 décimas por debajo del límite de confort interior.

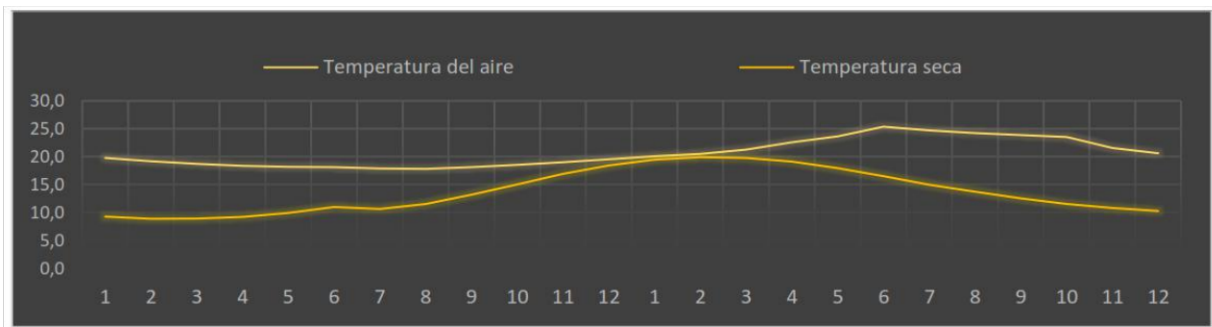
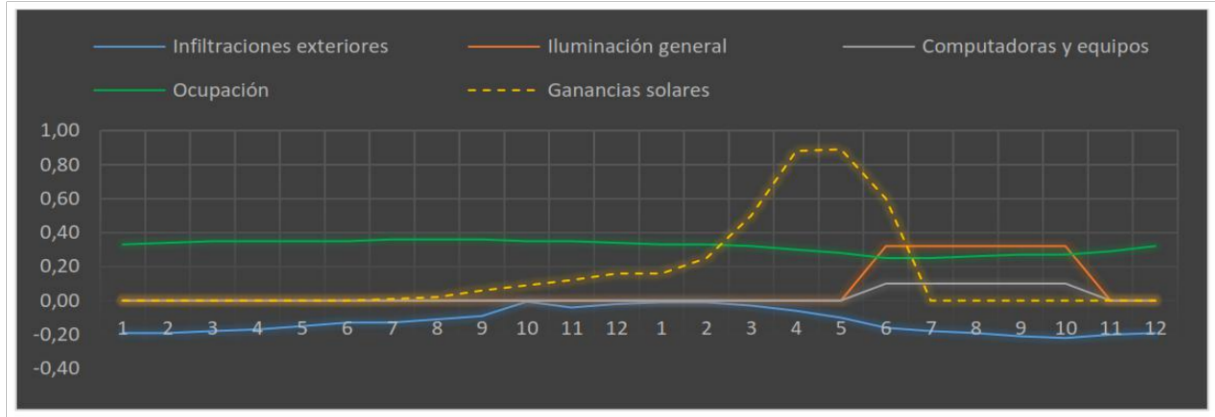


FIGURA 5.57: Temperatura del aire interior y temperaturas del aire exterior de la zona 2 en un día. Figura realizada con datos extraídos de DesignBuilder.

En la figura 5.57 se observa los flujos de calor que influyen en el comportamiento térmico del espacio interior, entre estos se puede observar las ganancias solares directas durante la tarde de 12 pm a 6 pm (ver fig. 5.57), principalmente dado su orientación hacia el oeste, sin embargo durante la mañana, la radiación solar entra de manera difusa y por ende en menor cantidad. Esto hace que la temperatura interior durante la tarde aumente por la captación directa, pero además, esta radiación calienta la pared oeste la cual almacena calor (captación indirecta por los muros de adobe) y lo cede de manera indirecta hacia el interior contribuyendo al calentamiento del espacio interior en especial en horas de la tarde y la noche (ver fig. 5.57). Pero según lo configurado en el programa (DesignBuilder) la temperatura interior recibe un aporte extra por el uso de elementos varios (cocina, otros) desde las 6 pm hasta las 10 pm. Esta situación hace que la temperatura aumente en 3 °C aproximadamente en este intervalo de tiempo, en consecuencia el espacio interior en este rango mantiene su temperatura máxima de 25°C. Otro aporte de calor de importancia es la ocupación, la cual aporta todo el día.

En cuanto a las pérdidas, las infiltraciones exteriores son permanentes durante todo el día, y se acentúan en el periodo de la noche dado que la temperatura exterior baja, no obstante, dadas las características constructivas planteadas se ha logrado reducir en comparación con otras viviendas. El autor enfatiza esta particularidad como una recomendación imprescindible al momento de la construcción de la vivienda. En el caso de las luces resulta un aporte a las ganancias térmicas durante su encendido (ver fig. 5.58).



En la figura 5.59 se muestra los valores específicos para cada hora de las diferentes variables citadas en las figuras 5.57 y 5.58.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura del aire	19.8	19.2	18.7	18.4	18.2	18.1	17.9	17.8	18.1	18.5	19.0	19.6	20.0	20.5	21.3	22.6	23.7	25.4	24.7	24.2	23.9	23.5	21.5	20.6
Temperatura radiante	19.5	18.8	18.3	18.8	17.4	17.1	16.9	16.7	16.9	17.1	17.5	17.9	18.4	18.9	20.0	21.8	23.1	24.1	23.4	22.8	22.5	22.2	21.3	20.3
Temperatura operativa	19.6	19.0	18.5	18.1	17.8	17.6	17.4	17.3	17.5	17.8	18.2	18.8	19.2	19.7	20.6	22.2	23.4	24.7	24.0	23.5	23.2	22.9	21.4	20.5
Temperatura seca	9.3	8.9	8.9	9.2	9.9	11.0	10.6	11.5	13.2	15.0	16.9	18.4	19.5	19.9	19.8	19.1	17.9	16.5	15.0	13.7	12.5	11.5	10.8	10.2
Infiltraciones exteriores	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Iluminación general	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0
Computadoras y equipos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Ocupación	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Ganancias solares	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.9	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FIGURA 5.59: Temperatura del aire y flujos de calor de la zona 2 en un día.

A continuación se establece una comparación del comportamiento de las 2 zonas, en el gráfico se puede observar que las temperaturas son similares en la mayor parte del día, no obstante en el periodo de 3 a 9 pm la zona 2 alcanza una mayor temperatura por arriba de 3°C en comparación de la zona 1, esto se debe a su orientación oeste, por lo cual, alcanza una mayor captación solar y puede guardar más calor durante más tiempo a través del muro de adobe (ver fig. 5.53). Sin embargo, las dos zonas se mantienen dentro de la zona de confort durante todo el día, de acuerdo a los parámetros establecidos por la norma 11 de la NEC (la temperatura de confort se establece a partir de los 18°C).

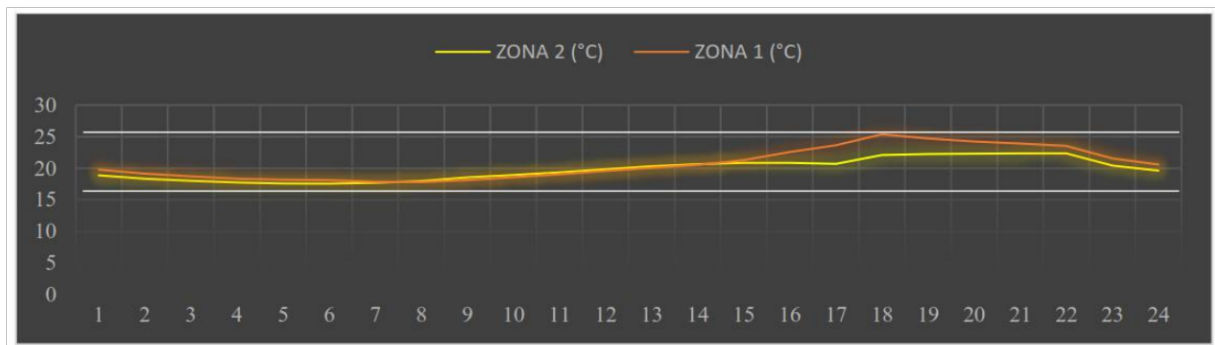


FIGURA 5.60: Comparación del comportamiento térmico de la zona 1 vs la zona 2.

## 5.7. Resultados de huella ecológica

Los resultados de la huella ecológica del prototipo planteado se analizarán principalmente en función de la energía incorporada que usa cada uno de los materiales empleados en la propuesta de estudio. La energía incorporada se refiere al consumo energético que se requiere para fabricar cada uno de los materiales y se la conoce como Embodied Energy, esto significa que a menor energía incorporada mantendrá menor emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente, y por lo tanto menor impacto ambiental o menor huella ecológica.

