

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

“PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL BASADO EN LA ARQUITECTURA CIRCULAR ADAPTABLE A LAS ZONAS CLIMÁTICAS DEL ECUADOR 1 Y 3”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

Autoras:

Michelle Doménica Montalván Astudillo

Jessica Anabel Moreno Romero

Director:

José Hernán Sánchez Castillo

ORCID:  0000-0002-7581-9374

Cuenca, Ecuador

2023-06-26

“PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL BASADO EN LA ARQUITECTURA CIRCULAR ADAPTABLE A LAS ZONAS CLIMÁTICAS DEL ECUADOR 1 Y 3”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto



Autoras:
Michelle Doménica Montalván Astudillo
Jessica Anabel Moreno Romero

“Es preciso conocer al máximo los problemas de nuestro tiempo, pero también las necesidades esenciales del hombre, que no han cambiado, pues el hombre es nuestra principal unidad de medida”

Arq. José Antonio Coderch

Resumen

El mundo enfrenta una crisis ambiental de gran preocupación en su mayoría producida por la forma de consumo, siendo la industria constructora el sector más contaminante, la responsabilidad recae sobre la arquitectura como principal actor para fomentar el cambio.

En el Ecuador, al ser las viviendas de interés social las construcciones más relevantes debido a que son destinadas al sector más vulnerable de la población, se vuelven el escenario idóneo para el estudio de nuevas posturas que ayuden a crear propuestas más amigables con el usuario y adaptables al sitio de contexto.

El presente trabajo de titulación busca una nueva visión de cómo construir vivienda social, cumpliendo con los criterios de arquitectura circular. Adquiriendo en el proceso conocimientos sobre vivienda social y evolutiva, determinantes de la arquitectura circular, materiales y casos de estudio. Para que en base a este sustento teórico, se desarrolle un anteproyecto de vivienda social basado en los principios de la arquitectura circular, considerando las particularidades de las zonas 1 y 3 de acuerdo a la NEC.

Palabras clave: arquitectura circular, vivienda social, materiales, evolución, adaptación.

Abstract

The world faces an environmental crisis of great concern, mostly caused by the way of consumption, with the construction industry being the most polluting sector, the responsibility falls on architecture as the main actor to promote change.

In Ecuador, since social housing is the most relevant construction because it is intended for the most vulnerable sector of the population, it becomes the ideal scenario for the study of new positions that help create more user-friendly proposals and adaptable to the context site.

This investigation work seeks a new vision of how to build social housing, complying with the criteria of circular architecture. Acquiring in the process knowledge about social and evolutionary housing, determinants of circular architecture, materials and case studies. Based on this theoretical support, it is developed a preliminary project for social housing based on the principles of circular architecture, considering the particularities of zones 1 and 3 according to the NEC.

Keywords: circular architecture, social housing, materials, evolution, adapting.

Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Agradecimientos.....	12
Dedicatorias.....	13
Problemática.....	14
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	16
Introducción.....	17
Metodología.....	18

Capítulo I: Marco teórico.....21

1.1 Antecedentes.....	22
1.2 Arquitectura circular.....	24
1.2.1 Características y determinantes de la Arquitectura Circular.....	26
1.2.2 Proyección de la Arquitectura Circular.....	28
1.3 Vivienda social.....	29
1.3.1 Aproximación a la situación de la vivienda social en el contexto internacional.....	30
1.3.2 Diagnostico del estado actual de la vivienda social en el Ecuador.....	32
1.3.3 Prioridades de una vivienda social.....	34
1.3.4 Vivienda social evolutiva.....	34

Capítulo II: Casos de Estudio35

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional.....	37
2.1.1 Circular Building - Arup Associates.....	37
2.1.2 PFC_01 - Francisco Magnone.....	41
2.1.3 Casa Color Caribe - Juan Mario Pradilla Duarte.....	46
2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional.....	51
2.2.1 Refugio Huaira - Diana Salvador, Javier Mera Luna.....	51
2.2.2 Proyecto Chacras - Natura Futura Arquitectura.....	54
2.3 Conclusiones de Casos de Estudio.....	58
2.4 Estudio de materiales.....	59

Capítulo III: Análisis del sitio de emplazamiento.65

3.1 Análisis de las características de los sitios de emplazamiento de la vivienda social.....	67
3.2.1 Análisis de características físicas y climáticas de la zona 1 del Ecuador.....	69
3.2.2 Análisis de características físicas y climáticas de la zona 3 del Ecuador.....	69
3.2 Análisis de materiales de construcción.....	70
3.2.1 Metodología multicriterio.....	70
3.2.2 Metodología AHP.....	72
3.2.3 Metodología criterio de expertos.....	73

3.3 Materiales de construcción de la zona 1 del Ecuador.....	75
3.4 Materiales de construcción de la zona 3 del Ecuador.....	76
3.5 Conclusiones.....	77

Capítulo IV: Diseño de prototipo de vivienda social79

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto.....	80
4.1.1 Proyecto base.....	80
4.1.2 Programa arquitectónico del prototipo.....	83
4.1.3 Elección del sistema constructivo circular.....	85
4.2 Análisis de desempeño del modelo.....	92
4.2.1 Análisis de iluminación.....	93
4.2.2 Análisis de confort y habitabilidad.....	96
4.2.3 Análisis de emisiones de CO2.....	98
4.3 Anteproyecto del prototipo.....	99
4.3.1 Análisis del sitio de emplazamiento.....	99
4.3.2 Plantas.....	101
4.3.3 Prototipo Zona climatica 1.....	112
4.3.3.1 Elevaciones.....	114
4.3.3.2 Secciones.....	115
4.3.4 Prototipo Zona climatica 3.....	116
4.3.4.1 Elevaciones.....	118
4.3.4.2 Secciones.....	119
4.3.5 Detalles.....	120
4.3.6 Presupuesto.....	124
4.3.7 Cronograma.....	125

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....129

Referencias bibliográficas.....135

Índice de figuras

Fig. 1	Interrelación dentro de la matriz AHP, propio	19	Fig. 30	Elevación frontal - PFC_01, redibujo propio	44
Fig. 2	Metodología resumida, propio	20	Fig. 31	Sala - PFC_01, Argentina	45
Fig. 3	Modelo de gestión basado en la Economía Lineal, propio	22	Fig. 32	Axonometría Casa Color Caribe	46
Fig. 4	Modelo de gestión basado en la Economía Circular, propio	23	Fig. 33	Formas de expansión - Casa Color Caribe	47
Fig. 5	Fases de actuación según Conama, propio	24	Fig. 34	Planta baja - Casa Color Caribe, redibujo propio	48
Fig. 6	Metabolismos de la arquitectura circular, propio	25	Fig. 35	Planta alta - Casa Color Caribe, redibujo propio	48
Fig. 7	Fases de análisis en la construcción, propio	26	Fig. 36	Elevación Frontal - Casa Color Caribe, redibujo propio	48
Fig. 8	Parque Lineal en ciudad de México, Estudio MMX, México	26	Fig. 37	Corte Longitudinal - Casa Color Caribe, redibujo propio	48
Fig. 9	Construcción modular, Francisco Magnone, Uruguay	27	Fig. 38	Casa Color Caribe, Colombia	49
Fig. 10	Jardín Europeo Network, Kölner Stadt-Anzeiger, Alemania	28	Fig. 39	Proyecto Huira, Ecuador	50
Fig. 11	Vivienda social progresiva Quinta Monroy, Iquique Chile	29	Fig. 40	Balcón - Proyecto Huira, Ecuador	51
Fig. 12	ODS para el año 2030, ONU HABITAT	30	Fig. 41	Planta baja - Huira, redibujo propio	52
Fig. 13	Vivienda social en Bogotá, Colombia	31	Fig. 42	Planta alta - Huira, redibujo propio	52
Fig. 14	Vivienda social, Ecuador	32	Fig. 43	Corte longitudinal - Huira, redibujo propio	52
Fig. 15	Propuesta de vivienda social del Gobierno del Encuentro, Ecuador	34	Fig. 44	Elevación posterior - Huira, redibujo propio	52
Fig. 16	Criterios expuestos por la fundación Ellen MacArthur	36	Fig. 45	Fachada - Proyecto Huira, Ecuador	53
Fig. 17	Exterior del proyecto Circular Building, Inglaterra	37	Fig. 46	Construcción del proyecto Chacras, El Oro - Ecuador	54
Fig. 18	Interior del proyecto Circular Building, Inglaterra	38	Fig. 47	Interior del proyecto Chacras, El Oro - Ecuador	55
Fig. 19	Planta - Circular Building, redibujo propio	39	Fig. 48	Planta - Chacras, redibujo propio	56
Fig. 20	Elevación lateral izquierda - Circular Building, redibujo propio	39	Fig. 49	Elevación frontal - Chacras, redibujo propio	56
Fig. 21	Elevación frontal - Circular Building, redibujo propio	39	Fig. 50	Elevación lateral - Chacras, redibujo propio	56
Fig. 22	Oficina del proyecto Circular Building, Inglaterra	40	Fig. 51	Plataforma Exterior - Proyecto Chacras, El Oro - Ecuador	57
Fig. 23	Fachada Frontal del proyecto PFC_01, Argentina	41	Fig. 52	Resumen de casos de estudio, propio	58
Fig. 24	Elevación lateral izquierda - PFC_01, redibujo propio	42	Fig. 53	Textura de caña guadua	59
Fig. 25	Terraza - proyecto PFC_01, Argentina	42	Fig. 54	Textura de madera	59
Fig. 26	Planta baja - PFC_01, redibujo propio	43	Fig. 55	Textura de piedra	60
Fig. 27	Planta alta - PFC_01, redibujo propio	43	Fig. 56	Textura de teja	60
Fig. 28	2 Planta alta - PFC_01, redibujo propio	44	Fig. 57	Textura de tierra	60
Fig. 29	3 Planta alta - PFC_01, redibujo propio	44	Fig. 58	Textura de acero	61

Índice de figuras

Fig. 59	Textura de bloque	61	Fig. 88	Diagramas de luxes en El Oro (Zona 1)	94
Fig. 60	Textura de fibrocemento	61	Fig. 89	Axonometría del prototipo ubicado en Azuay (Zona 3)	95
Fig. 61	Textura de hormigón	62	Fig. 90	Diagramas de luxes en Azuay (Zona 3)	95
Fig. 62	Textura de ladrillo	62	Fig. 91	Circulación de aire interior del prototipo zona 1	96
Fig. 63	Textura de zinc	62	Fig. 92	Temperaturas obtenidas en El Oro, Zona 1, propio	96
Fig. 64	Textura de láminas de tetrapak	63	Fig. 93	Circulación de aire interior del prototipo zona 3	97
Fig. 65	Textura de tablero aglomerado	63	Fig. 94	Temperaturas obtenidas en Azuay, Zona 3, propio	97
Fig. 66	Textura de tablero contrachapado	63	Fig. 95	Tipos de emplazamiento según distintas pendientes	99
Fig. 67	Zonas climáticas del Ecuador, NEC-HS-EE	66	Fig. 96	Perspectiva exterior prototipo zona 1, propio	100
Fig. 68	Provincias de estudio, propio	67	Fig. 97	Planta de cimentación	101
Fig. 69	Arquitectura Bioclimática, IDAC	68	Fig. 98	Perspectiva exterior prototipo zona 3, propio	102
Fig. 70	Zonas climáticas 1 y 3 del Ecuador, propio	69	Fig. 99	Planta de tipología de muros	103
Fig. 71	Materiales en la construcción	70	Fig. 100	Planta de tipología de pisos	104
Fig. 72	Resultados de valoración de materiales, propio	78	Fig. 101	Perspectiva interior (sala-comedor-cocina) prototipo zona 1, propio	105
Fig. 73	Diseño de VIS propuesto por el gobierno de Lenin Moreno	80	Fig. 102	Perspectiva interior (comedor-sala) prototipo zona 3, propio	106
Fig. 74	Diseño de vivienda de interés social tipología 1D, MIDUVI	81	Fig. 103	Planta de cubierta	107
Fig. 75	Planta tipo de vivienda tipología 1D, Ecuador Estratégico	82	Fig. 104	Perspectiva interior (baño) prototipo zona 1, propio	108
Fig. 76	Clasificación de ambientes, Tipología 1D	83	Fig. 105	Bornera plástica de 20A	109
Fig. 77	Organigrama de relaciones de ambientes, Tipología 1D	83	Fig. 106	Planta Instalaciones Eléctricas	109
Fig. 78	Alternativas de expansión, propio	84	Fig. 107	Axonometría de instalaciones eléctricas	109
Fig. 79	Sistema constructivo de gaviones reforzados, propio	86	Fig. 108	Axonometría de bornera eléctrica, detalle E-1	109
Fig. 80	Sistema constructivo de vigas macizas de madera, propio	87	Fig. 109	Axonometría de agua potable fría y caliente (detalle S-1)	110
Fig. 81	Sistema constructivo de vigas I-Joist, propio	88	Fig. 110	Planta de instalaciones sanitarias	110
Fig. 82	Sistema constructivo de cerchas, propio	89	Fig. 111	Axonometría de aguas servidas (detalle S-2), propio	110
Fig. 83	Sistema constructivo wood frame con caña, propio	91	Fig. 112	Axonometría de desagüe de lavamanos (detalle S-3)	110
Fig. 84	Sistema constructivo wood frame con OSB, propio	91	Fig. 113	Axonometría de bajante de agua lluvia (detalle S-4)	110
Fig. 85	Emplazamiento	92	Fig. 114	Perspectiva interior (dormitorio) prototipo zona 3, propio	111
Fig. 86	Soleamientos a 3 horas del día, propio	93	Fig. 115	Planta Arquitectónica (ZC1)	112
Fig. 87	Axonometría del prototipo ubicado en El Oro (Zona 1)	94	Fig. 116	Planta en perspectiva (ZC1)	113

Índice de figuras

Fig. 117 Elevación Frontal (ZC1).....	114
Fig. 118 Elevación Lateral Derecha (ZC1).....	114
Fig. 119 Perspectiva interior (cocina) prototipo zona 1, propio.....	114
Fig. 120 Sección A-A (ZC1).....	115
Fig. 121 Sección B-B (ZC1).....	115
Fig. 122 Planta Arquitectónica (ZC3).....	116
Fig. 123 Planta en perspectiva (ZC3), propio.....	117
Fig. 124 Elevación Frontal (ZC3).....	118
Fig. 125 Elevación Lateral Derecha (ZC3).....	118
Fig. 126 Perspectiva interior (cocina) prototipo zona 3, propio.....	118
Fig. 127 Sección A-A (ZC3).....	119
Fig. 128 Sección B-B (ZC3).....	119
Fig. 129 Sección Constructiva (ZC1).....	120
Fig. 130 Sección Constructiva (ZC3).....	121
Fig. 131 Axonometría de cimentación.....	122
Fig. 132 Axonometría de vigas y piso.....	122
Fig. 133 Axonometría de escalera.....	122
Fig. 134 Axonometría de muro sólido (ZC1).....	123
Fig. 135 Axonometría de muro sólido (ZC3).....	123
Fig. 136 Axonometría de cercha para cubierta.....	123
Fig. 137 Etapas de construcción.....	126
Fig. 138 Render Sección Z1 y Z3.....	128

Índice de tablas

Tab. 1 Áreas mínimas de lote tipo 1 - 2, Gobierno de Colombia.....	31	Tab. 25 Especificaciones de estructura de vertical para Zona 3.....	91
Tab. 2 Principales impactos ambientales que se generan en la fase de construcción.....	33	Tab. 26 Análisis Lumínico en El Oro (Zona 1).....	94
Tab. 3 Zonificación climática, NEC-HS-EE.....	66	Tab. 27 Análisis Lumínico en Azuay (Zona 3).....	95
Tab. 4 Escala Fundamental de Saaty.....	72	Tab. 28 Análisis de temperatura en El Oro (Zona 1).....	96
Tab. 5 Matriz de comparaciones pareadas.....	72	Tab. 29 Análisis de temperatura en Azuay (Zona 3).....	97
Tab. 6 Matriz normalizada.....	72	Tab. 30 Análisis de emisiones carbón embebido.....	98
Tab. 7 Promedios de la matriz de comparación.....	72	Tab. 31 Análisis de emisiones de CO2 equivalente.....	98
Tab. 8 Índice de consistencia.....	72	Tab. 32 Simbología Eléctrica.....	109
Tab. 9 Tabla de consistencia.....	72	Tab. 33 Simbología Sanitaria.....	110
Tab. 10 Peso de Criterios.....	73	Tab. 34 Presupuesto.....	124
Tab. 11 Pesos de macro criterios.....	73	Tab. 35 Cronograma de construcción.....	125
Tab. 12 Peso de Subcriterios.....	73	Tab. 36 Clasificación de materiales.....	127
Tab. 13 Resumen de pesos para cada criterio.....	73		
Tab. 14 Margen de error de acuerdo al número de expertos encuestados.....	73		
Tab. 15 Puntuación de materiales para la construcción en clima cálido.....	75		
Tab. 16 Puntuación de materiales para la construcción en clima frío.....	76		
Tab. 17 Resumen de los mejores materiales según su aplicación.....	77		
Tab. 18 Características de implantación de la tipología 1D.....	82		
Tab. 19 Áreas por habitaciones en la tipología 1D.....	82		
Tab. 20 Especificaciones de cimentación.....	86		
Tab. 21 Especificaciones de vigas principales.....	87		
Tab. 22 Especificaciones de vigas secundarias.....	88		
Tab. 23 Especificaciones de estructura de cubierta.....	89		
Tab. 24 Especificaciones de estructura de vertical para Zona 1.....	90		

Agradecimiento

Michelle y Jessica

Agradecemos al Arq. Hernán Sánchez, director de esta tesis, por guiarnos e impulsarnos en cada paso de este proyecto.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos en la realización de las encuestas, y a los docentes que nos asesoraron y ayudaron a despejar las dudas que se presentaron durante el trabajo de investigación.

Dedicatoria

Michelle

A Dios, a mi padre Marco Montalván que es mi inspiración en todos los aspectos y que me cuida desde el cielo, a mi madre Sonia Astudillo por su gran fortaleza e infinito amor, a mis hermanos David y Joseline que son mi apoyo y mi alegría, a mis hijos de 4 patas por darme paz y compañía.

A mis tíos, primos y abuelos que me alientan a seguir adelante. A mis seres queridos que partieron y siempre creyeron en mí.

Y a aquellos docentes que además de enseñarme sobre la arquitectura me enseñaron valores. Por todos ustedes puedo cumplir una meta mas y llegar mas lejos.

Jessica

Esta tesis la dedico a mi familia.

A mis padres María y Alejandro quienes con su amor, comprensión y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, por confiar y creer en mí y en mis expectativas, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por todas sus enseñanzas, por darme tanto sin pedir nada a cambio.

A Pato y mi hijo Dany, pilares fundamentales en mi crecimiento como persona, por ser apoyos incondicionales y acompañarme durante toda esta etapa, por su paciencia en los momentos difíciles y por siempre impulsarme a continuar con las mejores energías.

A mi hermana, abuelitos, tíos y primos por sus consejos, palabras de aliento y por acompañarme en todos mis sueños y metas.

Problemática

El déficit de vivienda es un problema grave en los países en vías de desarrollo, por lo que una alternativa es la búsqueda de vivienda para todas las personas sin importar su condición económica. La vivienda de interés social es aquella que está dirigida a las personas menos favorecidas de un país.

En el campo de la arquitectura, la implementación y ejecución de proyectos para la construcción de viviendas de interés social ha abierto un debate que reclama una profunda revisión de los tipos y estructuras residenciales que se ofrecen en el mercado inmobiliario (Pintado, 2015). Debido a la escasez y mala ejecución de esta.

En el Ecuador los organismos encargados de proyectos de vivienda, establecieron lineamientos como el área mínima o el costo máximo de la vivienda. Con el fin de que las personas que tengan acceso a estas puedan tener condiciones dignas para vivir, pero, a pesar de las acciones realizadas por el Gobierno Nacional para solucionar el problema del hábitat precario en el país, todavía hay aspectos que no han sido suficientemente considerados en los proyectos de vivienda social, como son las características y necesidades de la población a servir, que se relaciona con el tema de la habitabilidad integral (Ricaurte y Hechavarría, 2017). Este aspecto es

muy importante debido a que cuando el estado realiza proyectos de vivienda de interés social, se diseña un modelo y se lo aplica a todas las regiones del país sin acoplarlo a las condiciones físicas y ambientales de cada lugar.

De igual forma no se buscan soluciones con nuevas tecnologías o estrategias innovadoras para garantizar un mejor confort por un precio accesible, un ejemplo es la imposibilidad de ampliaciones en el futuro. En los casos donde no se prevé este crecimiento, los resultados han sido negativos ya que muchas veces sus habitantes realizan extensiones que no respetan normas de calidad ni seguridad, afectando así a los ocupantes y al entorno. (Ugalde, 2014).

La huella ecológica que se produce en los sitios donde se emplazan estos proyectos de vivienda también es un determinante a considerar.

Hoy en día, el Ecuador y el mundo se basan en un modelo que obedece los principios de una economía lineal como la extracción de materia prima, la producción y el consumo, terminando cuando el usuario desecha lo que no necesita, lo que hace que solo funcione en una dirección (Climent, 2017).

Esto se refleja en el sistema de construcción actual donde se diseñan proyectos inalterables

que, no son adaptables para las etapas que el usuario podría enfrentar en su vida y que luego de cumplir vida útil se convertirán simplemente en residuos. Para abastecer este sistema se realizan acciones irresponsables, como la sobreexplotación de recursos que compromete su disponibilidad para su posterior uso, afectando así a la seguridad de la sociedad y al equilibrio del medio ambiente (Espaliat, 2017).

Para reducir los efectos del sistema de economía lineal, se deben analizar todas las etapas del proyecto especialmente la primera etapa de diseño, Garzón (2010) menciona que la arquitectura sostenible concibe el diseño, gestión, y ejecución de un 'hecho arquitectónico' a través del aprovechamiento racional de los recursos naturales y culturales del lugar y busca minimizar sus impactos (Garzon 2010, p.11, como se citó en Cornejo, 2016).

El cambiar el sistema lineal y rígido no solo es responsabilidad del arquitecto encargado, sino también del usuario, tanto como en su disposición y confianza a la utilización de sistemas constructivos no convencionales y/o vernáculos, como en su criterio sobre el ciclo de vida que tendrá el edificio y el tratamiento y los efectos que se darán luego de su demolición.

Hipótesis

El mundo se enfrenta a un problema ambiental muy grave ocasionado por nuestra forma de consumo, asimismo el déficit de vivienda es preocupante en países en vías de desarrollo como el Ecuador, los proyectos de vivienda a personas con recursos limitados carecen constructivamente y no garantizan el confort y el bienestar de sus ocupantes ni ahora ni en un futuro. Se considera que la solución recae en la economía circular.

Este modelo permite diseñar viviendas eficientes, adaptables, económicas y accesibles. Debido a que el Ecuador presenta diferentes pisos climáticos, el uso de este modelo permite desarrollar una estructura desarmable, lo que facilita su adaptación a diferentes climas, y soluciona los problemas en la vivienda social causados por los actuales sistemas de construcción.

Además se debe pensar en diseños de vivienda que respondan a las nuevas necesidades de la sociedad actual, los nuevos núcleos familiares propician nuevos programas arquitectónicos que responden a estilos de vida cambiantes. Así, nuevos espacios se generan o ganan más importancia como puede ser la cocina, el baño, la oficina, entre otros (Ugalde, 2014).

Ahora más que nunca el impacto ambiental es visible y preocupante. La repercusión de los daños provocados por la explotación indiscriminada de recursos no renovables, altera los hábitat naturales de flora y fauna, genera efectos de tipo invernadero, contamina fuentes naturales, afectando así el futuro de las próximas generaciones.

Por lo que resulta imperativo buscar nuevos mecanismos de construcción que nos ayuden a mitigar los problemas causados por el sistema lineal y el diseño deficiente de vivienda social a nivel del país.

La economía circular es una alternativa de producción y consumo que trata de fomentar la utilización de los recursos de manera más eficiente y con una visión protectora del medioambiente. (López, 2019). Por lo cual, se plantea el estudio de la economía circular aplicada a la

arquitectura para el diseño de un modelo de vivienda social adaptable a dos climas diferentes como la posible solución. Donde se tomará como referencias la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC) para la selección de los pisos climáticos de la costa y sierra a ser evaluados en este caso 1 (húmedo muy caluroso) y 3 (continental lluvioso), y casos de estudio internacionales que nos ayuden a conocer los principios que mueven este modelo de arquitectura, para posteriormente aplicarlos en el presente trabajo.

Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar un anteproyecto de vivienda social, basado en los principios de la arquitectura circular, considerando las particularidades de las zonas climáticas 1 y 3 dispuestas por la NEC para contribuir con el estudio de viviendas sustentables.

Objetivos específicos

1. Establecer las determinantes de la arquitectura circular para la vivienda social.
2. Identificar las condicionantes de las zonas climáticas 1 y 3 para instaurar los principios aplicables a la vivienda social en el Ecuador.
3. Demostrar las ventajas de la aplicación de un sistema circular adaptable a las zonas climáticas 1 y 3 del Ecuador.

Introducción

En países en vías de desarrollo el déficit de vivienda es un problema grave, especialmente para las personas de escasos recursos. Para tratar de mitigar la escasez de vivienda, en Ecuador el gobierno ha implementado planes de vivienda de interés social con el fin de que las personas que tengan acceso a estas puedan tener condiciones dignas para vivir. A pesar de las acciones realizadas, todavía existe un problema de habitabilidad en el país, ya que existen aspectos que no han sido considerados adecuadamente en estos proyectos (Ricaurte y Hechavarría, 2017), como las condiciones físicas y ambientales de cada zona, las distintas necesidades de los usuarios y la huella ecológica producido en los sitios de emplazamiento.

Ahora más que nunca el impacto ambiental es visible y preocupante, el Ecuador y el mundo se basan en un modelo que obedece los principios de una economía lineal, es decir comprar, usar y desechar (Climent, 2017). Este sistema desencadena acciones irresponsables, como la sobreexplotación de recursos o la generación de desechos, alterando los hábitats naturales de flora y fauna, generando efectos de tipo invernadero, contaminando fuentes naturales y perjudicando así el futuro de las próximas generaciones.

Aplicar sistemas circulares podría ser la solución frente a viviendas sociales lineales y rígidas que fueron diseñadas pensando solo en la fase del uso, sin considerar el antes y el después de la misma. Este sistema es una alternativa que promueve el uso, utilización y reciclaje de los recursos de manera más eficiente (López, 2019), tomando en cuenta todo el ciclo de vida desde fabricación, uso y desmontaje. Este sistema, gracias a su versatilidad permite diseñar proyectos que se adecuan a un lugar determinado de una forma más sencilla, y también da respuesta a las exigencias de sus habitantes.

Por estas razones, se plantea el estudio de la economía circular aplicada a la arquitectura para el diseño de un modelo de vivienda social adaptable a dos climas diferentes como tema de investigación. Donde se tomará como referencia las zonas propuestas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) zona 1 (húmedo muy caluroso) en la que se encuentran las provincias de El Oro, Esmeraldas, Guayas, entre otras, y zona 3 (continental lluvioso) a la que pertenecen las provincias de Azuay, Carchi, Chimborazo, entre otras.

Metodología

Para la realización de este trabajo de titulación se utilizarán diferentes metodologías,

1. Para encontrar los principios y determinantes de la arquitectura circular, conceptos de vivienda social, y las condicionantes de las zonas climáticas 1 y 3; se hará una revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis y páginas web,
2. Para profundizar el tema del sistema constructivo se realizará una revisión de casos de estudio, sobre arquitectura circular y vivienda social, internacionales y nacionales, los cuales posean sistemas constructivos desarmables y sustentables y que ayudarán a proponer los materiales idóneos que se vinculen a los principios de circularidad.
3. Después se aplicará la Metodología Multicriterio a la mano con la Metodología AHP, para determinar los criterios y pesos de los mismos, de esta forma se aplicará la Metodología de Criterio de Expertos en la que un grupo de profesionales calificarán los materiales para la propuesta de vivienda social.

4. Posteriormente, se seleccionará el sistema desarmable que se adapte mejor a las condicionantes climáticas de las dos zonas, y se procederá a elegir un proyecto de vivienda social promovido por el gobierno, para poder desarrollarlo según las determinantes de la arquitectura circular.
5. Finalmente, para demostrar las ventajas de la aplicación de métodos circulares, se realizará un estudio de confort interior y exterior, y se analizará el carbón incorporado de la edificación utilizando un programa computacional, en este caso Design Builder.

Cabe destacar que la Metodología Multicriterio es el procedimiento base que se encarga de organizar la información obtenida, donde las metodologías posteriores sirven para validar los resultados obtenidos.

Para profundizar en las metodologías utilizadas en los siguientes capítulos, sus fundamentos serán explicados a continuación.

Metodología Multicriterio

La toma de decisiones multicriterio (MDCM) es una subdisciplina de la investigación de operaciones que estudia los métodos y procedimientos para la toma de decisiones en las que existen múltiples criterios en conflicto tanto cualitativos como cuantitativos (Nantes, 2019).

La MCDM se ocupa de estructurar y resolver de manera más formal los problemas de decisión (Toyo, 2020). Este método consiste en asignar un peso a los diferentes criterios, con los se califican las alternativas de decisión. La sumatoria de calificaciones obtenidas en cada criterio ponderadas por su peso, determina una puntuación o score de cada alternativa, el cual se puede comparar con el del resto para seleccionar una de ellas, u ordenarlas por orden de preferencia (Departamento de Comunidades y Gobierno Local de Londres en su Manual para el análisis Multicriterio, 2009).

Metodología

Metodología AHP

Entre las técnicas multicriterio discretas se destaca el Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés). Es un proceso cuantitativo de toma de decisiones con multicriterio desarrollado por Thomas Saaty en 1980. El AHP se utiliza para descomponer un problema complejo, que puede ser modelado con una estructura jerárquica. Para esto, se divide el objeto de estudio en sus partes, se las organiza de forma jerárquica (Figura 1), se fijan puntajes numéricos en base a la importancia relativa de cada variable y finalmente se sintetiza cada una para obtener sus prioridades (Martínez, 2015).

El AHP también se puede usar para determinar el “peso” relativo que cada criterio debe tener en el momento de tomar una decisión, es por ello que se usa en una gran cantidad de procesos, como en las cadenas de suministro, evaluación del riesgo y gestión ambiental (Cogollo y Restrepo, 2021).

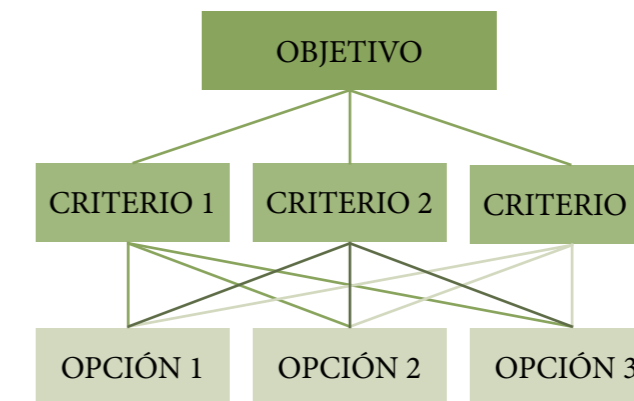


Figura 1 Interrelación dentro de la matriz AHP, propio.