La huella ecológica también puede ser medida por la cantidad de recursos que se utiliza y la descarga de residuos de una población, según [Wackernagel & Rees \(2001\)](#) los impactos de la huella ecológica se ven disminuida si los desechos producto de los recursos utilizados vuelven a la naturaleza cuando esta pueda absorberlos. De otra manera se puede entender que vivir ecológicamente requiere únicamente tomar los recursos necesarios de la naturaleza y gastarlos hasta cuando estos puedan degradarse completamente, con lo cual se evitaría desechos contaminantes y agotar los recursos finitos que mantiene nuestro planeta.

Analizando el contexto de la huella ecológica según [Wackernagel & Rees \(2001\)](#), se puede interpretar que la materialidad que usa el prototipo planteado disminuye la demanda excesiva de recursos naturales y los prevé de ser explotados desmesuradamente, esto se logra porque aproximadamente el 50% de la materialidad es plástico reciclado (tableros tetra pak para piso, poli aluminio en cubierta y madera de plástico en los cantos del entramado de madera que conforma el forjado), el otro 50% se conforma por madera y adobe. Solo se utiliza madera (pino) para el revestimiento interior, entramado de piso y cubierta conformado por tablas, tablones y cuarterones y adobe para generar los muros de captación solar indirecta, la madera y el adobe son materiales completamente biodegradables como se vio en el capítulo IV. Ahora con respecto a la energía incorporada de cada uno de los productos utilizados se analiza a continuación.

Empezando con la madera según [Borsani \(2011\)](#) explica que su extracción usa poca energía incorporada (energía necesaria que utiliza un material en todo el proceso de extracción), por ende sus niveles de contaminación son sumamente bajos en relación a otros materiales convencionales (metal, hormigón, plástico), además la madera tiene la capacidad de absorber emisiones de carbono hasta que se deterioran, lo que significa un gran aporte en el medio ambiente. En cuanto al adobe [Peña \(2018\)](#) afirma que la energía incorporada que usa el adobe es insignificante.

Ahora bien, con el uso del plástico reciclado puede sugerir algunas inquietudes pertinentes, según datos de [MundoPlast \(2019\)](#), la producción de plástico en el mundo durante el 2018 fue de 359 millones de toneladas, el 4% de toda esta cantidad produjo Latinoamérica. El plástico es uno de los mayores contaminantes en todo el mundo no solo por la acumulación de desechos que desgastan y destruyen ecosistemas sino también por toda la energía incorporada que mantiene su producción.

Evidentemente el plástico es la peor decisión en una construcción sostenible ya que la huella ecológica que representa es muy alta. Pero, reciclar el plástico que anualmente producen las diferentes industrias puede ayudar a recuperar el consumo energético y reducir la huella ecológica. Según el diagrama de reciclaje revisados en el capítulo IV se explica claramente la eficiencia dentro de un contexto sostenible.

El plástico reciclado que usa el prototipo de vivienda emergente planteada corresponde a los envases de Tetra Pak (75 % de cartón, 20 % de polietileno y 5 % de aluminio). Este producto es el resultado de un proceso de investigación y recuperación de las características excelentes de estos materiales (Tetra Pak). El producto final son tableros y madera de plástico (plástico sólido con características de madera) producidos por la empresa ECUAPLASTIC como se revisó en el capítulo IV.

Así también en el capítulo IV se explicó que haciendo uso del reciclaje se elimina completamente el proceso de la extracción de materias primas, sin embargo se encuentra presente la recolección, fabricación y demás proceso de la construcción donde el transporte es ineludible. Efectivamente haciendo uso del reciclaje la energía incorporada es menor a los procesos convencionales, por lo tanto al tener bajo consumo energético la emisión de CO<sub>2</sub> también es menor.

Un dato importante del material producido por la empresa ECUAPLASTIC es que no genera desechos, es decir todos los desperdicios que se puedan generar es posible volver a formarlos. En consecuencia el desperdicio de material es nulo (ECUAPLASTIC, 2020). Para entender de mejor manera lo positivo en el contexto de la huella ecológica del uso de este producto se realiza un análisis detallado de su consumo energético.

El consumo energético de un material como se mencionó antes es la Embodied Energy (MJ/Kg) y se expresa en la energía que requiere para producirse por cada unidad de peso del material. Para obtener el valor total de energía consumida en una vivienda se debe sacar el peso total de cada material y multiplicarlo por el índice de energía por cada kg de cada material (Milne y Reardon, 2013). Según Naranjo (2012) la fórmula que obedece al consumo de energía (Embodied Energy) es:

$$CEE = \text{Consumo de energía [kWh]} \text{ Producción obtenida [kg]}$$

A continuación se realiza el análisis de la Embodied Energy para cada uno de los materiales que emplea la propuesta.

El adobe como primer material a analizar mantiene una densidad de 1200 kg/m<sup>3</sup> (Arquitectos Sen Fronteiras, 2013). La energía incorporada según Milne & Reardon (2013) es de 0.4 MJ/kg. Para el respectivo cálculo primero se muestra las características físicas

Tabla 5.8: ESPECIFICACIONES FÍSICAS DEL ADOBE

Producto	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (kg)
Adobe	400	200	100	9.6

En la tabla 5.9 se muestra los resultados de la embodied energy (MJ/Kg) que se requiere para completar los 4 muros de adobe predispuestos en el prototipo planteado, donde se obtiene una energía incorporada de 1021.44 MJ (ver tabla 5.11).

Tabla 5.9: ENERGÍA INCORPORADA DEL ADOBE

Producto	Peso		Energía Incorporada			
	Kg/U	Cant.	Kg. T	MJ/kg	MJ	MJ Total
Adobe	9.6	266	2553.6	0.4	1021.44	1021.44

Como segundo material a analizar se tiene los tableros Ecopak, según Ecuaplastic cada tablero mantiene su propio peso debido a su composición (ver tabla 5.10).

Tabla 5.10: ESPECIFICACIONES FÍSICAS DE LOS TABLEROS ECOPAK UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO DE VIVIENDA EMERGENTE PLANTEADA.

Producto	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PESO (kg)
Tablero tetrapak (1)	2440	1220	10	27.4
Tablero polialuminio cubierta (2)	2440	1160	5	14.30
Tablero Polialuminio (3)	2440	1220	5	15

Como se mencionó antes los tableros Ecopak producidos por la empresa Ecuaplastic se obtienen por termo-compresión. Según [Martinez \(2018\)](#) el consumo energético por termo-compresión es de 5kWh. Se debe tener presente que la elaboración de este producto no incorpora la energía utilizada para las láminas semielaboradas que generalmente se fabrican previo a la termo compresión de cierto tipo de plástico a obtener. Por lo que evidentemente el consumo energético es relativamente menor. Según un dato de [Sorgato \(2013\)](#) y [Quito \(2016\)](#), Ecuaplastic se encontraba produciendo 6 toneladas de plástico reciclado al mes, lo que significa unos 25 kg por hora trabajando alrededor de 8h diarias. Entonces para obtener 1kg de este producto se necesita 0.2 kWh/kg. Según el conversor de unidades unitjuggler (2020), 1 kWh = 3.6 MJ, por lo tanto la energía incorporada para producir los tableros Ecopak mediante termo-compresión es de 0.72 MJ/kg.

Conociendo el peso específico y la energía incorporada de los tableros Ecopak según su proceso de elaboración se procede a calcular su energía incorporada total de todo el material utilizado en la propuesta de estudio.

Tabla 5.11: ENERGÍA INCORPORADA TOTAL DE PRODUCTO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE LA VIVIENDA EMERGENTE PLANTEADA.

Producto	Peso		Energía Incorporada			
	Kg/U	CANT.	Kg. T	MJ/kg)	MJ	MJ-Total.
1	27.4	18	493.2	0.72	355.10	700.92
2	14.30	21	300.3	0.72	216.22	
3	15	12	180	0.72	129.6	

Según el análisis realizado se determina que el consumo energético para configurar la vivienda con TETRA PAK de 53.65 m<sup>2</sup> demanda un promedio total de 700.92 MJ.

Los principales beneficios o impactos positivos sobre la huella ecológica del uso de plástico reciclado se encuentran en la gestión del material (evita contaminar el medioambiente), solo en Ecuador se estima una producción de 7 800 toneladas de envases para alimentos. Todos estos empaques luego de consumirse terminaban en los botaderos de basura. Con la producción de Ecuaplastic ha sido posible reciclar el 5.2% de Tetra-Pak al año equivalente a 390 toneladas (Sorgato, 2016). Actualmente la Universidad Católica de Cuenca también mantiene esta importante labor, pero se ha prescindido de usar su producto puesto que los estudios térmicos y ambientales aún no son profundos o al menos no se han encontrado valores de reciclaje en magnitudes similares a los de Ecuaplastic. Sin embargo esto no descarta la posibilidad de experimentar o realizar una propuesta a futuro con el plástico que procesa la Universidad Católica de Cuenca.

El resto de materiales que usa el prototipo planteado también genera bajos impactos sobre la huella ecológica, el carrizo y la tierra al ser materiales completamente naturales y fácil de conseguirlos no presentan mayor impacto ambiental, la tierra en especial según Peña (2008), mantiene un gasto de energía incorporada muy bajo. Lo cual resulta insignificante. La madera de pino y los tableros triplex (aglomerado) se analizan a continuación:

La madera de pino tiene una energía incorporada de 14MJ/kg (París, 2012), y el triplex 10.4 MJ/kg (Milne y Reardon, 2013).