Metodología Criterio de Expertos

El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Robles y Rojas, 2015, p. 2).

Si bien los métodos objetivos utilizan técnicas matemáticas bien fundamentadas, con las que el especialista logra formalizar la información disponible, estas técnicas resultan impotentes para captar la evolución futura de situaciones con alto grado de incertidumbre.

Entonces se hace necesario la aplicación de métodos que estén estructurados y basados en la experiencia y conocimientos de un grupo de profesionales en la materia a tratar. Estos métodos denominados subjetivos son conocidos también como métodos de consultas a expertos, cualitativos o heurísticos (Cruz, 2006).

En esta dirección, valorando la necesidad de acudir a la opinión de los expertos en algunas investigaciones los autores Hernández, Fernández y Baptista señalan que «(...) en ciertos estudios es necesaria la opinión de sujetos expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios, (...) son válidas y útiles cuando los objetivos del estudio así lo requieren» (Gorina et al., 2014).

Los mismos investigadores aseveran que esto es posible porque en estudios exploratorios y en investigaciones de tipo cualitativo, muchas veces el objetivo que se persigue es la riqueza, profundidad y calidad de la información, no la cantidad ni la estandarización de la misma (Gorina et al., 2014).

Metodología

Metodología de la Preferencia

Es uno de los métodos más usados porque proporciona resultados más rápidos, objetivos y exactos. En esta, los expertos califican los aspectos evaluados siguiendo una encuesta o guía, que ha sido conformada por grupos de ítems que siguen un orden descendente, dependiendo de la escala que se establezca (valorativa, numérica, cromática, etc.). Por lo tanto, el lugar que ocupa un ítem está determinado por la cantidad de puntos acumulados (Gorina et al., 2014).

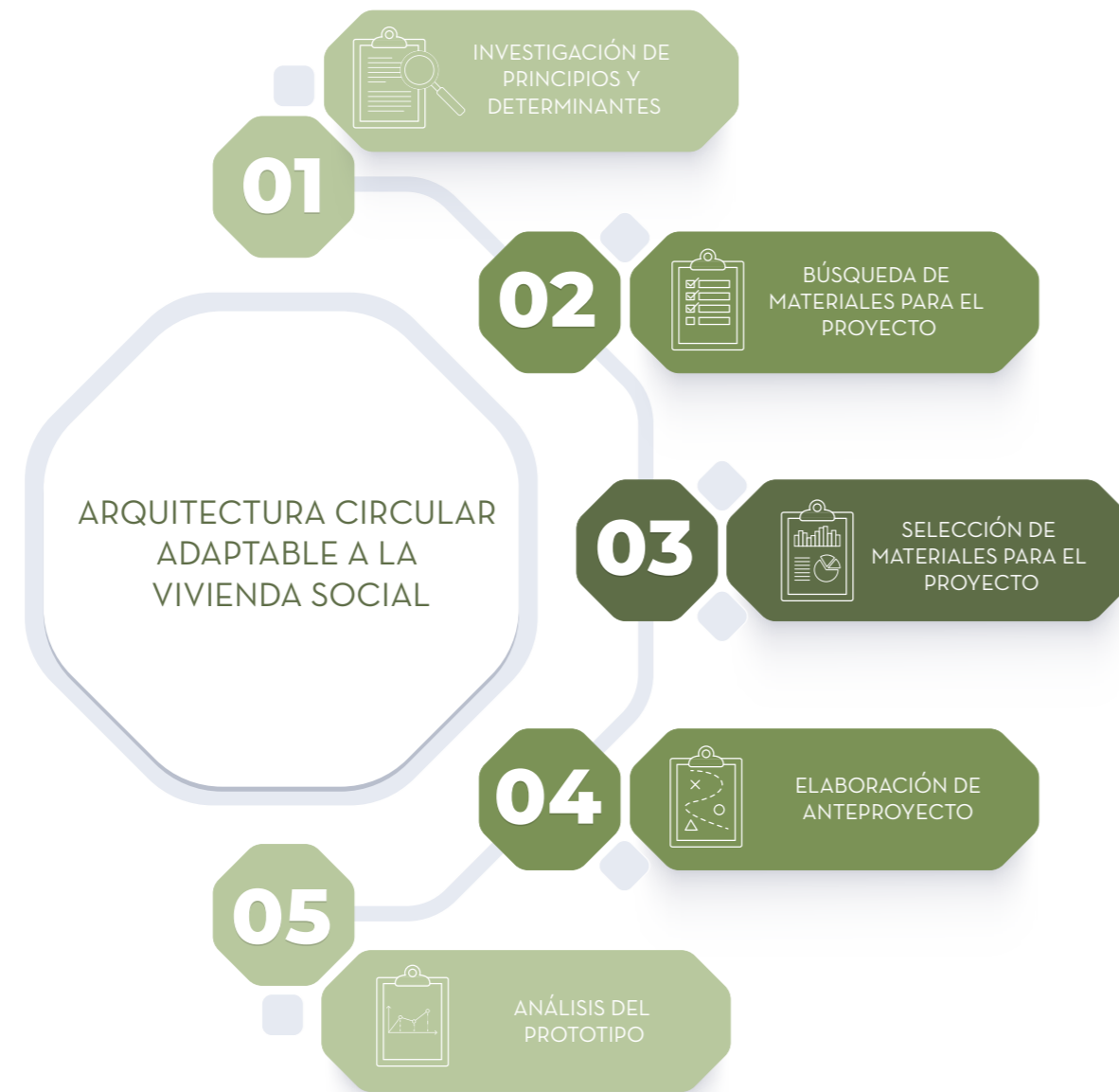


Figura 2 Metodología resumida, propio

C1

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Arquitectura circular
 - 1.2.1 Características y determinantes de la Arquitectura Circular
 - 1.2.2 Proyección de la Arquitectura Circular
- 1.3 Vivienda social
 - 1.3.1 Aproximación a la situación de la vivienda social en el contexto internacional
 - 1.3.2 Diagnostico del estado actual de la vivienda social en el Ecuador
 - 1.3.3 Prioridades de una vivienda social
 - 1.3.4 Vivienda social evolutiva

Marco Teórico

1.1 Antecedentes

El consumo indiscriminado de materia prima y la generación de residuos es un problema que nace del actual sistema empleado, llamado economía lineal que consiste en producir, utilizar y desechar (Figura 3). Los estudios concluyen que de 60.000 millones de toneladas de materia prima que se extraen al año a nivel mundial, la mitad no se regenerará y pasará a convertirse en residuo que acaba en vertederos, mares, o incineradoras, siendo la industria de la construcción unos de los mayores responsables (Slow Studio, 2020). La agencia Internacional de Energía señaló recientemente que hubo un aumento del 45% en las emisiones relacionadas con la construcción desde 1990 (OECD/IEA, 2017).

El consumo de recursos y la producción de desechos está aumentando rápidamente en todo el mundo, y las áreas urbanas representan alrededor del 50% de la generación mundial de desechos sólidos (Remoy et al., 2019).

Estos hechos hacen que la gestión de los impactos ambientales originados por la construcción sea fundamental para lograr una economía sostenible y limitar el calentamiento global (Foster, 2020). En octubre de 2018, el Panel Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC) revisó las opciones para satisfacer las demandas futuras dentro de los cambios rápidos en el sector de la construcción (Rogelj et al., 2018).

Frente a esto, se desarrolló un nuevo sistema económico y social que tiene como objetivo la producción de desperdicio de materia prima, agua y fuentes de energía, llamado economía circular.

La idea de economía circular surge de diferentes autores, asociaciones y escuelas de pensamiento relacionados con la ecología, como lo son De la cuna a la cuna (C2C) del arquitecto estadounidense McDonough (2002), Diseño regenerativo del profesor John T. Lyle (1970), Economía del rendimiento del arquitecto Walter Stahel (1976), por mencionar algunos (Balboa y Domínguez, 2014).

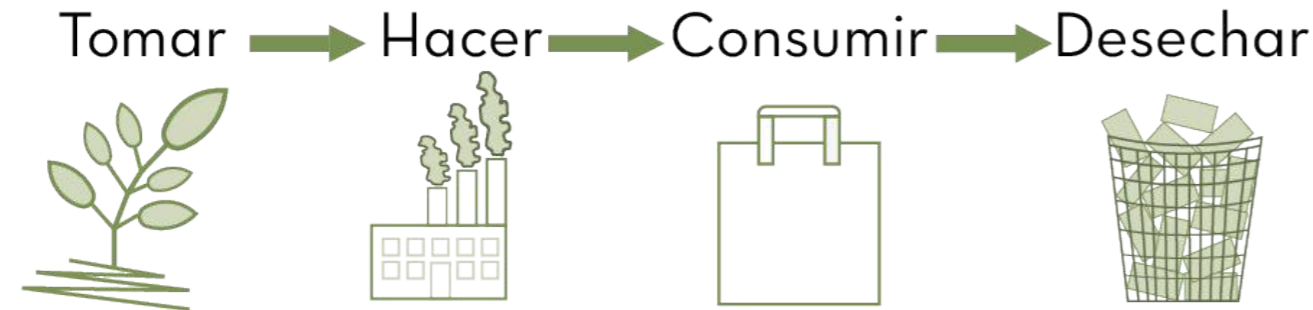


Figura 3 Modelo de gestión basado en la Economía Lineal, propio.

1.1 Antecedentes

La economía circular promueve un uso ambientalmente más apropiado y racional de los recursos ubicándolos hacia una economía más verde (López et al., 2019).

La Economía Circular (EC), o CE por sus siglas en inglés, es considerada por muchos autores como un tema clave para enfrentar mayores impactos de sustentabilidad, debido a la generación del flujo circular cerrado (cíclico) de materiales (Figura 4), y el uso de materias primas a través de múltiples fases (Mesa et al., 2018). La implementación de modelos de EC en Latinoamérica podría ser, además, uno de los conceptos más exitosos para combatir las problemáticas sociales y económicas como lo es la escasez de vivienda o las malas condiciones de habitabilidad que poseen las mismas.

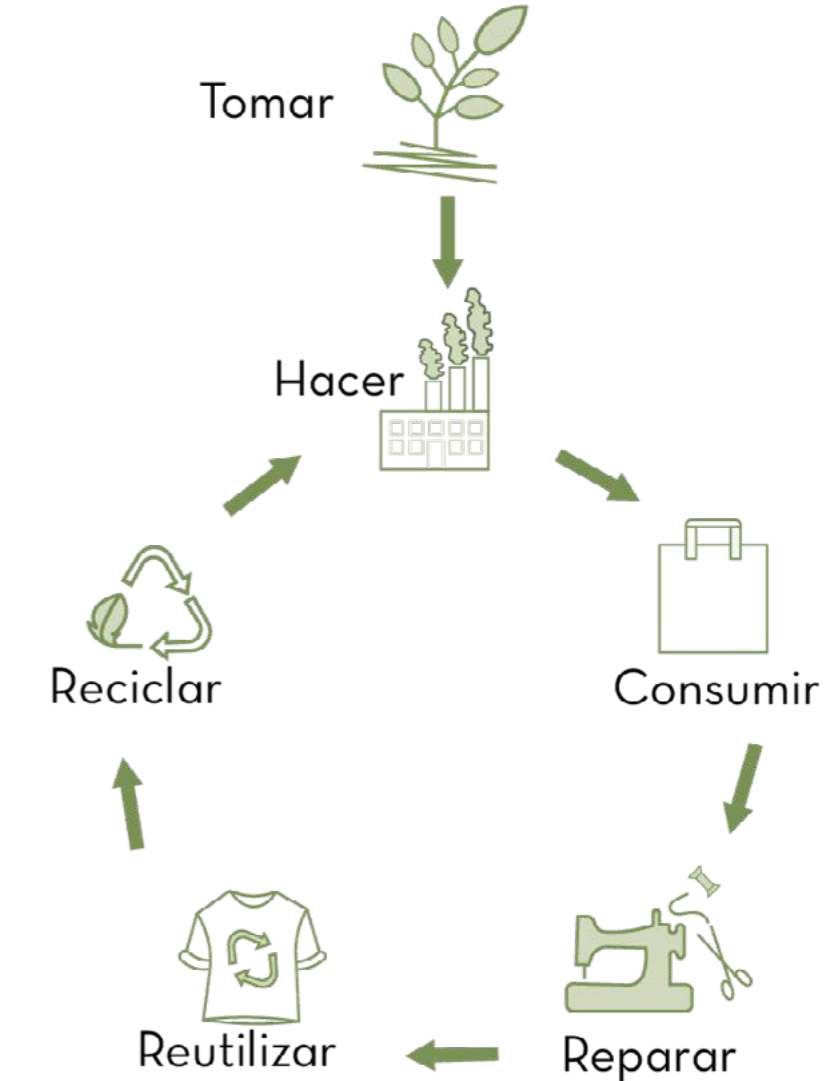


Figura 4 Modelo de gestión basado en la Economía Circular, propio.

1.2 Arquitectura Circular

El concepto de CE se destaca como una tendencia futura en relación con la rentabilidad en el desarrollo de productos (Mesa et al., 2018), tiene como objetivo conservar el valor económico de los recursos el mayor tiempo posible durante todas sus etapas, y reducir al máximo la generación de residuos (Rodríguez, 2020). Re-integrándose como insumo a través de tareas de reciclaje, reutilización, remanufactura, renovación y reparación, entre otras (Tukker, 2015). Tales acciones promueven una vida útil más larga del material hacia un ciclo cerrado que permite su circularidad y la disminución de impactos ambientales (Di Mario y Carlo Rem, 2015). Este concepto a través de los años fue adaptado a diferentes ámbitos profesionales, como en el caso de la arquitectura circular.

La Economía Circular en la arquitectura es un concepto prometedor para la industria y la sociedad (Remoy et al., 2019), sin embargo, hay que hacer una distinción entre el desarrollo sostenible desde la perspectiva de la economía lineal actual y de la EC. El desarrollo sostenible desde una perspectiva lineal puede enfatizar la reducción de desechos, el reciclaje y la reducción de la contaminación (Sauvé et al., 2016). La EC, por el contrario, no se enfoca por optimizar lo ya existente sino por repensar el sistema a partir de la noción de un “bucle cerrado” de

recursos para evitar la generación de residuos. (Cullen, 2017; Schröder et al., 2019).

En el contexto del diseño, los autores centran la atención en la siguiente pregunta: “¿cómo pueden los diseñadores, en este caso arquitectos, generar innovaciones verdaderamente sostenibles o circulares si los métodos actuales solo los llevan a optimizar lo que ya está allí?” (Dokter et al., 2021, p. 3). La respuesta, se encontraría en la adopción de un marco coherente e integral que identifique las estrategias de circularidad para cada fase de la cadena de construcción, esto podría resultar en una variedad de beneficios ambientales que incluyen, por ejemplo, eficiencia energética, adaptabilidad al cambio climático, eficiencia hídrica, entre otros (Foster, 2020).

Para reducir en lo posible estos impactos, en 2018 el Congreso Nacional del Medio Ambiente Conama recomienda actuar en cada etapa (Figura 5).



Figura 5 Fases de actuación según Conama, propio.

1.2 Arquitectura Circular

La fundación Ellen MacArthur (2019), nos indica que los beneficios de diseñar para la reutilización y para la circularidad de productos y materiales son:

- o Productividad económica.
Reducción de costos operativos, mejor calidad de productos puede asegurar una vida productiva más larga reduciendo los de costes de devolución de productos
- o Empleos, habilidades e innovación.
Generación de empleos en nuevas industrias, crecimiento económico, en inversiones e innovación.
- o Prosperidad social y comunitaria.
El ecodiseño ayuda a ahorrar en costos derivados del uso de la vivienda.
- o Medio ambiente y salud.
Reduce emisiones de CO₂
- o Uso de recursos.
Ahorro de energía y agua; y aumento de la vida útil del producto.