Tabla 5.12: ESPECIFICACIONES FÍSICAS DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO DE VIVIENDA EMERGENTE PLANTEADA.

PRODUCTO	PESO/UNIDAD (kg)	CANT.	T. (kg)
Tablero triplex	7.66	16	122.56
Tablón 200x47x3900 mm	11.45	21	240.45
Tablon 15x47x3300 mm	7.18	47	337.46
Listón 20x40x2300 mm	1	26	26

Tabla 5.13: ENERGÍA INCORPORADA TOTAL DE LA MADERA UTILIZADA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO PLANTEADO

PRODUCTO	PESO	ENERGÍA INCORPORADA		
		(MJ/kg)	MJ	MJ Total.
Tablero triplex	122.56	10.4	1274.62	
Tablón 200x47x3900 mm	240.45	14	3366.3	9727.36
Tablon 15x47x3300 mm	337.46	14	4724.44	
Listón 20x40x2300 mm	26	14	364	

Finalmente se establece que la energía incorporada que usa toda la vivienda es de 11449.72 MJ. Se encuentra que la mayor cantidad de energía incorporada está en la madera con 9727.36 MJ. En comparación con todos los materiales empleados en el prototipo de la vivienda planteada, los tableros Tetra pak resultan altamente sostenibles con una energía incorporada de apenas 700.92 MJ. Ahora, en comparación con una vivienda de madera con estándares de eficiencia energética que según Quishpe (2016) resulta un valor de 892kWh/m<sup>2</sup> (247.78 MJ/m<sup>2</sup>), el prototipo planteado aún mantiene niveles bajos de energía incorporada, ya que según su área (53.58m<sup>2</sup>) mantiene una energía de 213.69 MJ/m<sup>2</sup>.

## 5.8. Beneficios por coste

Tabla 5.14: ANÁLISIS DE PRESUPUESTO

Ítem	DESCRIPCIÓN	U	CANT.	P.U.	T.
1	Cimentación	m2	53.58	3.60	192,89
2	Piso de TETRA PAK 2.44 x 1.22 m e=1cm, (incluye estructura de pino)	m2	53.58	19.32	1035,17
3	Muro con carrizo Ø=2cm	m2	17.28	43.03	743,56
4	Mampostería con panel sándwich polialuminio+triplex e= 9cm, suministro e instalación	m2	34.66	21.11	731,67
5	Mampostería con panel sándwich triplex+triplex e=9cm, suministro e instalación	m2	3.84	11	42,24
6	Ventana de madera, suministro e instalación	U	6	43.40	260,4
7	Puerta tamborada sin lacar 0.80m suministro e instalación	U	2	84.31	168,62
8	Entechado polialuminio tipo plana e=5mm, incluye estructura con tablonés de madera de pino)	m2	53.58	16.89	904,97
9	Muro de adobe e=20cm	m2	15.36	6	92,16
<b>SUBTOTAL</b>					<b>4171,68</b>
<b>IVA 12%</b>					<b>500,60</b>
<b>TOTAL</b>					<b>4672,28</b>

Sabiendo que el prototipo planteado cuenta con 53.58 m<sup>2</sup> y con este análisis de presupuesto realizado (ver APU de cada rubro en anexos) se establece que el costo por m<sup>2</sup> de la construcción es de 87.20 USD.

En comparación con la solución de TECHO y la vivienda Paper Long House se establece lo siguiente:

Tabla 5.15: COMPARACIÓN DE COSTOS POR M2

VIVIENDA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	USD TOTAL	COSTO POR M2 (USD)
TECHO	18	2000.00	111.11
Paper Long House	11.56	1764.91	152.67
Propuesta	53.58	4672.28	87.20

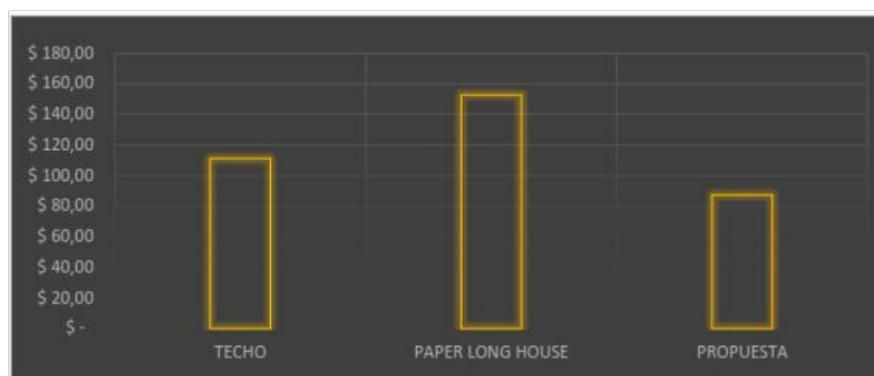


FIGURA 5.61: Comparación de costos por m<sup>2</sup>.

## 6. Conclusiones

El estudio realizado que integra la vivienda emergente, la arquitectura moderna y la arquitectura bioclimática ha sido una exploración medular de cada uno de los temas. Con el estudio de vivienda emergente se ha podido analizar diferentes proyectos o soluciones que se han dado a lo largo del tiempo y aquellos que existen en la actualidad. En esta primera instancia se ha podido establecer que las viviendas se resuelven en un solo ambiente habitable para albergar a los damnificados durante la etapa de la emergencia. Su configuración austera y la misma situación de emergencia requieren para su emplazamiento espacios amplios que permitan albergar un gran número de ellas con una topografía que no acentúe irregularidades pronunciadas.

En la región Andina del Ecuador la topografía en su mayoría es bastante irregular, a esto se suma las bajas temperaturas que mantiene toda la Región (promedio anual de 16°C). En consecuencia esta zona del Ecuador se vuelve un espacio complejo para vivir, emplazar una vivienda emergente resulta aún más complicado por el factor económico.

Con el análisis del capítulo I se pudo deducir que los requerimientos para emplazar una vivienda en esta zona son más estrictos, estos requerimientos no solo se enfocan en su topografía irregular sino en todo el contexto propio que presenta la Región Andina; una de las mayores preocupaciones es el clima, al mantener temperaturas por debajo de la zona de confort que requiere normalmente un usuario (18-26 °C según NEC), simplemente resulta difícil vivir en este ambiente. En consecuencia las estrategias pasivas para disminuir el discomfort son imprescindibles.

Ante toda esta situación de desventaja, con el estudio de arquitectura bioclimática se encuentra que las mejores zonas para emplazar una vivienda son todos los espacios abiertos que no presenten obstrucciones solares hacia el este y oeste, pues el Ecuador se encuentra en latitud 0°, por ende el sol incide durante todo el año directamente hacia el este en la mañana y al oeste en la tarde. Los espacios altos (vientos fuertes) u hoyas (presentan muchas sombras) repercuten significativamente de manera negativa a las ganancias de energía natural (solar). Con todo el análisis se concluye que las estrategias más viables para disminuir el discomfort de una vivienda emergente emplazada en los Andes del Ecuador es la captación directa e indirecta.

La captación directa como su nombre lo indica permite acumular energía calórica de manera directa, esto se ha podido lograr a través de las ventanas, los rayos solares pasan a través del vidrio y se albergan en el interior de la vivienda. Para la efectividad de esta primera estrategia se concluye que las ventanas deben mantener una proporción del 30 % en función de su pared correspondiente. Si la superficie vidriada aumenta, aunque las ganancias aumentan también aumentan las pérdidas, lo cual repercutirá en una oscilación extrema, teniendo una temperatura por arriba de la zona de confort en el día, y una temperatura por debajo de la zona de confort en la noche.

Para la captación solar indirecta, se requiere de materiales que presente masa térmica, pues estos materiales son capaces de almacenar energía calórica y retenerla por varias horas, en consecuencia la energía almacenada será liberada paulatinamente durante el día, pero su comportamiento térmico depende del valor de su transmitancia térmica (U), mientras más bajo sea este valor su desempeño es mejor. Con el estudio del capítulo III y IV se encuentra al adobe con propiedades eficientes para una captación solar indirecta, además este material es sostenible y permite un montaje rápido ya que es prefabricado.

Con el uso del adobe con espesor de 20 cm se concluye que este material permite una captación indirecta con un retraso de dos horas, es decir que dos horas después la temperatura interior de la vivienda aumenta. Este aumento de temperatura que se logra es de 2-3 grados centígrados adicionales a la captación directa.

Se concluye también que para mantener todas estas ganancias energéticas pasivas se debe aislar el interior de la vivienda de las temperaturas exteriores. De esto depende que el confort interior de la vivienda se mantenga en condiciones confortables.