La aplicación de la EC entonces, reside en diseñar productos sin desechos (ecodiseño), productos que faciliten su desmontaje y reutilización, así como en definir modelos empresariales socialmente inteligentes (Balboa y Domínguez, 2014). McDonough hace referencia a que la arquitectura circular conlleva dos metabolismos (Figura 6):

- o La nutrición biológica:
Son productos biodegradables, que posterior a su vida útil se introducen en la naturaleza fácilmente, sin dejar rastros de materiales sintéticos ni toxinas.
- o Los componentes técnicos:
Son aquellos productos que en su etapa de diseño se contempló para poder ser ensamblados y desmontados un gran número de veces, y favorecer la reutilización de materiales y el ahorro energético (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

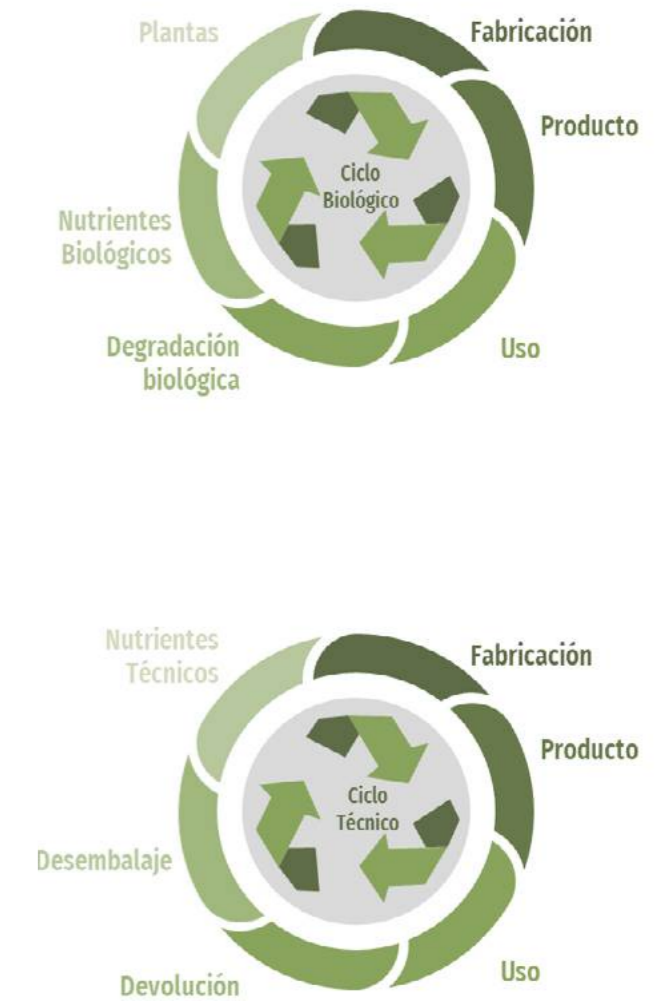


Figura 6 Metabolismos de la arquitectura circular, propio.

1.2 Arquitectura Circular

1.2.1 Características y determinantes de la Arquitectura Circular.

Según Espaliat (2017) la economía circular descansa sobre tres principios;

- o Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural alentando los “flujos de nutrientes” dentro del sistema y generando las condiciones para la regeneración.
- o Principio 2: Optimizar el rendimiento de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias procurando su máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como biológicos.
- o Principio 3: Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores negativos externos.

Pero, hasta ahora las prácticas de EC en el entorno construido se han centrado principalmente en la gestión, minimización y reutilización de residuos (Munaro et al., 2020). Es así que una variedad de enfoques de diseño como la reutilización adaptativa, el diseño para el desmontaje (DfD) y el diseño para la reparación y la re-fabricación se analizan como opciones viables para aumentar la vida útil de los edificios y promover

las prácticas de EC en el entorno construido (Dokter et al., 2021).

Potenciar la vida útil de un proyecto constructivo implica analizar las siguientes fases (Figura 7):



Figura 7 Fases de análisis en la construcción, propio.

La implementación de la EC ocurre en diferentes escalas de implementación (Dokter et al., 2021). Kanters (2020) define campos de intervención a nivel micro en EC como componentes de productos y construcciones, a nivel meso como el edificio como unidad y a nivel macro como ciudades, entorno construido (Figura 8).



Figura 8 Parque Lineal en ciudad de México, Estudio MMX, México

1.2 Arquitectura Circular

La propiedad única de la CE es que combina las ideas interconectadas de una economía de ciclo cerrado con un enfoque de diseño “reparador” (Murray et al., 2017).

Según Bocken et al. (2016), se pueden identificar dos enfoques principales de diseño formal.

- o Un ciclo lento está asociado con la extensión de la vida útil de productos y componentes; por lo tanto, es lo opuesto a la obsolescencia programada. El producto debe ser útil el máximo tiempo posible. Esta situación también depende de la fiabilidad y durabilidad del producto.

- o Por otro lado, un diseño para cerrar ciclos, este denota el camino circular desde cualquier etapa del ciclo de vida del producto a una etapa anterior, esta estrategia implica la no acumulación de residuos y emisiones al medio ambiente (Mesa et al., 2018).

La perspectiva de una economía circular avanzada se caracteriza por un alto grado de automatización y digitalización (Kintscher et al., 2021). La economía circular entre sus estrategias presenta la modularidad (Figura 9). La modularidad se refiere al grado en que la arquitectura de un producto se compone de modelos o unidades funcionales

que proporcionan una funcionalidad particular al producto. Comúnmente, los productos modulares están diseñados para permitir cambios de diseño en un subensamblaje sin afectar a otros (Mesa et al., 2018)

La modularidad está fuertemente relacionada con la confiabilidad y la durabilidad debido a su capacidad de actualización y adaptabilidad de componentes ya que favorecen la adición e intercambio de módulos para aumentar el rendimiento funcional (montaje, desmontaje, reensamblaje, etc.) de los productos (Mesa et al., 2018).

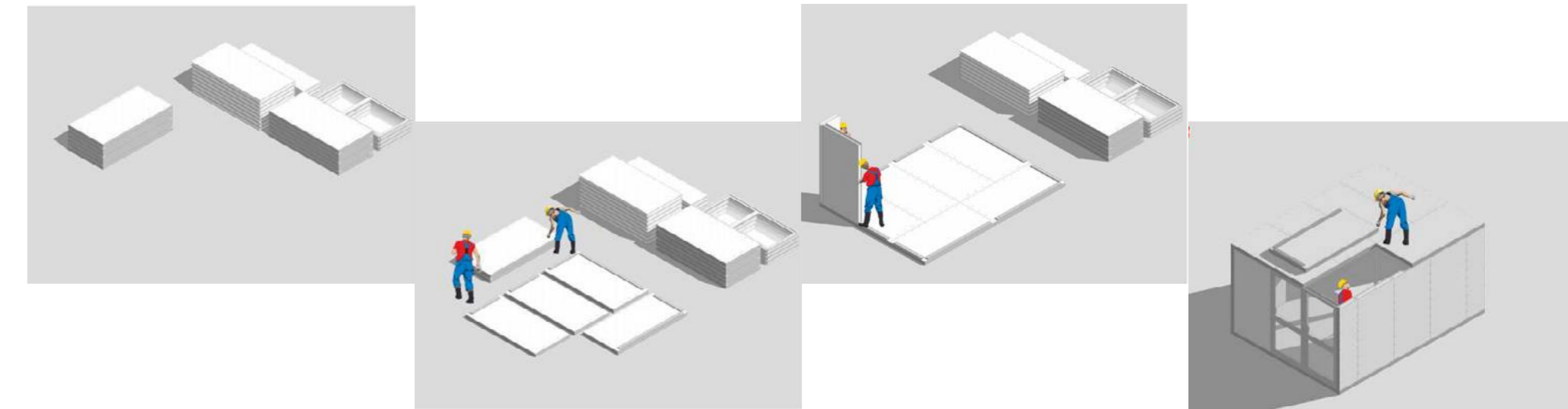


Figura 9 Construcción modular, Francisco Magnone, Uruguay.

1.2 Arquitectura Circular

1.2.2 Proyección de la Arquitectura Circular.

Durante los últimos años, la idea de “Ciudad Circular” está emergiendo en la literatura científica como un interesante campo de debate frente a los posibles desafíos abiertos a los que se enfrentarán las ciudades en el futuro: escasez de recursos, crisis económica, innovación y disponibilidad de tecnologías.

Según un análisis cualitativo de la literatura, el concepto de “ciudad circular” comenzó a asociarse con el desarrollo de productos, la competencia monopolística y la organización industrial a finales del siglo pasado.

A principios de siglo, se asoció a diferentes formas de planificar las ciudades: desde la ecología, al campo del transporte, la producción y gestión de energía y la participación de las personas en los procesos de gobernanza.

Recién en los últimos tiempos se asocia el concepto de ciudad circular con los flujos y gestión de recursos en las ciudades, identificándose una forma de uso y reutilización de recursos conectando el concepto de medio ambiente urbano (Figura 10) con la idea de metabolismo circular (Boeri, 2019).

Este nuevo enfoque superó el paradigma de “tomar-hacer-desechar” que abordaba la prioridad de reutilizar. Según Zaman y Lehmann (2017) la mayoría de las ciudades actuales proponen un metabolismo lineal: los recursos se producen, utilizan y finalmente se disponen (como residuos sólidos, aguas residuales o emisiones a la atmósfera) (Boeri, 2019). Mientras que, “en una ciudad cero residuos el flujo de materiales es circular, lo que significa que los mismos materiales se utilizan una y otra vez hasta el nivel óptimo de consumo. Ningún material se desperdicia o se infrutiliza en las ciudades circulares” (Boeri et al., 2019, p. 2).



Figura 10 Jardín Europeo Network, Kölner Stadt-Anzeiger, Alemania.

A menudo no se destaca que la economía circular requiere un cambio a gran escala, más allá de las ciudades, para lograr un entorno construido eficiente en el uso de los recursos. Para darse cuenta de esto, las autoridades locales, los ciudadanos y otras partes interesadas necesitan un entorno de decisión colaborativo y basado en la ciencia que permita desarrollar diferentes opciones de gestión de residuos y recursos, y evaluar sus impactos en el medio ambiente, la resiliencia, la calidad espacial y la calidad de vida (Remoy et al., 2019).

1.3 Vivienda Social

Casa, vestido, sustento son necesidades humanas fundamentales. Si se priva de esta, las personas carecerán de una vida digna y constituirá una injusticia (Flores, 2007). La vivienda es un derecho básico de toda persona sin importar su situación en ningún contexto.

Las consecuencias de la rápida urbanización, el crecimiento de la población, y el poder alojar a las personas en viviendas decentes y asequibles se ha convertido en un desafío en todo el mundo. Por esta razón, conociendo el déficit de vivienda a nivel nacional y el deber primordial existente de erradicar la pobreza y promover el progreso económico, social y cultural del país, diferentes organismos han iniciado un proceso de crecimiento del área inmobiliaria orientado a atender el segmento de “Vivienda Social” (Figura 11).

La vivienda social es una solución para proveer vivienda a quienes no han podido pagar una casa en el mercado privado y necesitan ayuda para vivir en un ambiente digno. (Gharanfoli y Yuksel, 2020).

El término “asequibilidad de la vivienda” es diferente al de “vivienda social” y “vivienda asequible”. “La asequibilidad es una medida de acuerdo a si ciertos grupos de hogares pueden pagar una vivienda.

La vivienda asequible se refiere a productos particulares fuera del mercado principal de la vivienda” (CLG, 2012, p.26).

La crisis de asequibilidad es el principal problema de las políticas de vivienda actuales. Por lo que una de las funciones críticas de la planificación de la vivienda es garantizar la asequibilidad de esta (Gharanfoli y Yuksel, 2020).

Los problemas de asequibilidad de la vivienda son comúnmente medidos por la relación entre el precio de la vivienda y los ingresos. Sin embargo la asequibilidad va más allá de un mero problema económico, sino que abarca un área extensa con aspectos culturales y sociales, preocupaciones en diseño y planificación urbana y diferentes técnicas de construcción. Todas estas se encuentran interrelacionadas.

Además se debe entender que la asequibilidad de la vivienda no está separada de problemas relacionados con la calidad de la vivienda, el hacinamiento, el tamaño de la vivienda, la ubicación y acceso a servicios e instalaciones, disponibilidad de vivienda y tamaño del grupo familiar (Mulliner y Maliene, 2015).



Figura 11 Vivienda social progresiva Quinta Monroy, Iquique Chile.

1.3 Vivienda Social

1.3.1 Aproximación a la situación de la vivienda social en el contexto internacional.

La vivienda es un elemento clave de la Nueva Agenda Urbana aprobada en Hábitat III, 2016. Ya que a medida que el mundo continúa urbanizándose, todos los países necesitarán viviendas más asequibles, dignas y seguras (Naciones Unidas, 2016).

ONU-HABITAT (2020), afirma que la vivienda representa más del 70 % del uso del suelo en la mayoría de las ciudades, brinda empleo y contribuye al crecimiento; sin embargo, su sentido solidario ha fracasado y se ha convertido en un factor de desigualdad social y económica.

En este contexto, un tercio de la población mundial vive en asentamientos informales, y actualmente sigue creciendo en lugar de contraerse (ONU-HABITAT, 2020).

Y también se menciona que uno de los retos más importantes que representa el déficit de vivienda, es la falta de calidad, ya que este es mayor a la falta en cantidad.

En el Documento de políticas 10 de la Nueva Agenda Urbana (2016), se afirma que fortalecer la colaboración entre las comunidades locales, los gobiernos, la sociedad civil y otras partes interesadas para implementar el plan de acción de vivienda, contribuirá al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Figura 12), en particular el Objetivo 11.1 sobre vivienda, y del mismo modo ayudará a lograr los objetivos relacionados con reducción de la pobreza, salud, desarrollo económico, cohesión social, igualdad de género y sostenibilidad ambiental.

Solo los nuevos compromisos tanto a nivel de programa como de financiación ayudarán a reducir el déficit habitacional mundial (Naciones Unidas, 2016). Por lo que se insta a la comunidad internacional a adoptar un nuevo enfoque estratégico con reformas en cinco áreas:

- a. Crear un marco integrado de vivienda
- b. Adoptar un enfoque inclusivo
- c. Ampliar la oferta de vivienda asequible
- d. Mejorar las condiciones de las viviendas
- e. Mejorar los asentamientos informales



Figura 12 ODS para el año 2030, ONU HABITAT.

1.3 Vivienda Social

Por otra parte, en el mundo, el desplazamiento continuo desde el campo a la ciudad ha provocado sobrepoblación. Según Cepal (2012), en Europa el 80% de la población vive en ciudades, en Latinoamérica, el 70%.

En Latinoamérica es evidente la precaria condición de vivienda a la que sus habitantes se ven sometidos, la tasa elevada de desplazamientos y la inminente diferencia entre clases sociales, hacen difícil el acceso a viviendas dignas que cumplan con las condiciones básicas del ser humano.

Moreno (2008) nos dice que las necesidades humanas fundamentales no varían, ni por su cultura ni por el periodo histórico, es por esto que, para alcanzar el bienestar dentro de una vivienda es necesario satisfacer un mayor número de necesidades.

Según Vaca (2017) para que la vivienda sea adecuada debe reunir los siguientes criterios:

- o La seguridad de la tenencia: La vivienda debe garantizar protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.
- o Disponibilidad de servicios: Materiales, instalaciones e infraestructura.