Haciendo uso del aire como aislamiento, dispuestos en los paneles tipo sándwich con 8 cm de espesor, ha sido posible mantener la temperatura interior de la vivienda entre los 17.7 y 25 °C. Según la NEC una zona de confort se encuentra entre los 18-26 °C. Entonces, solo 8 cm de cámara de aire han sido necesarios para mantener una temperatura confortable en el interior de una vivienda de 53.58 m<sup>2</sup>.

Con este apartado se puede deducir que para hacer uso de la cámara de aire como aislamiento térmico integrando una captación directa al 30 % más una captación indirecta cuya transmitancia térmica está alrededor de los 0.17 W/mk se requiere 15mm de espesor de cámara de aire por cada m<sup>2</sup> de espacio habitable.

A través de las simulaciones digitales se ha demostrado que el uso de materiales característicos de la zona aporta significativamente al comportamiento térmico de una vivienda para situaciones de emergencia en especial por la demanda de bajo costo que requiere, ya que evita la necesidad de implementar sistemas activos para confortar el interior de la vivienda.

También se ha podido demostrar que no siempre será necesario hacer uso de un solo material para configurar una vivienda emergente, los usos de otros materiales de acuerdo a sus características técnicas pueden mejorar el desempeño tecnológico de la vivienda. En este caso se ha hecho uso del tablero ecopak, el cual permite proteger a la vivienda de las precipitaciones (en la cubierta y las fachadas expuestas a la intemperie) y a su vez aportar al aislamiento térmico.

Otra situación en la que se ve beneficiada la combinación de materiales es la energía incorporada que se consume. Esta energía disminuye para cada material. El uso de cada material disminuye y en consecuencia la energía incorporada es menor, mucho más si se usa materiales sostenibles como en este caso (adobe, plástico reciclado, madera).

Finalmente con el estudio de arquitectura moderna y arquitectura bioclimática respectivamente se ha podido configurar una vivienda emergente de rápido montaje, muy económica (74.22 USD /m<sup>2</sup>), con condiciones confortables, sostenible y duradera.

Por un lado la arquitectura bioclimática resulta un aporte muy importante para evitar el consumo energético que normalmente requiere una vivienda para confortarla (sistemas activos), en consecuencia el mantenimiento de la misma resulta muy económica y reduce el impacto sobre la huella ecológica.

Por otra parte está la arquitectura moderna, con todo el estudio realizado se deduce que la modernidad no solo se la puede ver como algo artificial, que sus mayores aportes puede estar inmerso en todo su contexto, desde comienzos del siglo XXI se ha ido desarrollando para solventar problemas mundiales (necesidad de vivienda por conflictos bélicos), entonces aparte de las formas lineales y grandes vitrales, el uso de materiales innovadores que han ostentado a posteriori, es una arquitectura cuya esencia medular se encuentra en su facilidad de construcción, en la simplicidad de su forma, usa solo los materiales necesario y con tecnologías eficientes para su correcta funcionalidad lo que le ha permitido perdurar en el tiempo.

De este concepto se extrae principalmente la prefabricación y modulación, y se concluye que esas dos características inverosímiles pueden configurar una vivienda emergente pero sobre todo permite cubrir la necesidad de pronta respuesta.

Con este estudio de vivienda emergente en un contexto sostenible ha sido un hecho demostrar que la arquitectura moderna y la arquitectura bioclimática aportan significativamente a configurar una vivienda para una situación de emergencia y sobre todo ha sido posible complementar al confort interior brindando una mejor solución habitacional para un clima frío (Andes del Ecuador).

La necesidad de brindar un espacio para una situación de emergencia post-desastre con características confortables y reducción de la huella ecológica es un hecho latente en este estudio y es el resultado de gestionar las propias condiciones medioambientales del entorno en el que se emplaza (orientación del edificio, captación solar directa e indirecta, aislamiento térmico, materialidad endémica) y haciendo uso de sistemas constructivos empíricos eficientes (modulación y prefabricación) que permiten resistencia, durabilidad y una rápida ejecución de la edificación.

## 7. Recomendaciones

La orientación de una vivienda en los Andes del Ecuador es estrictamente inalterable para su correcto funcionamiento, es por ello que se recomienda siempre mantener las captaciones solares ya sean directas o indirectas en sentido este y oeste, pues el Ecuador se encuentra en la latitud 0° y el sol siempre incide durante todo el año en estas direcciones. Es recomendable el manejo de la cámara de aire como aislamiento dado que este permite generar una solución de bajo impacto económico y ambiental.

Así también se recomienda que las aperturas de las ventanas para captar el sol no se excedan al 30

La vivienda por defecto no admite pendientes exageradas, entonces en tales casos que las situaciones topográficas presenten grandes desventajas, será necesario asegurar el terreno y por ende colocar bases de piedras sobre los 25 cm de diámetro, luego será necesario nivelarlas para finalmente montar toda la estructura de la casa, como resultado de este procedimiento será necesario adicionar rampas o escaleras para su ingreso.

El prototipo planteado permite modificaciones interiores para convertirse en una vivienda permanente. Entonces se recomienda que se realice una planificación previamente establecida con la modulación y prefabricación designada, para que el espacio sea flexible. Es importante adaptar los espacios que cada familia los requiera, pues solo de esta manera se puede garantizar su usabilidad indefinida.

La solución de la vivienda puede mejorar las condiciones de temperatura si se decide colocar un cielo raso, para ello se recomienda instalar con materiales ligeros para evitar posteriores complicaciones, materiales como ECOPAK (5mm), triplex (52mm), carrizo (20mm) pueden funcionar perfectamente además que brindan un buen acabado, en la propuesta de estudio no se ha aplicado por cuestiones de presupuesto (reducir costos) sin embargo puede ser una solución que bien podría investigarse a futuro.

Según Coch & Serra parte del confort de una vivienda es el sonido, el ruido exterior afecta al confort de los usuarios. Para ello se recomienda realizar un estudio del aislamiento acústico que presenta cada uno de los materiales de la propuesta de estudio, para generar soluciones pertinentes.

Para el modelado en el programa DesigBuilder (DSB) se recomienda prescindir de detalles u ornamentaciones que pueda presentar el diseño, ya que el programa por defecto no toma en consideración estas particularidades, y puede acomplejar a la hora de generar los resultados (se vuelve más pesado). Por lo tanto se recomienda realizar un modelado simple para el proyecto que se vaya a simular.

Para potencializar la propuesta de estudio de este trabajo de titulación se recomienda estudiar otras intervenciones pasivas como paneles solares o recolección de aguas lluvias o la configuración de la vivienda con otros materiales producto del reciclaje.

## 8. Referencias

- A. Di Vito, M. (2012). *El Somma-Vesubio y la erupción del 79 d.C.* (pp. 10–14).
- Aguirrezabal, Á. G. (2017). *Intervención post - desastre natural (Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAM)).* 74. Recuperado de [http://oa.upm.es/47278/1/TFG\\_Garcia\\_Aguirrezabal\\_Angel.pdf](http://oa.upm.es/47278/1/TFG_Garcia_Aguirrezabal_Angel.pdf)
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47. doi: 10.3989/ic.1997.v49.i451.936
- Alto comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados. (2012). *Manual para situaciones de Emergencia.* Recuperado de [file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc\\_o\\_00042\\_01.pdf](file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf)
- Armesto, L. (2016). *Los cerramientos verticales de Jean Pouvé.* Recuperado de [file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc\\_o\\_00042\\_01.pdf](file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf)
- Arquitectos Sen Fronteiras. (2011). *Sistema constructivo adobe/tapial.* udc.es. Recuperado de [https://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha\\_tecnica\\_adobe-tapial.pdf](https://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha_tecnica_adobe-tapial.pdf)
- BBC. (2016). *Terremoto de magnitud 7,8 en la zona costera de Ecuador deja más de 600 muertos.* BBC News Mundo. Recuperado de [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416\\_ecuador\\_terremoto\\_magnitud\\_colombia\\_peru\\_bm](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416_ecuador_terremoto_magnitud_colombia_peru_bm)
- BALANZAR, J. H. (2009). El metabolismo de la tierra. *Ciencias.* Recuperado de <http://www.ojs.unam.mx/index.php/cns/article/view/12143>
- Barba, J. J. (2011). *Jean Prouvé - Casa Desmontable de 6X6M (1944) | Sobre Arquitectura y más | Desde 1998.* METALOCUS. Recuperado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/jean-prouve-casa-desmontable-de-6x6m-1944>
- Borràs Pentinat, S. (2006). Environmental refugees: The new challenge in international environmental law. *Revista de Derecho*, 19(2), 85–108. <https://doi.org/10.4067/S0718-09502006000200004>
- Borsani, M. S. (2011). MATERIALES ECOLOGICOS: estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. *Arquitectura Y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y Técnicas de Contro Medioambiental*, 30.
- Bunyesc Palacín, J. (2017). CASA PASIVA EN UN CLIMA MEDITERRANEO | Publicaciones Digitales Técnicas (comportament casa Lleida). CONAMA. Recuperado de <http://publiditec.com/blog/casa-pasiva-en-un-clima-mediterraneo/>

- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista peruana de Biología*, 12(2), 203-216.
- Calderón, M. A. (2013). *Prefabricación y Vivienda de Emergencia. Estudio Comparativo de Sistemas Constructivos Industrializados Utilizados en Viviendas Temporales Post-Desastre. Caso Haití (2010)*. 2010, 67. Recuperado de [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/19614/1/ManuelAriel\\_TFM.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/19614/1/ManuelAriel_TFM.pdf)
- Cardona, O. D. (1993). Los Desastres no son Naturales Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *La Red*, 51-74.
- Cardoso Ziebell, A. (2017). *Arquitectura de emergencia: Entre lo inmediato y lo definitivo* (Tesis de Maestría). University of Coimbra. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/277159417\\_Arquitectura\\_de\\_emergencia\\_Entre\\_lo\\_inmediato\\_y\\_lo\\_definitivo](https://www.researchgate.net/publication/277159417_Arquitectura_de_emergencia_Entre_lo_inmediato_y_lo_definitivo)
- Catalinazl. (2010). *Manual Nuevo De Mediagua Antigua*. slideshare. Recuperado de <https://es.slideshare.net/catalinazl/manual-nuevo-de-mediagua-antigua1>
- Chamblas, Y. (2017). *Soluciones constructivas aplicadas en la provisión de viviendas de emergencia postdesastre 3 casos d*. Issuu. Recuperado de [https://issuu.com/yurichambblas/docs/soluciones\\_constructivas\\_aplicadas](https://issuu.com/yurichambblas/docs/soluciones_constructivas_aplicadas)
- Chan Martín, Mario H., & Araujo Molina, Omar, & Azueta García, Manuel, & Solís Rodríguez, Luis E. (2004). Tableros de madera de partículas. *Ingeniería*, 8(3), 39-46. ISSN: 1665-529X. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/471433180/Tablerops-de-Particulas>
- Climate-data. (2020). *Ambato Clima (Ecuador)*. Climate-data.org. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-tungurahua/ambato-2957/#climate-graph>
- Climate.OneBuilding. (2020). *WMO Region 3 - South America*. Climate.OneBuilding.Org. Recuperado de [http://climate.onebuilding.org/WMO\\_Región\\_3\\_South\\_America/default.html](http://climate.onebuilding.org/WMO_Región_3_South_America/default.html)
- Connections By Finsa. (2020). *Better Shelter y el triunfo de la arquitectura de emergencia*. Recuperado de <https://www.connectionsbyfinsa.com/better-shelter-triunfo-la-arquitectura-emergencia/>
- CORMA, C. D. (2015). *Manual: la construcción de viviendas en madera*. Chile.
- d'Amico, F. C. (2000). Boletín CF+S. *Boletín CF+S*, 0(14), 9. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2270/2352>
- Davis, I. (1978). *Shelter after disaster*. Oxford Polytechnic Press.
- Davis, I. (1980). Versión española: *Arquitectura de emergencia*. Barcelona: Gustavo Gili.

- Denyer, P., Stephen, P., & Arias, O. (2006). *Generalidades sobre los efectos geológicos del terremoto de Limon* (pp. 29–38). Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/13393/12656>
- Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2015). *BATOLITOS. ATLAS DE ROCAS ÍGNEAS*. Recuperado de <https://petroigne.wordpress.com/formas-de-yacimiento/formas-plutonicas-y-filonianas/plutones/batolitos/>
- D’Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: Los desastres, un reto para el desarrollo*. 131. Recuperado de [http://biblioteca.uazuay.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=54459](http://biblioteca.uazuay.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=54459)
- Di Vito, M. A. (2007). El Somma-Vesubio y la erupción del 79 d. C. In *Pompeya y Herculano a la sombra del Vesubio-Centro Conde Duque del 22 septiembre de 2007 al 16 de enero de 2008*
- Edimca. (2020). *Edimca | Venta de todo tipo de madera en Quito Guayaquil Ecuador*. Recuperado de <https://edimca.com.ec/>
- Edwards, B., & Hyett, P. (2008). *Guía básica de la sostenibilidad* (2<sup>a</sup>. ed.). Barcelona: Gustavo Gili, S.L.
- El Comercio. (2016). *El sismo desnuda problemas ambientales*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/terremoto-medioambiente-desechos-basura-contaminacion.html>
- El Universo. (2016). *Al menos 214 réplicas de terremoto de 7,8 grados que sacudió a Ecuador*. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/17/nota/5531391/menos-214-replicas-terremoto-78-grados-que-sacudio-ecuador>
- Enríquez, J. (2017). En busca del mejor refugio. Arquitectura de emergencia. *Actas Congreso Iberoamericano Redfundamentos*, 0(1), 595–607. Recuperado de <http://ojs.redfundamentos.com/index.php/actas/article/view/267/243>
- Esqueda, A. (2017). *Watch Ikea’s flat-pack refugee shelter unfold in minutes*. CNET. Recuperado de <https://www.cnet.com/news/ikea-flat-pack-better-shelter-refugee-beazley-design-award/>
- Escobar Copa, K. U., & Holguino Huarza, A. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(3), 289-300. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.393>
- Fairs, M. (2017). *Ten thousand IKEA refugee shelters left unused over fire fears, United Nations admits*. Dezeen. Recuperado de <https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ikea-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/>

- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2010). *Planificación de proyectos y programas Manual de orientación*. 68. Recuperado de <http://www.ifrc.org/Global/Publications/monitoring/PPP-Guidance-Manual-SP.pdf>
- Fernando, A., & Francisco, J. (2003). En torno a los desastres “naturales”: Tipología, conceptos y reflexiones. *Revista INVI*, 18(47), 15–31. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25804703>
- Fonseca, X. (1994). *Las medidas de una casa*. Editorial Pax México.
- Fracalossi, I. (2013). *Clásicos de Arquitectura: La Casa Dymaxion / Buckminster Fuller*. Plataforma Arquitectura. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-288162/clasicos-de-arquitectura-la-casa-dymaxion-buckminster-fuller>
- González, P. (2010). *EL CLIMA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN LOS ANDES TROPICALES Selva tropical Bosque de niebla Valles interandinos Páramos Glaciares*. 23.
- Guadalupe, C. (2018). *Fundación «Llena una Botella de Amor» busca ampliar estrategia de reciclaje en Ecuador*. El Universo. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/08/15/nota/6905483/casas-hechas-plastico>
- Guerra, M. R. (2013). Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. *Revista Semestral de Ingeniería e Innovación de La Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco.*, 5, 123–133. Recuperado de [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/548/1/arquitectura\\_bioclimatica.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/548/1/arquitectura_bioclimatica.pdf)
- Guerrero, A. (2020). *Trazo gráfica solar I* [Archivo de Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=SE7ECFPYZMU>
- Guerrero, A. (2020). *Trazo gráfica solar II* [Archivo de Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=rUA7Ovh65K4>
- Guerra Menjívar, M. R. (2015). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones*.
- Guillén Guillén, C. A., Muciño Vélez, A., Santa Ana Lozada, P., & Verduzco Chirino, G. (2018). Análisis de las propiedades térmicas del Arundo Donax (carrizo) y Zea Mays (caña maíz) para su uso como material aislante de cubiertas. *Academia XXII*, 9(18), 90-107. <https://doi.org/10.22201/fa.2007252xp.2018.18.67947>
- Gromicko, N., CMI, Founder, & International Association of Certified Home Inspectors [InterNACHI]. (2009). *Inspecting a Deck, Illustrated*. InterNACHI®. Recuperado de <https://www.nachi.org/deck-inspections.htm>

- Hofstede, R., Lips, J., & Jongsmá, W. (1998). *GEOGRAFÍA, ECOLOGÍA Y FORESTACIÓN DE LA SIERRA ALTA DEL ECUADOR* (Abya-Yala (ed.); 1st ed.). Recuperado de <http://www.abayayala.org>
- Hogar de Cristo. (2019). *CATÁLOGO de VIVIENDAS Co rp o ra ció n Viviendas del Hogar de Cristo*. Recuperado de [https://hogardecristo.org.ec/wp-content/uploads/catalogo\\_web2019.pdf](https://hogardecristo.org.ec/wp-content/uploads/catalogo_web2019.pdf)
- Holguino Huarza, A., Olivera Morocho, L., & Escobar Copa, K. U. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Journal of High Andean Research*, 20(2), 225–234. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572018000200007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007)
- Hurtado, J. (2000). *Pompeya y Herculano*. Arturosoria.com. Recuperado de <http://www.arturosoria.com/historia/art/pompeya.asp>
- INAMHI. (2017). *Boletín Climatológico Anual*. 31. Recuperado de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)
- INEC. (2015). *Presentación de tablas, gráficos y pruebas estadísticas*. 79–88.
- INEC. (2018a). Encuesta Anual de Edificaciones (Permisos de Construcción), 2017. *Boletín Técnico N° 01-2017-GAD Municipales*. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin\\_tecnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin_tecnico.pdf)
- INEC. (2018b). *Reporte de pobreza y desigualdad –Junio 2018*. 1–9. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2018/Junio-2018/Informe\\_pobreza\\_y\\_desigualdad-junio\\_2018.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2018/Junio-2018/Informe_pobreza_y_desigualdad-junio_2018.pdf)
- INEC. (2018c). *Veinte y siete años: tasa de natalidad disminuyó en 13,4 nacidos vivos*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/en-27-anos-tasa-de-natalidad-disminuyo-en-134-nacidos-vivos/>
- Insucons. (2020). *Análisis de precios unitarios (apus) de ítems por grupos*. Recuperado de <https://www.insucons.com/ec/analisis-precio-unitario/hh/grupos>
- Jara, E. (2016). *Vivienda de emergencia post catástrofe: principales características*. VIVE. Recuperado de <http://blog.vive1.com/vivienda-emergente-principales-caracteristicas>
- JUANMPEILTG. (2015). *Etapas de la tierra (II)*. Universo\_iltg. Recuperado de <https://universoiltg.wordpress.com/2015/11/20/etapas-de-la-tierra-ii/>
- Justo, D. (2017). *Las viviendas para refugiados de Ikea logran el premio al mejor diseño de 2016*. Cadena SER. Recuperado de [https://cadenaser.com/ser/2017/02/03/internacional/1486112312\\_885451.html](https://cadenaser.com/ser/2017/02/03/internacional/1486112312_885451.html)