- o Ubicación: Debe ofrecer acceso a servicios de salud, escuelas, empleo.
- o Asequibilidad: Su precio debe ser moderado.
- o Habitabilidad: Debe garantizar seguridad y proporcionar espacio suficiente.
- o Accesibilidad: Debe tomar en cuenta las necesidades especiales de todas las personas.
- o Adecuación cultural: Debe respetar la expresión de la identidad cultural.

En el país vecino Colombia, la vivienda de interés social (Figura 13) va dirigida a aquellas personas menos favorecidas, las cuales devengan menos de cuatro salarios mínimos mensuales. Por normativa el área mínima de una vivienda social depende de su tipología (Tabla 1).

TIPO	LOTE MÍNIMO	FRENTE MÍNIMO	AISLAMIENTO POSTERIOR
UNIFAMILIAR	35 m2	3,5 m2	2 m2
BIFAMILIAR	70 m2	7 m2	2 m2
MULTIFAMILIAR	120 m2	----	----

Tabla 1 Áreas mínimas de lote tipo 1 - 2, Gobierno de Colombia.



Figura 13 Vivienda social en Bogotá, Colombia.



Figura 14 Vivienda social en Ecuador.

1.3.2 Diagnóstico del estado actual de la Vivienda Social en el Ecuador.

El artículo 30 de la Constitución de la República del Ecuador (2018) reconoce el derecho de las personas a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Basados en este artículo, en 2008, se establece el sistema de incentivos para vivienda (SIV) cuyo objetivo principal es dar acceso a vivienda digna a personas de escasos recursos (Figura 14). Durante el gobierno de Lenin Moreno (2017-2021) se planteó el programa de vivienda de interés social y público “CASA PARA TODOS”. Organizado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI. Co-ejecutado por las empresas públicas Ecuador Estratégico EP y Casa para Todos EP (Figura 15). Con un plazo de ejecución de 10 años (empezando por el 2019) donde se estimó un aproximado de 325.000 viviendas.

En el Informe de Rendición de Cuentas del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) de 2019, se indica que la Misión en la Fase 1, entregó 25.260 viviendas con una inversión de \$228 millones. Sin embargo, el presidente Lenin Moreno reconoció, el 4 de febrero de 2019,

1.3 Vivienda Social

que debido a la situación económica que vivía el país, no podría cumplir su oferta de campaña (El Telégrafo, 2021).

El INEC (2021) muestra que el déficit de vivienda cualitativa a nivel nacional es del 75,5%. 65,2% en áreas urbanas y 95,3% en áreas rurales. Mientras que el déficit cuantitativo es del 12,4% a escala nacional (El Telégrafo, 2021).

Para el arquitecto John Dunn, en Ecuador el tema del déficit de la vivienda se maneja mal, ya que se tiene una visión muy numérica de la situación. Es decir que se cuantifica el número de viviendas que se deben construir en un determinado lugar, pero “nunca se pone eso en contexto, es decir cómo deben hacerse esas viviendas, en dónde, y a veces simplemente por tratar de alcanzar un número determinado de viviendas se corre el riesgo de que la misma calidad de habitabilidad de esa vivienda se vea desmerecida y desmejorada” (El Telégrafo, 2021).

De acuerdo al MIDUVI (2019) en el proyecto nacional se contemplan cuatro tipos de ayuda.

- o Primer segmento.- Dirigido a personas con extrema pobreza, donde el gobierno subvencionará totalmente la vivienda.

- o Segundo segmento.- Dirigido a personas que presenten condiciones para pago de aportes mensuales, donde el gobierno subvencionará parcialmente la vivienda, se construyen bajo dos modalidades:

1. De modalidad de arrendamiento con opción a compra de hasta 57.56 SBU. Los beneficiarios pueden recibir subsidios del Estado y tasa de interés preferencial.
2. De modalidad de crédito hipotecario con subsidio inicial del Estado y tasa de interés preferencial.

- o Tercer segmento.- Dirigido a personas que evidencian mejores condiciones para pago de aportes mensuales o créditos hipotecarios. Donde se accede a la vivienda mediante tasa subvencionada.

Según datos del MIDUVI (2019), la construcción de viviendas “Casa para Todos”, han sido definidas como actividades de bajo impacto ambiental. Relacionando a la gestión ambiental con la planificación y ejecución en base a los principios de sustentabilidad, equidad, precaución, prevención, mitigación, reciclaje, reutilización de desechos, y conservación de recursos en general (Tabla 2). Por lo tanto, en el plan del proyecto presentado por MIDUVI exponen los principales impactos ambientales generados en la fase de construcción

IMPACTO	TIPO DE MEDIDA				
	PREVENCIÓN	PROTECCIÓN	MITIGACIÓN	CONTROL	RECUPERACIÓN/COMPENSACIÓN
AIRE					
Alteración de la calidad de aire			x	x	
RUIDO					
Aumento en los niveles de ruido				x	
AGUA					
Alteración de la calidad físico-químico	x	x			x
SUELO					
Contaminación del suelo	x				x
Erosión del suelo	x				x
VEGETACIÓN Y FAUNA					
Perdida de la cobertura vegetal			x	x	x
Alteración de la calidad de hábitat			x	x	x
PAISAJE					
Alteración paisajística			x	x	x
FACTORES SOCIALES					
Afección a la salud de los habitantes	x	x			
Deterioro y obstrucción temporal de caminos		x		x	
Obstrucción temporal de infraestructura pública y privada		x		x	
FACTORES ECONOMICOS					
Generación de empleos					x
Aumento en la demanda de servicios locales					x
Salud y calidad de vida de los habitantes					x

Tabla 2 Principales impactos ambientales que se generan en la fase de construcción, MIDUVI, Ecuador.

1.3 Vivienda Social

1.3.3 Prioridades de una Vivienda Social.

Para dar frente al futuro en el campo de las políticas de vivienda, existen 3 desafíos a tomar en cuenta: Reducir el déficit cuantitativo existente, atender y mejorar las necesidades habitacionales, dar respuesta al creciente proceso de urbanización.

Además, se debería tomar en cuenta el tema de asequibilidad de la vivienda que abarca la planificación urbana, los principios de diseño, las preferencias y necesidades de vivienda, la calidad de la vivienda y la participación de diferentes actores relacionados a ella. Para este propósito, es necesario pensar de manera diferente sobre la vivienda social y alinearla con los problemas sostenibles contemporáneos (Gharanfoli y Yuksel, 2020).

Gracias a las conclusiones expuestas en el Análisis funcional de la vivienda de interés social: El Recreo cantón Durán (Alcívar et al., 2018) se puede asegurar que los principios que deben ser tomados en cuenta para la vivienda social son:

- o Asegurar condiciones de confort como ventilación e iluminación.

- o Conocer las necesidades de cada espacio y porción de la población a la que estaba destinada el proyecto.
- o Conocer el número de miembros por familia, es importante ya que se debe analizar la necesidad de espacio por persona, es decir 15m².

1.3.4 Vivienda Social Evolutiva.

Según las arquitectas Dayra Gelabert y Dania Gonzales Couret (2013) en el artículo sobre “Vivienda progresiva y flexible”, nos dice que:

Las necesidades y expectativas de una familia, evolucionan con el paso del tiempo y de acuerdo a sus posibilidades económicas. El avance del desarrollo científico técnico, así como la vida social y cultural generan transformaciones que la vivienda debe asimilar.

De este modo, entendemos que la vivienda debe ofrecer solución a un periodo de tiempo y que además permita adaptarse a las necesidades de otro, además de que ésta debe cubrir la parte cuantitativa (económica) sin comprometer la cualitativa (calidad de vida).



Figura 15 Propuesta de vivienda social del Gobierno del Encuentro, Ecuador.

C2

- 2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional
 - 2.1.1 Proyecto Circular Building - Arup Associates
 - 2.1.2 Proyecto PFC_01 - Francisco Magnone
 - 2.1.3 Proyecto Casa Color Caribe - Juan Mario Pradilla Duarte
- 2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional
 - 2.2.1 Proyecto Refugio Huir - Diana Salvador, Javier Mera Luna
 - 2.2.2 Proyecto Chacras - Natura Futura Arquitectura
- 2.3 Conclusión de Casos de Estudio
- 2.4 Estudio de materiales

Casos de Estudio

Para comprender mejor los principios de la economía circular aplicados en la Arquitectura es preciso analizar ejemplos que demuestren la efectividad de este concepto. Es así que se encontraron proyectos arquitectónicos que van desde un contexto internacional a un contexto más local. A estos casos de estudio se los analizará en base a los criterios expuestos (Figura 16) por la Fundación Ellen MacArthur (2010) para un diseño circular:



Criterio 1

Promover la reutilización, renovación o remanufactura de productos y repuestos evitando cambios importantes en cuanto a funcionalidad y calidad.



Criterio 2

Mantener los productos, componentes y materiales en uso el mayor tiempo posible para aumentar la vida útil y evitar el reemplazo de productos en ciclos de vida cortos.



Criterio 3

Diversificar el uso de productos, componentes y materiales para fines adicionales cuando ya no puedan ser utilizados para el propósito original.



Criterio 4

Usar insumos puros, no tóxicos o al menos fáciles de separar en productos para minimizar el costo del reciclaje.

Figura 16 Criterios expuestos por la fundación Ellen MacArthur, propio

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

2.1.1 Proyecto Circular Building- Arup Associates

ARQUITECTOS	Arup Associates
UBICACIÓN	Londres, Inglaterra
ÁREA	90 m2
AÑO	2016

Diseñado y entregado como un prototipo para la edición 2016 del London Design Festival. Este proyecto es uno de los primeros en todo el Reino Unido en satisfacer los principios en los que se basa la Arquitectura Circular.

El proyecto (Figura 17) basa su forma en un estilo “flat-pack” donde cada panel está conformado por una serie de piezas diseñadas para integrarse las unas con otras (Arup Associates, 2017). Estas piezas pasaron por un proceso computacional para que se repitan lo más posible. Cada pieza, desde los marcos de ventanas hasta las fijaciones individuales, les fue asignando un código QR que contiene información que permitirá su ensamblaje y su reutilización (Fernández, 2016).



Figura 17 Exterior del proyecto Circular Building, Inglaterra.

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

El diseño se pensó para redefinir las técnicas constructivas de prefabricados y su aplicación, integra detalles open-source con materiales que son inherentemente circulares, utilizados en su máximo potencial para obtener una máxima duración durante todo su ciclo de vida (Arup Associates, 2017).

Durante el proceso de diseño, se requirió una amplia investigación y prueba de materiales para garantizar la circularidad (Santos, 2017). Todos los datos recopilados de la construcción se pueden ver utilizando un modelo de información (Códigos QR). Esta 'Base de datos de materiales' virtual ayuda a que el proyecto sea un excelente ejemplo de cómo diseñar y construir utilizando los principios de la economía circular. A su vez da información sobre el proceso de producción, la sustancia que contiene y el próximo uso de cada activo (Fernández, 2016).

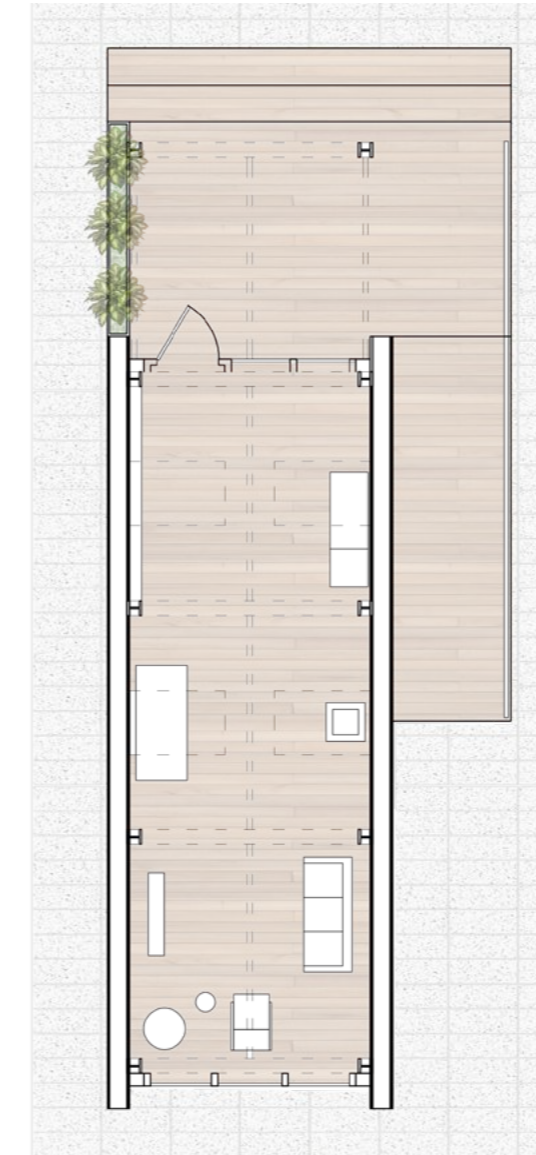
Centrándose en las acciones de 'bucle' y 'reutilización' del marco ReSOLVE de la Fundación Ellen Macarther; Los acabados y los accesorios en todo el interior se seleccionaron cuidadosamente para ejemplificar los principios circulares y crear un ambiente cómodo y natural (Arup Associates, 2017). Un alto porcentaje de materiales y productos fueron obtenidos con un espíritu de diseño "de la cuna a la cuna" y han sido donados por varios socios, que colaboraron en este prototipo (Arup Associates, 2017).

Gracias a la correcta elección de materiales, y el uso de plástico reciclado en los muros, este encapsula el ambiente permitiendo una óptima aislación en el interior del edificio (Figura 18), a la vez que es un material que puede ser reformado una y otra vez (Santos, 2017).

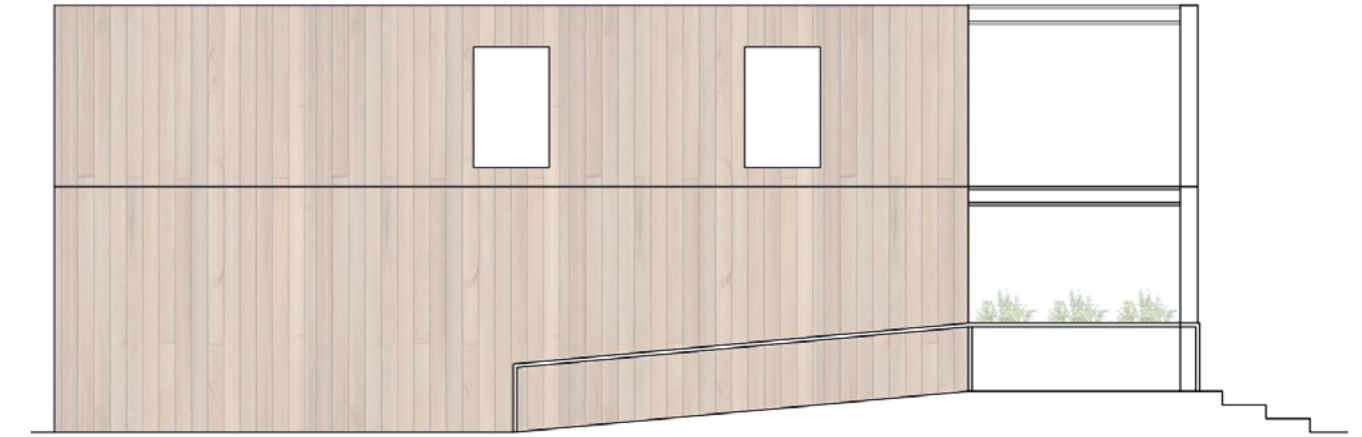


Figura 18 Interior del proyecto Circular Building, Inglaterra.