- Lopez, B. R. (1985). *Desastres naturales fuerza mayor y obra del hombre?* ACADEMIA. Recuperado de [https://www.academia.edu/3317784/Desastres\\_naturales\\_fuerza\\_mayor\\_y\\_obra\\_del\\_hombre](https://www.academia.edu/3317784/Desastres_naturales_fuerza_mayor_y_obra_del_hombre)
- López De Asiain Alberich, M. (2003). Estrategias Bioclimáticas en la Arquitectura. *Universidad Autónoma de Chiapas, 1*(Diplomado internacional “Acercamiento a Criterios Arquitectónicos Ambientales para Comunidades Aisladas en Áreas Naturales Protegidas de Chiapas”), 40. Recuperado de [http://ubonline.ags.up.mx/librosdigitales/ESTRATEGIAS\\_BIOCLIMATICAS\\_EN\\_ARQUITECTURA.pdf](http://ubonline.ags.up.mx/librosdigitales/ESTRATEGIAS_BIOCLIMATICAS_EN_ARQUITECTURA.pdf)
- María Alexandra Ocles, Ricardo Peñaherrera, E. P. (2017). *Guía operacional para la gestión de alojamientos temporales en Ecuador*. Recuperado de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Guia-de-Alojamientos-Temporales.pdf>
- Marocco, R., & Winter, T. (1997). Bosquejo de la evolución geodiámica del Ecuador [Libro electrónico]. En *Los paisajes naturales del Ecuador* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1, pp. 15-52). Talleres gráficos del IGM del Ecuador. Recuperado de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers16-09/010022382.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-09/010022382.pdf)
- Marocco, R., & Winter, T. (1998). *Bosquejo de la evolución geodinámica del Ecuador. 1.*
- Martín, C., Mario, H., Molina, A., García, A., Rodríguez, S., Luis, E., Martín, M. H. C., Molina, O. A., García, M. A., & Rodríguez, L. E. S. (2004). Tableros de madera de partículas. *Ingeniería*, 8(3), 39–46.
- Martínez, J. (2018). *Estudio comparativo de tecnologías de termocompresión en evaporadores*. Recuperado de <http://bibing.us.es/>. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/71123/fichero/TFM-1123-MARTINEZ.pdf>
- Martínez, M. (2019). *MJ/kg: la unidad del futuro para medir la contaminación*. Nobbot. Recuperado de <https://www.nobbot.com/futuro/mj-kg-la-unidad-de-contaminacion/>
- Mato, F., & Toulkeridis, T. (2017). *Ecuador: un hábitat extremadamente vulnerable. October 2016*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17598.08008>
- Mercader, M. P., de Arellano, A. R., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de La Construcción*, 64(527), 401–414. <https://doi.org/10.3989/ic.10.082>

- Milne, G., & Reardon, C. (2013). *Embodied energy | YourHome*. yourhome.gov.au. Recuperado de <https://www.yourhome.gov.au/materials/embodied-energy#:~:text=Embodied%20energy%20is%20the%20energy,manufacturing%20and%20product%20delivery>.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *MAE supervisa correcto manejo de desechos a causa de terremoto – Ministerio del Ambiente y Agua*. MAE. Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-supervisa-correcto-manejo-de-desechos-a-causa-de-terremoto/>
- Monfort Ballester, L. (2015). *RICHARD BUCKMINSTER FULLER. Prototipos para la industrialización de la vivienda*.
- MundoPlast. (2019). *✓La producción mundial de plásticos creció un 3,16% en 2018 -*. Recuperado de <https://mundoplast.com/produccion-plasticos-2018/>
- Muñoz Mínguez, L. (2015). *Arquitectura de Emergencia - Prototipos Contemporáneos Efímeros. Arquitectura de Emergencia*, 184.
- Naranjo, A., & ICIPC. (2012). *Ecoeficiencia en el uso de energía en la industria de plásticos*. TECNOLOGÍA del Plástico. Recuperado de <http://www.plastico.com/temas/Ecoeficiencia-en-el-uso-de-energia-en-la-industria-de-plasticos+3089033>
- NEC. (2011). NEC-11 Eficiencia energética en la construcción en Ecuador. *Norma Ecuatoriana de La Construcción, NEC - 11*, 44. Recuperado de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energetica-en-la-construccion-en-ecuador-021412.pdf>
- NEC. (2020). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Ministerio de Desarrollo Humano y Vivienda. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Neila, J. (2014). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias. Boletín CF+ S*, (14).
- Ocampo, J. S. (2017). *Vivienda industrializada: antecedentes en el mundo y propuesta al déficit de vivienda social en Colombia. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10 (20), 79-96. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu10-20.viam>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *En tierra segura. Desastres naturales y tendencia de la tierra*. 12. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i1255b/i1255b02.pdf>
- Palomo Cano, M. (2017). *Aislantes térmicos. Universidad Politecnica De Madrid*, 65. Recuperado de [http://oa.upm.es/47071/1/TFG\\_Palomo\\_Cano\\_Marta.pdf](http://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf)
- París, O. (2012). *MATERIALES ‘SOSTENIBLES’ para la arquitectura. CLADLE to FUTURE*. Recuperado de <http://cradletofuture.blogspot.com/2012/11/materiales-sostenibles-para-la.html>

- Payá, H. (2012). La arquitectura moderna Modern architecture. [En línea].  
*Noviembre*, 29(4), 2012. Recuperado de  
<http://www.scielo.cl/pdf/rci/v29n4/art13.pdf>
- Peña, J. (2008). *Bio-arquitectura*. terraecuador.net. Recuperado de  
[http://www.terraecuador.net/revista\\_56/56\\_bioarquitectura.html](http://www.terraecuador.net/revista_56/56_bioarquitectura.html)
- Peña, M. (2018). Capítulo 8. ALBERGUE TEMPORAL. *ACADEMIA*, 75–88.  
Recuperado de  
[https://www.academia.edu/14196930/ALBERGUE\\_TEMPORAL](https://www.academia.edu/14196930/ALBERGUE_TEMPORAL)
- Pérez de Armiño, K. (1999). Vulnerabilidad y desastres: Causas estructurales y procesos de la crisis de África. *Cuadernos de Trabajo Hegoa = Lan Koadernoak = Working Papers*, 24, 1–64.
- Pérez de Armiño, K. (2005). *Diccionario de Acción Humanitaria*. hegoa. Recuperado de <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/30>
- Pérez, I., Ciencia UNAM, & DGDC. (2018). *Cinturón de Fuego, zona de sismos y volcanes*. Ciencia UNAM. Recuperado de  
<http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes>
- Pico Gorina, A. (2017). *Construir y reducir el impacto ambiental es posible!* LinkedIn.  
Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/construir-y-reducir-el-impacto-ambiental-es-posible-pico-gorina>
- Pineda, L. A. (2016). *Los cerramientos verticales de Jean Prouvé variables de intercambio con el exterior* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- Pineda, L. A. (2017). La Maison Standar de Jean Prouvé en Meudon. Edificio, fachadas y paneles verticales. In *Actas Congreso Iberoamericano redfundamentos* (No. 1, pp. 137-149).
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*.
- Pourrut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (2003). CLIMA DEL ECUADOR. 13–26. Recuperado de [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/divers2/010014827.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014827.pdf)
- Quispe, C. (2016). *ANÁLISIS DE LA ENERGÍA INCORPORADA Y EMISIONES DE CO2 APLICADO A VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Recuperado de [webs.upc.edu](https://webs.upc.edu).  
<https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/10/Quispe-Gamboa-Claudia-Nataly.pdf>
- QUITO. (2016). *Tetra Pak y Ecuaplastic se unen para cuidar el ambiente*. LÍDERES. Recuperado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/tetra-pak-ecuaplastic-unen-cuidar.html>
- Quituisaca-samaniego, L. (2016). *Numerica Apuntes 1*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4315.0969>

- Rebirth Inhabit. (2015). *VEM Project – rebirth inhabit*. Recuperado de <http://rebirthinhabitgrp.es/vem-project-2/>
- Rebirth Inhabit, USPCEU, AIRBUS DEFENCE, & SPACE. (2014). *PrProyecto VEM - Desarrollo de prototipo de Viviendas de Emergencia Militar Aerotransportable*. aposfaci. Recuperado de <https://aposfaci.com/VEM>
- Redacción, E. U. (2018). *Fundación Llena una Botella de Amor convierte los residuos en viviendas*. El Universo. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/larevista/2018/10/07/nota/6984755/fundacion-llena-botella-amor-convierte-residuos-viviendas>
- Revista Código. (2014). *5 diseños para desastres naturales*. Revista Código/ arte-arquitectura-diseño. Recuperado de <https://revistacodigo.com/sin-categoria/5-disenos-para-desastres-naturales/>
- Rincon, J. (2020). *Trazo de la gráfica solar ortogonal – CDMX* [Archivo de Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6LiOWPwzxdI>
- Rocha, E. (2011). *Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA*. Revista nodo, 6(11). Recuperado de <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/151/131>
- Rodríguez, A. F., Chicote, A. J., & Herrero, A. B. (2014). Marcel Breuer: Plas-2-Point-House. 1943. En: "critic|all. I International Conference on Architectural Design & Criticism", 12-14 junio, Madrid. ISBN 978-84-697-0424-0. 186-196. Recuperado de <http://oa.upm.es/42623/>
- Ros García, J. M., Camacho Díez, J., Casillas Gamboa, L., Gonzáles Lezcano, R., Iglesias Sanz, C. M., & Antón Barco, M. (2015). Arquitecturas de emergencia Volumen 1. Habitar en tierras extrañas en tiempos de crisis. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ros García, J. M., & Sanglier Contreras, G. (2017). Análisis del Ciclo de Vida de una Unidad Prototipo de Vivienda de Emergencia. La búsqueda del impacto nulo. *Informes de la Construcción*, 69(547), 211. <https://doi.org/10.3989/ic.16.035>
- Saffery Gubbins, J., & Baixas Figueras, J. I. (2013). Emergencia y permanencia. Un caso de investigación aplicada y prototipo. *Arq*, 84, 38–47. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962013000200006>
- Saiz, P. (2015). *La casa industrializada: seis propuestas para este milenio* (Tesis Doctoral). Recuperado de <http://oa.upm.es/40341/>
- Sánchez, A. (2016). *Aislamiento térmico*. Ángel Sánchez Inocencio. Recuperado de <https://angelsinocencio.com/aislamiento-termico/>
- Sánchez, A. (2017). *Estrategias bioclimáticas para mejorar la eficiencia energética en edificios*. Ángel Sánchez Inocencio. Recuperado de <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>

- Sandoval, F. (2013). *Evaluación de una vivienda de emergencia de la fundación Techo Ecuador usando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2013 (NEC-13), Capítulo 7, construcción con Madera y elaboración de una propuesta de mejora*. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2909>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2011). *Informe de Gestión de Riesgos 2011*. Gestión de riesgos. Recuperado de [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/m-Informe-de-gestion-2011\\_final.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/m-Informe-de-gestion-2011_final.pdf)
- SENPLADES. (2016). Evaluación de los costos de reconstrucción Sismo en Ecuador abril 2016. In *Plan V* (Vol. 45, Issue 8). Recuperado de [http://www.planv.com.ec/historias/sociedad/terremoto-ecuador-nunca-nos-miraron%0Ahttps://www.humanitarianresponse.info/fr/system/files/documents/files/evaluacion\\_costos\\_de\\_la\\_reconstruccion\\_-\\_libro\\_completo\\_1.pdf%0Ahttp://www.planificacion.gob.ec/wp-content](http://www.planv.com.ec/historias/sociedad/terremoto-ecuador-nunca-nos-miraron%0Ahttps://www.humanitarianresponse.info/fr/system/files/documents/files/evaluacion_costos_de_la_reconstruccion_-_libro_completo_1.pdf%0Ahttp://www.planificacion.gob.ec/wp-content)
- Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). Capítulo 12: sistemas especiales de control ambiental. *Arquitectura y energía natural*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (2004). *Arquitectura y energía natural* (Vol. 17). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- Shigeru Ban. (2007). *Shigeru Ban: analysis Paper Log Houses*. Flickr. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/nachetz/6075942304/in/photostream/>
- Soediono, B. (1989). Movilidad urbana y medio ambiente. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 160. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sorgato, V. (2016). *El reciclaje trae una nueva 'madera'*. Revistalideres.com. Recuperado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/reciclaje-madera-empresas-ecuaplastic.html>
- Talò, P. (2020). *Un día como hoy: 79 d.C. - El volcán Vesubio entra en erupción, arrasando las ciudades romanas de Pompeya, Herculano y Estabia*. Periódico El Sol COLOMBIA. Recuperado de <https://elsolweb.tv/el-volcan-vesubio-entra-en-erupcion-arrasando-las-ciudades-romanas-de-pompeya/>
- Tomasi, J., & Bellmann, L. (2019). Adobe. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/estructuras/article/download/24740/24005/72249>
- Ugarte, J. (1999). Guía de arquitectura bioclimática. *San José de Costa Rica*.
- Ugarte, J. (2007). Guía bioclimática construir con el clima. *Instituto de Arquitectura Tropical*.
- UNISDR. (2014). *REFUGIO- Introducción a la Recuperación de Viviendas*.
- UnitJuggler. (2020). *Convertir kilowatt hours en megajoules - energía convertidor*. Recuperado de <https://www.unitjuggler.com/energy-convertir-kWh-a-MJ.html>

- Van Lengen, J. (1991). *Cantos del arquitecto descalzo*.
- Varela, A., & Ron, S. (2020). *Geografía y Clima del Ecuador*. bioweb.bio. Recuperado de <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>
- Vargas, R. (2008). Pérdidas por desastres de impacto extremo, grande y menor en Ecuador, 1970 – 2007. *Caprade*, 2, 1–16. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/r2/osso/Cons025-2006-CorporacionOSSO-Articulo-Ecuador.pdf>
- Velázquez, M. (2015). *Materiales aislantes sostenibles*. Recuperado de [http://dehesa.unex.es/static/flexpaper/template.html?path=/bitstream/handle/10662/4159/TFGUEX\\_2015\\_Velazquez\\_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=12](http://dehesa.unex.es/static/flexpaper/template.html?path=/bitstream/handle/10662/4159/TFGUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=12)
- Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). *Nuestra Huella Ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la tierra*. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=ljpRXhe5pygC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchí, A. (2010). Sustainability in industrialised architecture: Closing the materials cycle. *Informes de La Construcción*, 62(517), 37–51. <https://doi.org/10.3989/ic.09.067>
- Wadel, G. (2009). Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón: un aporte a la construcción sostenible. *De Arquitectura*, 0(20), 28-31. <https://doi.org/10.5354/0716-8772.2009.27962>
- Weather Spark. (2020). *El clima promedio en Ambato*. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Ambato%2C%20los%20veranos%20son,m%C3%A1s%20de%2023%20%C2%B0C>.
- Yamasaki, Á. M. (2011). Sostenibilidad y ecoeficiencia en arquitectura. *Ingeniería Industrial*, 29, 125–152. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495007>
- Yepez, D. (2012). Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable. *Master Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y Técnicas de Control Medio Ambiental*, 65. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/829/1/T-SENESCYT-0372.pdf>
- Yuste, P. S. (2014). *La inercia térmica en la construcción de edificios eficientes*. CERTIFICADOS ENERGÉTICOS. Recuperado de <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>

Para este apartado del trabajo de titulación se describe el análisis de precios unitarios de cada rubro a desarrollarse (descritos anteriormente en el análisis de presupuesto) que se requiere para configurar la propuesta de vivienda de estudio, en cada APU de los respectivos rubros se estima un rendimiento (R) aproximado con una cuadrilla de dos personas sin la necesidad de mano de obra calificada, puesto que todos los elementos son prefabricados y de fácil montaje. Al final de este análisis en función de los rendimientos (R) estimado se establece el tiempo necesario para configurar toda la vivienda de la propuesta de estudio.

## 9.1. Análisis de precios unitarios (APU)

**Tabla 9.1.** APU de cimentación

<b>Ítem:</b>	001
<b>Descripción:</b>	Cimentación
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo		Total
Piedra del sitio	1	Unidad	0		<b>0</b>
Tablón de pino 150x40x3900	2	m	1,5		<b>3</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>3</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Persona natural	1	hora	0	0,07	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,07	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>3,00</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>0,6</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>3,60</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>3,60</b>

Para este rubro se tiene un total de 53.58 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 3.75 horas.