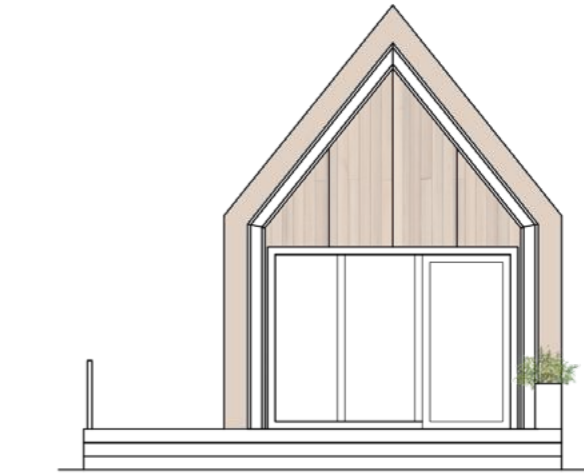
2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



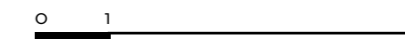
Planta



Elevación Lateral Izquierda



Elevación Frontal



Arup (2017) menciona que se han realizado pocos intentos de aplicar los principios de la economía circular al entorno construido. Razón por la cual el objetivo de The Circular Building fue probar que este nuevo enfoque puede ser ampliamente utilizado, además de enfatizar que la industria de la construcción debe esforzarse por eliminar los desechos y diseñar para la reutilización.

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



Figura 22 Oficina del proyecto Circular Building, Inglaterra.

Su envolvente contempla soluciones prácticas con mecanismos sencillos pero eficientes para un correcto funcionamiento, sus paredes constan de un sistema de muros SIPS independientes, desmontables, autoportantes, con un desperdicio extremadamente bajo y conexiones con abrazaderas entre los muros y el marco estructural, lo que le permiten tener una facilidad de armado, desarmado y reciclado (Santos, 2017). Su estructura es un marco de acero reciclado que se extiende hacia el exterior (Figura 17) creando una bahía adicional para permitir la posibilidad para su extensión y futura adaptación (Arup Associates, 2017). El recubrimiento y la cubierta son hechas a base de madera tratada térmicamente obtenida de fuentes sostenibles, por lo que se prevé que sus materiales puedan ser reutilizados en el futuro (Arup Associates, 2017).

Criterios cumplidos:



Este prototipo se construyó pensando en satisfacer los criterios de circularidad. Entre sus múltiples estrategias se puede resaltar el uso de tecnologías para una mejor organización, optimización de productos y mejorar el confort interior de los usuarios (Arup Associates, 2017).

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

2.1.2 Proyecto PFC_01 - FRancisco Magnone

ARQUITECTOS	Francisco Magnone, Luciano Lopez
UBICACIÓN	Palermo, Argentina
ÁREA	151 m2
AÑO	2017

Como base el diseño usa tecnología de paneles SIP para los muros, y para la estructura un sistema de andamios (Figura 23), para así lograr un diseño cambiante a las necesidades del usuario.

El proyecto busca satisfacer las necesidades de un usuario profesional vinculado al diseño y producción de textiles, aprovechando el potencial comercial en planta baja, alejándose del ruido y mejorando la calidad de ventilación, iluminación y privacidad en los espacios domésticos.

M4 busca crear una relación entre los componentes existentes de la arquitectura para lograr una mayor variabilidad que admita estructuras temporales, que son apropiadas para este nuevo siglo. Se construye con un sistema versátil a nivel de programa, localización, actores y escalas. Poniendo en evidencia la flexibilidad y adaptabilidad del sistema, de esta forma se contempla la capacidad de instalarse en un lugar, habitarlo



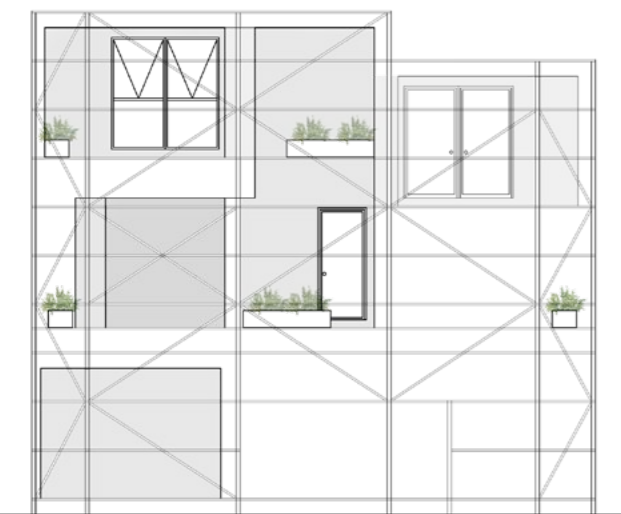
Figura 23 Fachada Frontal del proyecto PFC_01, Argentina.

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

por el tiempo que se requiera, y liberarlo sin realizar modificaciones permanentes que degraden la calidad del entorno. El proyecto permite considerar la vida útil de cada parte que compone del sistema, desde su extracción hasta el final de su ciclo. Se busca un uso sistémico, completamente adaptable y reutilizable, evitando la obra húmeda (Figura 25) para abrirle paso a un ensamblaje limpio y rápido que permita un posterior desarmado. Se seleccionaron los materiales tomando en cuenta la capacidad que tendrían para ser catalogados y separados una vez cumplida su vida útil, de forma permitan ser reciclados, empleándose en nuevos lugares o con nuevos usos (Magnone y Lopez, 2017).

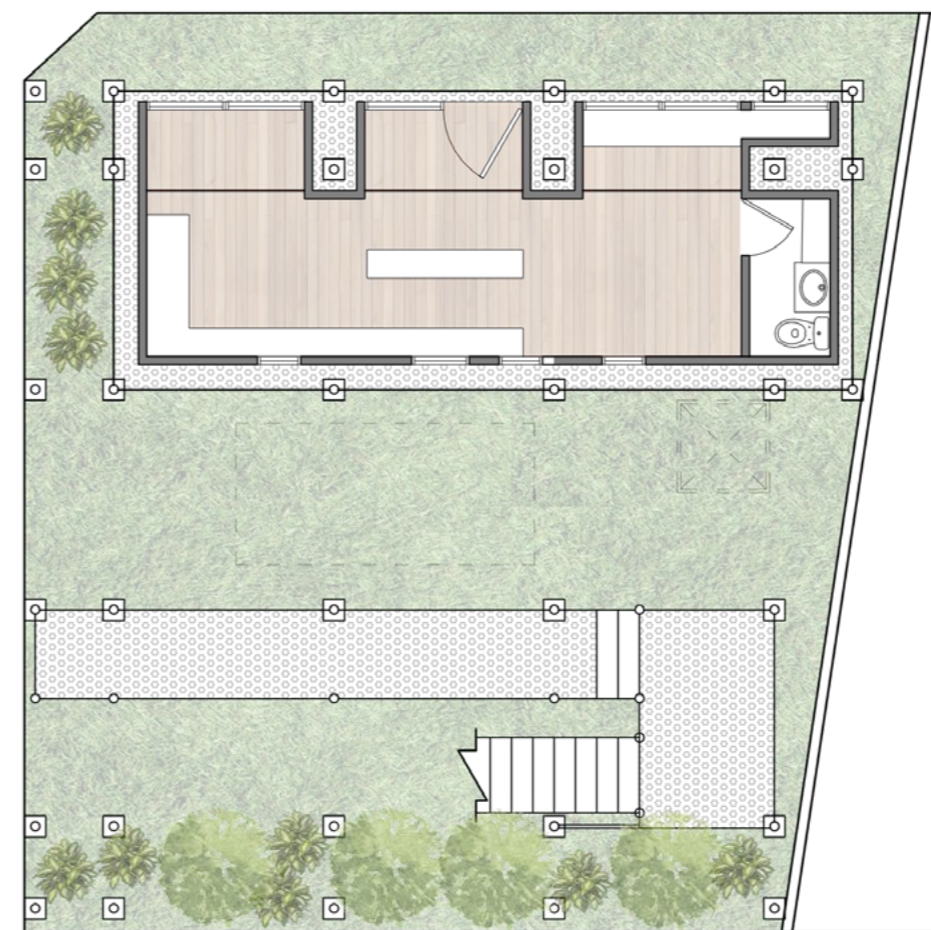


Figura 25 Terraza - proyecto PFC_01, Argentina.



Elevación Lateral Izquierda
0 1 5 10

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



Planta Baja



1 Planta Alta

0 1 5 10

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



Figura 31 Sala - proyecto PFC_01, Argentina.

Se plantea un uso mixto, con posibilidades de brindar alquiler de forma independiente a más espacios, la zona doméstica cuenta con tres espacios no caracterizados que pueden absorber sub-variantes de uso ya sea familiar tradicional o usos alternativos. La estructura en forma de andamios, otorga versatilidad y facilidad de montaje para la generación de distintas especialidades. A su vez el sistema de paneles SIP, permite un armado y desmontado rápido y fácil de cualquier pared abriendo un sin número de posibilidades de diseño, que se adaptan a las necesidades cambiantes de los usuarios (Figura 31).

Criterios cumplidos:



Este proyecto se construyó buscando un modelo que permita una vinculación espontánea de los actores. Entre sus múltiples estrategias se puede resaltar el uso de sistemas estructurales poco comunes como lo son los andamios, que si bien son usados en el campo de la construcción jamás se ha explorado la posibilidad de un uso estructural, obteniendo beneficios como livianidad, versatilidad, fácil armado y desarmado y una intervención mínima sobre el suelo (Magne y López, 2017).

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

2.1.3 Proyecto Casa color caribe - Juan Mario Pradilla Duarte

ARQUITECTOS	Juan Pradilla, Andrés Cabal, Édgar Chamorro, Verónica Thorsberg.
UBICACIÓN	Cartagena, Colombia
ÁREA	44.4 m2 a 64.8m2
AÑO	2017

Este proyecto ganó el primer puesto en el concurso Corona Pro Hábitat en el año 2017 en la categoría Vivienda social progresiva para Cartagena, a modo de anteproyecto de vivienda de interés prioritario con el objetivo de mejorar la calidad de hábitat popular colombiano.

Está ubicada en Cartagena, Colombia. La propuesta nace debido al déficit de vivienda que enfrenta el país en las clases socioeconómicas con menores ingresos, dándoles la posibilidad de acceder a espacios de calidad que se adapten a sus condiciones culturales (Corona Industrial S.A.S, 2017). La ubicación planteada cuenta con todos los servicios básicos, luz, agua potable, internet y alcantarillado. En las condiciones del concurso se especificó que el área máxima de construcción inicial fuera de 45 metros cuadrados repartidos en dos plantas, que cuenten con dos habitaciones sala, comedor, cocina y un baño. Con capacidad de crecer horizontalmente (Figura 33) y una densidad máxima de 140



Figura 32 Axonometría Casa Color Caribe

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional

viviendas por hectárea. El valor total de la vivienda en su primera etapa es 4814.21 dólares.

El ritmo de la vivienda se marcó gracias a grandes muros de bahareque encementado, mismos que aíslan el ruido de las casas vecinas y a su vez aportan en las noches a mantener un ambiente cálido gracias a su inercia térmica. La estructura se ensambla con pernos, platinas y tornillos, y cuenta con un manual constructivo, disminuyendo la necesidad de mano de obra calificada.

Los parámetros de diseño empleados se basan en las características formales típicas de la zona esto se evidencia en su cubierta a dos aguas, la forma de implantación, techos altos y grandes aleros. Para adaptarse al entorno, la casa se levanta del suelo, posee fachadas en celosía, cubiertas altas, y un patio central.

El grado de inclinación de la cubierta permite crear un mezanine y a su vez un mayor ingreso de ventilación hacia el interior de la vivienda. Mientras las celosías de calados en madera conducen los vientos fuertes del norte refrescando el interior; las aberturas en la cubierta permiten la salida del aire caliente y la recirculación pasiva del mismo en la casa (Corona Industrial S.A.S, 2017).

01 SEMILLA



02 PLÁNTULA



04 ÁRBOL

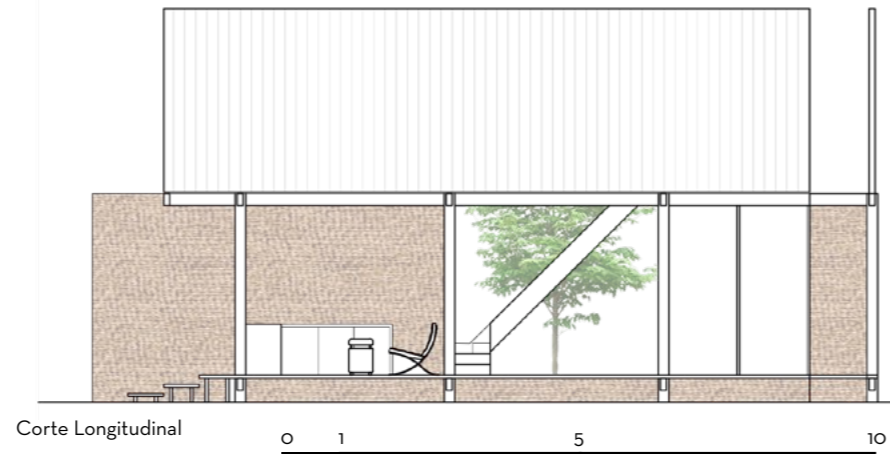
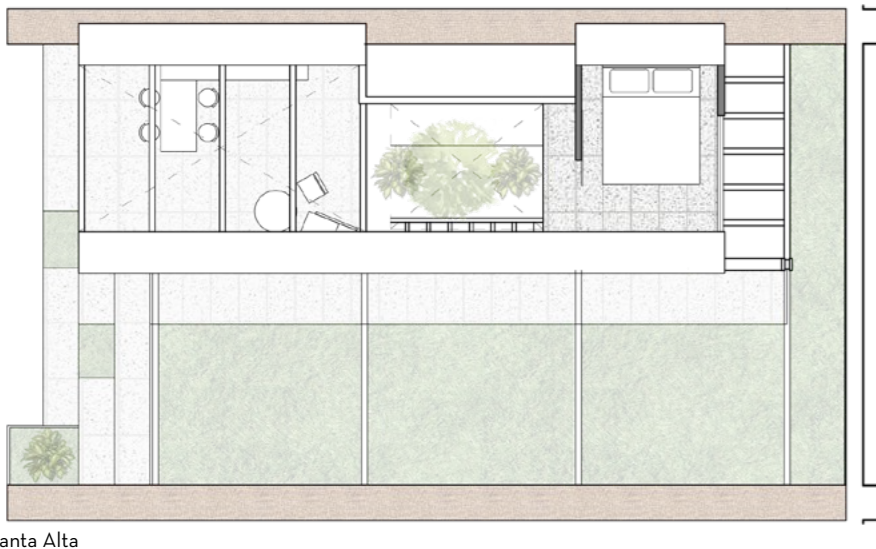
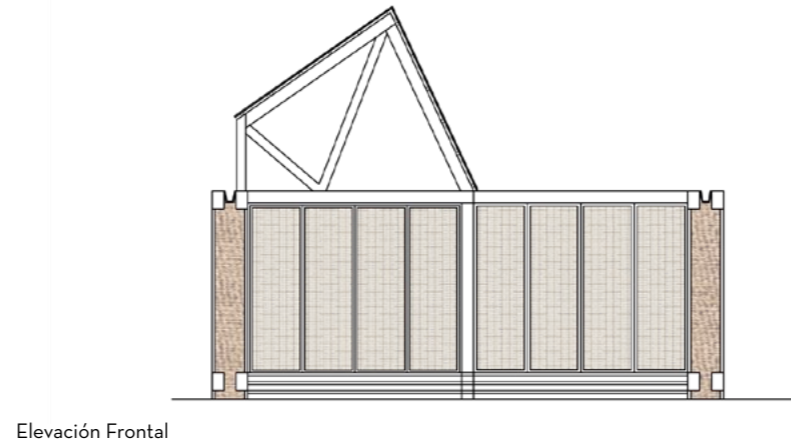


03 PLANTA



Figura 33 Formas de Expansión - Casa Color Caribe.