**Tabla 9.2:** APU de piso de TETRA PAK 2.44 x 1.22 m e=1cm (Incluye entramado de madera de pino)

<b>Ítem:</b>	002
<b>Descripción:</b>	Piso de TETRA PAK 2.44 x 1.22 m e=1cm (Incluye entramado de madera de pino)
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Herramienta Menor			5 % mano de obra		0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo		Total
Tablero tetrapak e=5mm	0,35	U	24,78		<b>8,673</b>
Tabla de pino 20x200x400mm	0,8	m	0,7		<b>0,56</b>
Madera de plástico reciclado	0,1	m	11		<b>1,1</b>
Tabla de pino 20x200x3960mm	3,5	m	1,5		<b>5,25</b>
Clavos	0,5	kg	1,03		<b>0,515</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>16,098</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Persona natural	1	hora	0	0,1	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,1	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	16,10
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>	3,2196
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	19,32
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>19,32</b>

Para este rubro se tiene un total de 53,58 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 5.35 horas.

**Tabla 9.3:** APU de Muro de carrizo Ø=2cm, suministro e instalación

<b>Ítem:</b>	003
<b>Descripción:</b>	Muro de carrizo Ø=2cm, suministro e instalación
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Clavos	0,5	kg	1,03		<b>0,515</b>
carrizo con diámetro 2cm	33,33	m	1		<b>33,33</b>
Cuartón pino 8x4	2,8	m	0,72		<b>2,016</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>35,861</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Persona natural	1	hora	0	0,15	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,15	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>35,86</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>7,1722</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>43,03</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>43,03</b>

Para este rubro se tiene un total de 17,28 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 2,59 horas.

**Tabla 9.4:** APU de mampostería con panel sándwich polialuminio+triplex e= 9cm, suministro e instalación

<b>Ítem:</b>	004
<b>Descripción:</b>	Mampostería con panel sándwich polialuminio+triplex e= 9cm, suministro e instalación
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Herramienta Menor			5 % mano de obra		0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>

<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Clavos	0,25	kg	1,03		<b>0,2575</b>
Cuartón de pino 8x4	5,4	m	0,72		<b>3,888</b>
Tablero polialuminio 2.44x1.22m e=5mm	0,34	Unidad	24,78		<b>8,4252</b>
Triplex 2.44x1.22 e=5cm	0,34	Unidad	14,77		<b>5,0218</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>17,5925</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	17,59
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>	3,5185
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	21,11
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>21,11</b>

Para este rubro se tiene un total de 17,57 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 3,51 horas.

**Tabla 9.5:** APU de mampostería con panel sándwich triplex+triplex e=9cm, suministro e instalación

<b>Ítem:</b>	005	
<b>Descripción:</b>	Mampostería con panel sándwich triplex+triplex e=9cm, suministro e instalación	
<b>Unidad:</b>	m2	

<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Clavos	0,25	kg	1,03		<b>0,2575</b>
Cuartón pino 8x4	5,4	m	0,72		<b>3,888</b>
Triplex 2.44x1.22 e=5.2cm	0,34	Unidad	14,77		<b>5,0218</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>9,1673</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>9,17</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>1,83346</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>11,00</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>11,00</b>

Para este rubro se tiene un total de 3,84 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 0,76 horas.

Tabla 9.6: APU de ventana de madera

Ítem: 006

Descripción: Ventana de madera, suministro e instalación

Unidad: unidad

<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo		Total
Clavos	0,5	kg	1,03		<b>0,515</b>
Cuartón de pino 8x4	5,84	m	0,72		<b>4,2048</b>
Listón de pino 20x20mm	4,28	m	0,5		<b>2,14</b>
Bisagra acero inoxidable 44x32x0.8mm	2	Unidad	0,06		<b>0,12</b>
Picaporte comun con tornillos	1	Unidad	1,28		<b>1,28</b>
Tablon de pino	5,84	m	3,34		<b>19,5056</b>
Vidrio 4mm	1,2	m2	7		<b>8,4</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>36,1654</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Rendim.	Total
Persona natural	1	hora	0	0,25	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,25	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>36,17</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>7,23308</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>43,40</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>43,40</b>

Para este rubro se tiene un total de 6 ventanas, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 2,88 horas.

**Tabla 9.7:** APU de puerta tamborada sin lacar 0.80m suministro e instalación

<b>Ítem:</b>	007
<b>Descripción:</b>	Puerta tamborada sin lacar 0.80m suministro e instalación
<b>Unidad:</b>	Unidad

<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Clavos	0,25	kg	1,03		<b>0,2575</b>
Puerta tamborada	1	Unidad	70		<b>70</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>70,2575</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Persona natural	1	hora	0	0,30	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,30	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>70,26</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>14,0515</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>84,31</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>84,31</b>

Para este rubro se tiene un total de 2 puertas, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 1 hora.

**Tabla 9.8:** APU de entechado poli-aluminio tipo plana e=5mm (incluye estructura de madera con tablón de pino)

<b>Ítem:</b>	008
<b>Descripción:</b>	Entechado poli-aluminio tipo plana e=5mm (incluye estructura de madera con tablón de pino)
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor			5 % mano de obra		0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Polialuminio tipo plana e=5mm	0,35	U	24,78		<b>8,673</b>
Chova Alumband 1m ancho, Lamina asfáltica autoadhesiva proteccion metalica	0,1	m2	9,32		<b>0,932</b>
Tornillo auto perforante 14x2".	2	u	0,16		<b>0,32</b>
Tablon de pino 150x40x3900 mm	3	m	1,1		<b>3,3</b>
Tabla de pino 20x100x3960mm	0,48	m	0,7		<b>0,336</b>
Clavos	0,5	kg	1,03		<b>0,515</b>
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>14,076</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Persona natural	1	hora	0	0,10	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,10	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	14,08
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>	2,8152
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	16,89
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>16,89</b>

Para este rubro se tiene un total de 53,58 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 5.35 horas.

**Tabla 9.9:** APU de muro de adobe e=20cm

<b>Ítem:</b>	009
<b>Descripción:</b>	Muro de adobe e=20cm
<b>Unidad:</b>	m2

<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Herramienta Menor		5 % mano de obra			0,00
<b>Subtotal de Equipo:</b>					<b>0,00</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>		<b>Total</b>
Adobe 400x200x100mm	50	Unidad	0,1		5
Tierra clasificada	0,06	m3	3		
<b>Subtotal de Materiales:</b>					<b>5</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendim.</b>	<b>Total</b>
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
Persona natural	1	hora	0	0,20	0,00
<b>Subtotal de Mano de Obra:</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>5,00</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20.00%</b>					<b>1</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>6,00</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>6,00</b>

Para este rubro se tiene un total de 15,36 m<sup>2</sup>, entonces con el rendimiento (R) estimado en el análisis de precios unitarios para este rubro se determina un tiempo total de ejecución de 3,07 horas.

## 8.2. Resultados del tiempo necesario para configurar la vivienda emergente de la propuesta de estudio

De acuerdo a los rendimientos estimados en el análisis de precios unitarios de cada rubro predispuesto se obtiene los siguientes resultados (ver tabla 9. 10).

Tabla 9.10: TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCIÓN PARA CADA RUBRO.

Ítem	DESCRIPCIÓN	U	CANT.	R	HORAS
1	Cimentación	m2	53.58	0.07	3.75
2	Piso de TETRA PAK 2.44 x 1.22 m e=1cm, (incluye estructura de pino)	m2	53.58	0,1	5.35
3	Muro con carrizo Ø=2cm	m2	17.28	0,15	2.59
4	Mamposteria con panel sándwich poli-aluminio+triplex e= 9cm, suministro e instalación	m2	34.66	0,2	3.51
5	Mamposteria con panel sándwich triplex+triplex e=9cm, suministro e instalación	m2	3.84	0,2	0.77
6	Ventana de madera, suministro e instalación	U	6	0,25	2.88
7	Puerta tamborada sin lacar 0.80m suministro e instalación	U	2	0,3	1
8	Entechado polialuminio tipo plana e=5mm, incluye estructura con tablon-nes de madera de pino)	m2	53.58	0,1	5.35
9	Muro de adobe e=20cm	m2	15.36	0,2	3.07
				<b>TIEMPO TOTAL NECESARIO EN HORAS</b>	<b>28.27</b>

Nota: En la tabla se muestra el tiempo de ejecución de cada rubro, este tiempo se obtuvo de los rendimientos estimados en el análisis de cada APU predispuesto anteriormente. Los rendimientos fueron tomados como referentes de Insucons.

Según el análisis realizado en la tabla 9.10 se requiere un total de 3.5 días trabajando 8 horas diarias con una cuadrilla de 2 personas. En el caso que la cuadrilla de personas se duplique será posible configurar la vivienda de la propuesta de estudio en 1.75 días.



Yo, **Santiago Sebastian Lituma Saetama** portador de la cédula de ciudadanía N° **1401012263**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Sostenibilidad en la vivienda emergente, una propuesta para la región Andina, caso Ecuador”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **29 de abril de 2021**

F: .....

**Santiago Sebastian Lituma Saetama**

**C.I. 1401012263**