2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



2.1 Casos de Estudio - Contexto Internacional



Figura 38 Casa Color Caribe, Colombia.

Las aperturas en la cubierta (Figura 38) además facilitan la salida de aire caliente ayudando a recircular el aire en el interior. La vegetación en los patios central y frontal, potencian la regulación térmica de la casa y un confort térmico adecuado. (Corona Industrial S.A.S, 2017)

El proyecto presenta dos patios, uno central que separa el área social de la privada, y un patio lateral que ofrece posibles ampliaciones futuras, a su vez la cubierta con cumbrera descendida, se transforma en cercha para ser soporte de ampliaciones con el objetivo de ofrecer un desarrollo progresivo vertical. (Valencia, 2017)

Criterios cumplidos:



Este proyecto demuestra un claro ejemplo de vivienda evolutiva, ya que esta por su sistema constructivo y características formales permite que la vivienda pueda crecer, además de que considera las condiciones del entorno y crea estrategias que brindan confort y ayudan a que el proyecto sea eficiente.

2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

2.2.1 Proyecto Refugio Huaira - Diana Salvador, Javier Mera Luna

ARQUITECTOS	Diana Salvador, Javier Mera Luna.
UBICACIÓN	Puerto Quito - Ecuador
ÁREA	40 m ²
AÑO	2019

Inmersa en lo más profundo de un policultivo de cacao, naranja y plátano, y frente a un pequeño río llamado Roncador, se materializa la cabaña Huaira, la más reciente construcción sostenible con huella de carbono cero.

El proyecto busca ser un espacio simbiótico, creado bajo la necesidad de convertirse en un refugio donde las personas puedan tener contacto con la esencia de la naturaleza (Figura 39), resolviendo con su diseño los desafíos más importantes, como una defensa contra las fuertes lluvias y la necesidad de ventilación frente al clima cálido húmedo del sector (Caballero, 2020).



Figura 39 Proyecto Huaira, Ecuador.

2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

La construcción está basada en la iniciativa “huella de carbono cero”, por lo que todo el diseño utiliza estrategias científicamente cuantificadas, estas incluyen métodos de construcción de bajo costo y adaptabilidad a las condiciones climáticas. Comparándolo con un sistema constructivo convencional, Huaira obtiene un resultado alentador donde la huella de carbono es negativa, secuestrando 3360 kg de carbono y emitiendo 1679 kg (Caballero, 2020).

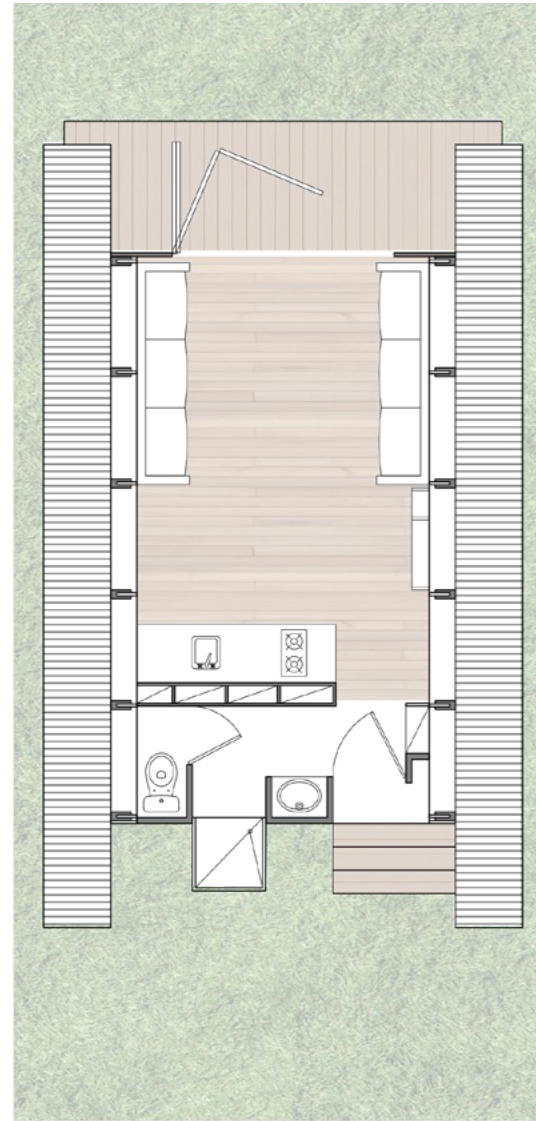
Se antepuso el deseo intrínseco de dar vida a una cabaña prefabricada que se adapte a la topografía y al contexto (Figura 40), sin dejar de lado los principios de replicabilidad, movilidad, sostenibilidad y la posibilidad de ampliarse y desmontarse, de este modo el proyecto obtiene un diseño modular que es replicable y escalable (Architizer, 2021).

La respuesta arquitectónica es simple pero no obvia, una estrategia “Low Tech” basada en la decisión radical de utilizar madera contrachapada como base de esta tecnología (Caballero, 2020).

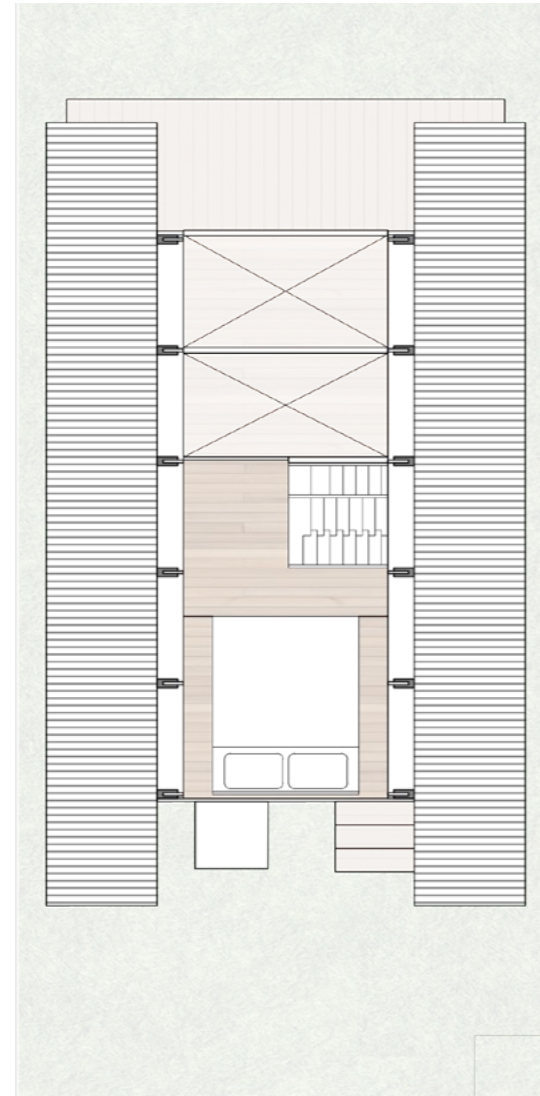


Figura 40 Balcón - Proyecto Huaira, Ecuador.

2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional



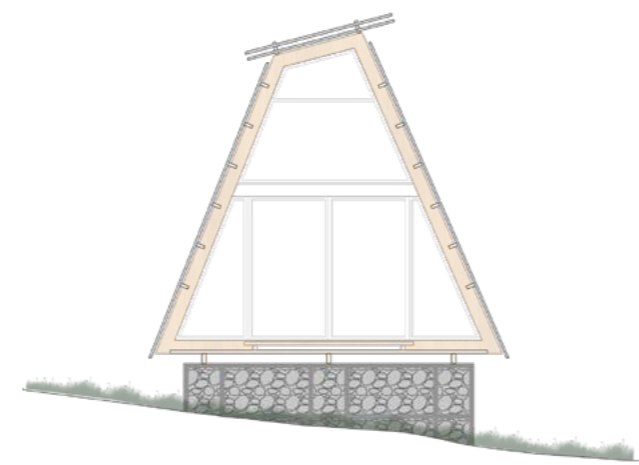
Planta Baja



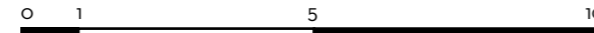
1 Planta Alta



Corte Longitudinal



Elevación Posterior



2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

Los materiales utilizados fueron elegidos por su baja huella de carbono y para permitir que la vivienda sea completamente reciclada o reutilizada al final de su vida útil. Madera, piedra, metal, vidrio y tetrapack intervienen de forma pura y proporcionada para consolidar un elemento ambientalmente equilibrado (Caballero, 2020). Cada material fue evaluado por su eficiencia y flexibilidad. El contrachapado aporta estructura y contención, el tetrapack actúa como paraguas y el vidrio elimina la barrera entre el interior y el exterior (Figura 45). Los materiales usados posibilitan la flexibilidad de los espacios y el desarmado para posibles movilizaciones hacia otra locación (Archeto, 2021). El uso de materiales reciclados como las láminas de tetrapak en la cubierta, que además de ser un material resistente permite un nuevo ciclo de reciclaje.

Criterios cumplidos:



Para conciliar la función con el confort interior se plantean estrategias de bioclimatismo justificado sobre simulaciones térmicas dinámicas. Sub-elevar la edificación permite que sea resistente en caso de inundación, y con ello se aprovecha la inercia y la cámara de aire frío generada bajo la estructura (Caballero, 2020).



Figura 45 Fachada - Proyecto Huira, Ecuador.

2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

2.2.2 Proyecto Chacras - Natura Futura Arquitectura

ARQUITECTOS	Natura Futura Arquitectura + Colectivo Cronopios
UBICACIÓN	El Oro - Ecuador
ÁREA	30 m ²
AÑO	2016

El proyecto fue construido en mayo de 2016 durante un período de 10 días. Para una familia que fue afectada por el terremoto ocurrido en el país en abril del mismo año.

El proyecto se encuentra ubicado en la Reserva Ecológica Arenillas (REA), El Oro, Ecuador, la cual cuenta con un clima húmedo caluroso. Cuenta con un área de 30 m², y fue construido posterior al terremoto del 2016. Su elaboración duró un periodo de 10 días en un terreno de 12x10 metros que se encontraba parcialmente ocupado. En el proyecto se emplearon materiales donados por la comunidad, en su mayoría pallets de madera de pino, cuarterones, palos y tiras, zinc, cemento, ladrillos (Figura 46). Y se construyó gracias al apoyo de un grupo de voluntarios. (Inmobilia, 2018)



Figura 46 Construcción del Proyecto Chacras, El Oro - Ecuador.

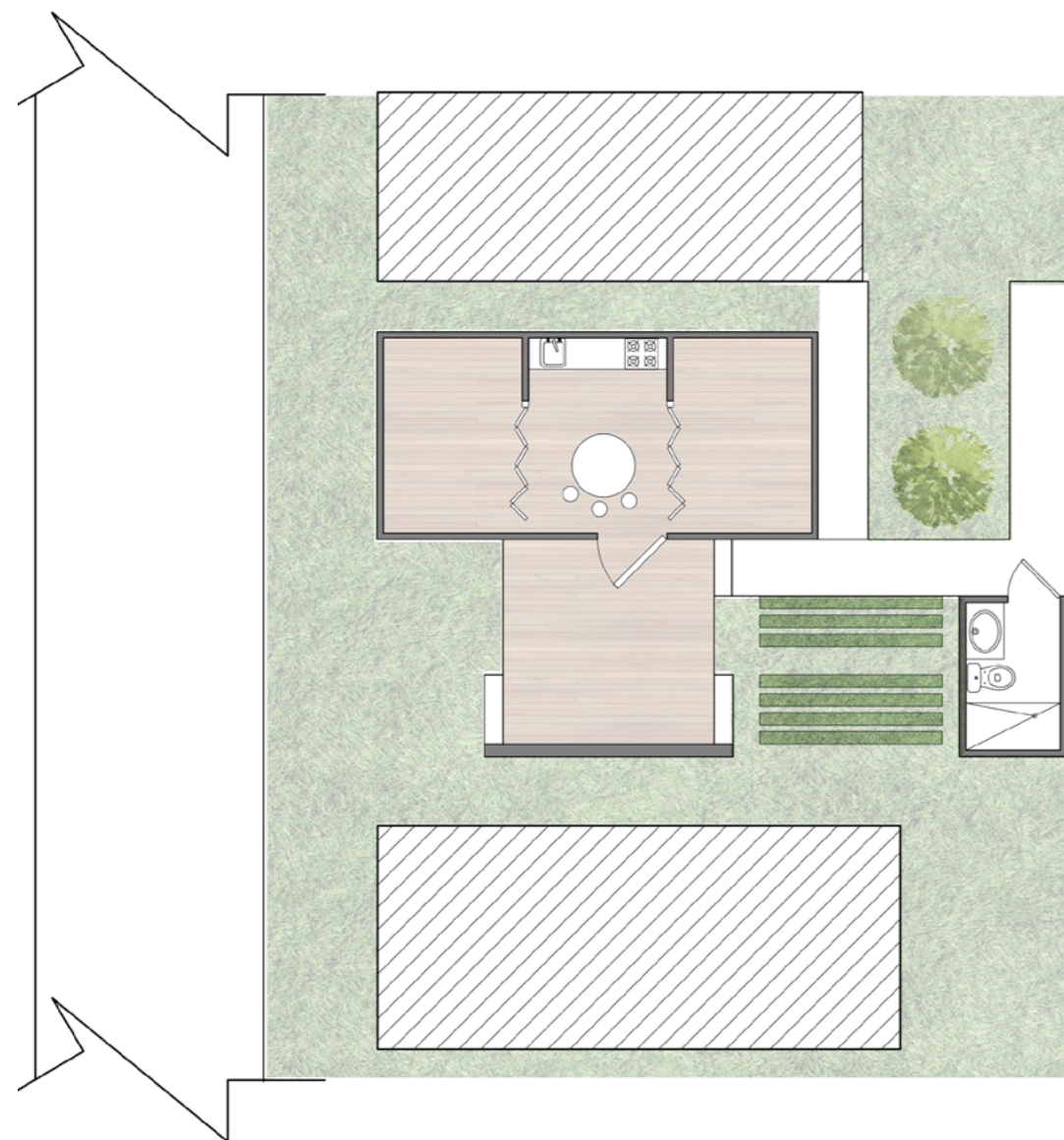
2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

Las bases del proyecto son de hormigón y ladrillos, y se elevan del terreno para evitar la humedad y permitir el flujo del aire bajo el piso. Sobre esta cimentación se articula modularmente pallets de madera de pino. Las ventanas se construyeron en base a madera semidura y tiras de desecho recicladas. Como cubierta cuenta con planchas de zinc. La zona habitable fue encapsulada en un sistema de muros acústicos, hecho totalmente a base de botellas de plástico reciclado, un material que puede ser reformado una y otra vez. Al encontrarse la casa elevada desde el suelo permite un flujo constante de aire debajo del piso a su vez la altura del techo y los espacios abiertos, más la transparencia de las ventanas (Figura 47) permiten una ventilación cruzada. (Arquitectura Panamericana, 2016)



Figura 47 Interior del Proyecto Chacras, El Oro - Ecuador.

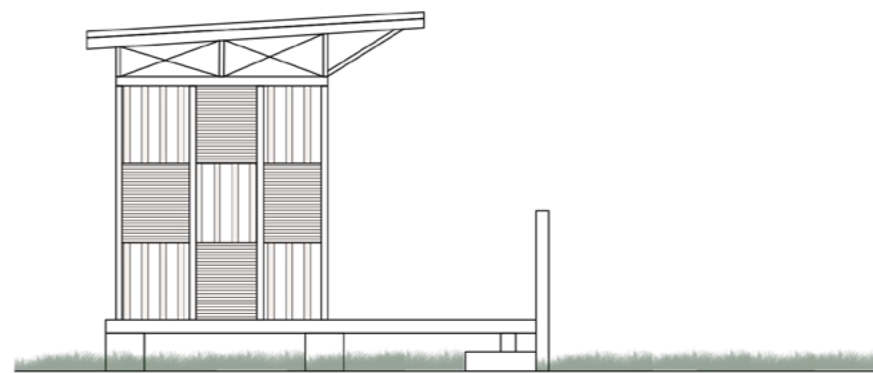
2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional



Planta



Elevación Frontal



Elevación Lateral 0 1 5 10

2.2 Casos de Estudio - Contexto Nacional

El proyecto piensa en las necesidades físicas de una vivienda, y a su vez abarca las necesidades económicas y sociales que pueden presentarse dentro de la familia, por lo que su diseño dispone de un huerto y espacios abiertos como la plataforma para realizar eventos, esperando que cuyas actividades organizadas generen ingresos para la familia. De igual forma, conscientes de los cambios que sufre una familia al paso del tiempo, la vivienda se basa en tres cuerpos, con opción de crecimiento progresivo (Figura 51) hacia la plataforma (Mena, 2019).

Criterios cumplidos:



Lo destacable de este proyecto es el uso de materiales reciclados, prolongando la vida útil de estos materiales, además se destaca el uso de materia prima que tiene un buen desempeño a lo largo del tiempo y no necesita un mayor uso de recursos en su mantenimiento.



Figura 51 Plataforma Exterior - Proyecto Chacras, El Oro - Ecuador.

2.3 Conclusión de Casos de Estudio

Si bien no todos estos ejemplos fueron concebidos para ser arquitectura circular, muchos de estos emplean estrategias muy similares a los criterios mencionados, por lo que son de utilidad para la presente investigación. De estos se destaca:

- o El uso de materiales que por lo general son rechazados por ser considerados poco estéticos o no muy resistentes. Pero que muestran múltiples beneficios como su adaptabilidad, posibilidad de múltiples usos y bajo impacto ambiental durante su vida útil, por lo que pueden considerarse materiales sostenibles. Esto se observa en el proyecto Chacras con el uso de palets.
- o El empleo de mecanismos de unión que permiten su fácil montaje, desmontaje y reciclaje, como en el caso de Huaira donde se emplean pernos y tornillos.
- o La utilización de tecnologías que ayuden a optimizar la organización de la obra y de las partes que la componen, en el proyecto Circular Building se realiza con un código QR.
- o El diseño es adaptativo a las condiciones del entorno y a las necesidades cambiantes de los usuarios, permitiendo la evolución y crecimiento, como muestra el proyecto Casa Color Caribe en sus formas de expansión.

En la Figura 52 se observan los casos de estudio y los criterios que cumplen los mismos.





	CRITERIO 1 	CRITERIO 2 	CRITERIO 3 	CRITERIO 4 
CIRCULAR BUILDING	✓	✓	✓	✓
PFC_01	✓	✓	✓	✓
CASA COLOR CARIBE	✓			
HUAIRA	✓	✓		
CHACRAS	✓	✓	✓	✓

Figura 52 Resumen de casos de estudio, propio.

2.4 Estudio de materiales

En base a los casos de estudio revisados anteriormente, se enlista los siguientes materiales que fueron empleados y se los categoriza en tres grupos:

- o Materiales tradicionales y propios de las zonas.
- o Materiales utilizados en planes de vivienda de interés social.
- o Materiales nuevos en la industria y que son implementados en proyectos internacionales.

Estos materiales serán evaluados posteriormente para su posible uso en el anteproyecto del prototipo.

2.4.1 Materiales tradicionales

Guadúa

Crece en zonas tropicales desde México hasta Argentina, donde Colombia, Ecuador y Panamá registran mayor tradición en su uso. Gracias a sus múltiples ventajas como la flexibilidad, rigidez y elasticidad otorgada por sus nudos, hacen de la caña un material idóneo para soportar los movimientos telúricos. Sus propiedades estructurales pueden ser comparadas con las del acero, superando a la mayoría de maderas, es por esto que es considerada como “acero vegetal” (Maiztegui, 2020). Una de las desventajas radica en la idiosincrasia del ecuatoriano, ya que a menudo se asocia la caña guadua con la pobreza. Sin embargo, según Verónica Rea, master en innovación tecnológica de la edificación esta ideología se debe a que en Ecuador no se ha trabajado como se debe el tema de la caña, para otros países como Colombia y Perú, donde este material tiene mayor valor (Telégrafo, 2016).

APLICACIÓN	TEXTURA
Estructura Muros	

Madera

Gracias a las nuevas tecnologías y a los múltiples beneficios, construir en madera se ha convertido en una de las alternativas más rentables. Entre las propiedades de la madera tenemos que; es un material anisotrópico, lo cual obliga a tener presente la orientación de las solicitudes con relación al material: paralela y perpendicular a la fibra (NEC- SE - MD, 2014). Es un material higroscópico, ya que puede absorber o perder agua de acuerdo al ambiente en la que se encuentra expuesto, de acuerdo a esto puede contraerse o expandirse, también es un buen aislante acústico y térmico (García, 2015). En la provincia de El Oro las especies maderables más comercializadas son el laurel, pino, guachapeli y el roble. Según Mendoza, Z. A et al. (2015). Mientras que en la provincia del Azuay las especies más comunes son: capulí, eucalipto, cedro.

APLICACIÓN	TEXTURA
Estructura Acabados	

2.4 Estudio de materiales

Piedra

La piedra se ha utilizado como material de construcción desde la prehistoria. Se trata de un material natural, de reducido impacto ambiental, de alta durabilidad y conservación (BATEIG, 2017).

La piedra tiene diversos usos en la construcción como en cimentaciones, fachadas, recubrimientos de paredes y acabados en general como suelos, encimeras, repisas, escaleras).

La piedra natural es un producto muy resistente y duradero, de forma que se convierte en un material de construcción muy valioso con el tiempo. Su apariencia se mantiene a lo largo de los años sin deterioro, ahorrando así costes de mantenimiento, Además posee una elevada inercia térmica, lo que lo convierte en un gran aislante que proporcionará un importante ahorro en calefacción y refrigeración (A. Sostenible, 2018).

APLICACIÓN	TEXTURA
Cimentación Estructura	

Teja

Las tejas son elementos de cobertura para colocación discontinua sobre tejados en pendiente. Muchas estructuras con teja han permanecido intactas, funcionales y estéticas a través de los años, por lo que el valor inmueble se eleva. Su gran versatilidad contribuye a la resistencia al fuego y a heladas, estanqueidad de agua y aire, armonía con el paisaje y al aislamiento térmico, beneficiando tanto en el confort en los usuarios como en el ahorro energético. Debido a estos motivos, medioambientales, sostenibles y estéticos la teja en la última década ha retomado gran importancia e incrementando su uso y reciclaje (García, 2019).

APLICACIÓN	TEXTURA
Cubierta	

Tierra

La tierra es uno de los materiales más importantes y más abundantes en la gran mayoría de las regiones del mundo, cuenta con propiedades y con ciertas características que le permiten ser usada en diferentes campos industriales. Para las construcciones a base de tierra se pueden establecer distintas propiedades tanto físicas como químicas de los materiales usados; como la estructura, porosidad, densidad, textura y color, así como la resistencia a la compresión. Los principales usos de la tierra fueron; los adobes, bloques de tierra compactada (BTC) y tierra apisonada donde los estabilizantes más usados fueron la cal y el cemento; estos permiten el mejoramiento de las propiedades de la tierra tanto mecánicas como de resistencia (Molina y Becerra, 2020).

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros	

2.4 Estudio de materiales

2.4.2 Materiales utilizados en vivienda de interés social.

Acero

La estructura metálica, hoy día en acero, es un método alternativo de construcción al del hormigón estructural. El acero es un material de elevada resistencia específica, resistencia por unidad de peso, por lo que los elementos poseen reducida sección transversal. Entre sus características se encuentran la rapidez de construcción, la ductilidad, que favorece su uso en edificios sometidos a sollicitación sísmica; la ligereza y la desmontabilidad, para traslado y nuevos usos o reciclaje (Ramirez, 2002).

APLICACIÓN	TEXTURA
Estructura	


Bloque

En Ecuador, es uno de los materiales más utilizados como pieza de mampostería para la construcción de paredes divisorias y de cerramiento (envolvente). El bloque de hormigón prefabricado y alivianado es un material cuyos compuestos le otorgan su característica de ligereza y fácil manipulación, tiene forma prismática y posee cavidades dadas por el molde. De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 638, los bloques de hormigón se clasifican por su uso en 5 tipos, A, B, C, D y E. El tipo D se utiliza en “Paredes divisorias exteriores e interiores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.” Y el tipo E hace referencia a “Losas alivianadas de hormigón armado”. Los materiales utilizados para la elaboración son: polvo de piedra, pómez triturado, cemento portland tipo i y agua (Crespo, 2015).

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros	

Fibro cemento


Las placas de fibrocemento son fáciles de cortar, perforar e instalar. Se utilizan principalmente en construcciones como material de acabado. Tiene un coste bajo y un peso ligero por lo que lo hace un material apto para cualquier construcción de cualquier tipo (Roldan, 2020). Entre sus ventajas está su bajo mantenimiento y es resistente a plagas, a la humedad y al fuego, tiene un buen comportamiento ante la aplicación de cargas e impactos (Sicon, 2014). A su vez es impermeable, y es un excelente aislante acústico y térmico (Esquinas, 2019).

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros	

2.4 Estudio de materiales

Hormigón

El hormigón se utiliza en la mayoría de los edificios, puentes, túneles y presas por su gran fuerza y resistencia. Esta fuerza se incrementa además con el tiempo. Se ha comprobado que las estructuras de hormigón pueden soportar desastres naturales tales como huracanes o terremotos. Gracias a ser un material inerte, compacto y no poroso, no pierde sus propiedades clave con el tiempo. Es considerado uno de los materiales más asequibles a comparación de otros como el acero. Debido a sus características intrínsecas tiene una buena resistencia al fuego y retiene mejor la temperatura, lo que ayuda a la refrigeración en invierno, y al almacenamiento de calor en verano, cabe recalcar que cuanto más luz refleja el hormigón, menos calor absorbe (Termiser, 2016).

APLICACIÓN	TEXTURA
Cimientos Estructura Muros	

Ladrillo

El ladrillo es uno de los materiales más usados en la construcción, esto debido a sus múltiples ventajas, como la estética y su excelente resistencia a la compresión, Además de ser duros y fuertes, los ladrillos ideales otorgan una protección máxima contra incendios, también deberían proporcionar un aislamiento adecuado contra el calor, el frío y el ruido (Arquitectura Pura ,2021). Los ladrillos más pesados son malos aislantes del sonido, mientras que los ladrillos ligeros y huecos proporcionan un buen aislamiento acústico (Maldonado, 2021).

APLICACIÓN	TEXTURA
Cimentación Muros Cubierta	

Zinc

Las Planchas de Zinc son conocidas por su excelente relación precio/calidad, por lo que es el material preferido para los techos de viviendas, ya sea como plancha lisa (que entrega un revestimiento muy hermético y continuo) u ondulada, para mayor resistencia. El zinc es un metal plateado o grisáceo, maleable, dúctil y moderadamente duro, por lo que puede enrollarse y tensarse con facilidad. Es un excelente conductor del calor y la electricidad, no es ferromagnético y tiene punto de fusión de 419,5 °C y punto ebullición de 907 °C (Uriate, 2021). Sin embargo, tiene algunas desventajas como su baja aislación acústica, ya que estos pueden llegar a ser muy ruidosos en épocas de lluvia (Max Acero Monterrey, 2021), y su desempeño en cuanto al contacto prolongado con agua, que provoca graves daños como oxidación e incluso corrosión.

APLICACIÓN	TEXTURA
Cubierta	

2.4 Estudio de materiales

2.4.3 Materiales nuevos


Láminas de tetrapak

Es un material que, por medio de un proceso de lavado, molido y prensado de los envases de TETRAPAK usados, da como resultado laminas aglomeradas de alta resistencia y durabilidad, las cuales por la naturaleza de sus componentes poseen una serie de características muy buenas, las que pueden ser aprovechadas en diferentes aplicaciones e industrias en especial la, mobiliaria y la construcción. Las láminas aglomeradas de TEKTAN que se comercializan son de 1,22m x 2,44m, en espesores de 9 mm, 14 mm y 18 mm (Álvarez et al., 2012).

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros Cubierta Acabados	

Tablero aglomerado

Los tableros de partículas de madera se construyen a partir de virutas de madera muy pequeñas encoladas a presión. Se fabrican diferentes tipos en función de la forma y del tamaño de las partículas, de su distribución en el tablero, así como por el tipo de aglutinante que se utiliza para unirlos. Los tableros de partículas son materiales estables y de consistencia uniforme. La mayoría de los tableros de partículas son relativamente frágiles y presentan una menor resistencia a la tracción que los tableros contrachapados (Aricapa, 2011). Manipulación de tableros aglomerados.

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros	

Tablero contrachapado

El tablero contrachapado es el primer intento, y acierto, para conseguir madera reconstituida técnicamente con un doble fin: obtener un producto más homogéneo y de mayor calidad junto con un mejor aprovechamiento de un recurso forestal cada vez más escaso (Peraza et al., 2014). Es un tablero que se obtiene encolando chapas de madera de forma que las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo determinado, generalmente recto, con objeto de equilibrar el tablero. El número de chapas o capas suele ser impar con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero obtenido respecto de madera maciza (Cruz, O., 2017)

APLICACIÓN	TEXTURA
Muros Acabados	

C3

- 3.1 Análisis de las características de los sitios de emplazamiento de la vivienda social
 - 3.2.1 Análisis de características físicas y climáticas de zona climática 1 del Ecuador
 - 3.2.2 Análisis de características físicas y climáticas de la zona climática 3 del Ecuador
- 3.2 Análisis de materiales de construcción.
 - 3.2.1 Metodología Multicriterio
 - 3.2.2 Materiales Tradicionales
 - 3.2.3 Materiales Utilizados
 - 3.2.4 Materiales Nuevos
 - 3.2.5 Metodología AHP
 - 3.2.6 Metodología Criterio de Expertos
- 3.3 Materiales de construcción de zonas de clima cálido del Ecuador
- 3.4 Materiales de construcción de zonas de clima frío del Ecuador
- 3.5 Conclusiones

Análisis del sitio de emplazamiento

De forma general el clima abarca temas como la temperatura, humedad, viento y sol, e incluye patrones de variación tanto en el día como en la época del año.

Para incluir estas variaciones el IECC CODE (International Energy Conservation Code) establece zonas climáticas que sirven para conocer los requerimientos que tiene cada una y tomarlos en cuenta al momento de diseñar un proyecto.

La clasificación realizada por ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) divide a las zonas de acuerdo a los valores de humedad, salinidad y temperatura. Según la distribución original existen 8 tipos de zonas según su grado de temperatura, el Ecuador sin embargo cuenta con 6 de estas según la NEC-HS-EE (Figura 67), que fueron adaptadas de acuerdo a las regiones climáticas del país en el año 2018.

Además, se aumenta la categoría en cuanto a la salinidad las zonas, estas se ordenan en tipo A, húmeda no marina, B seca no marina y C zona marina (IECC CODE and COMMENTARY, 2008).

En la Tabla 3 se puede apreciar las equivalencias de las zonas climáticas mencionadas.

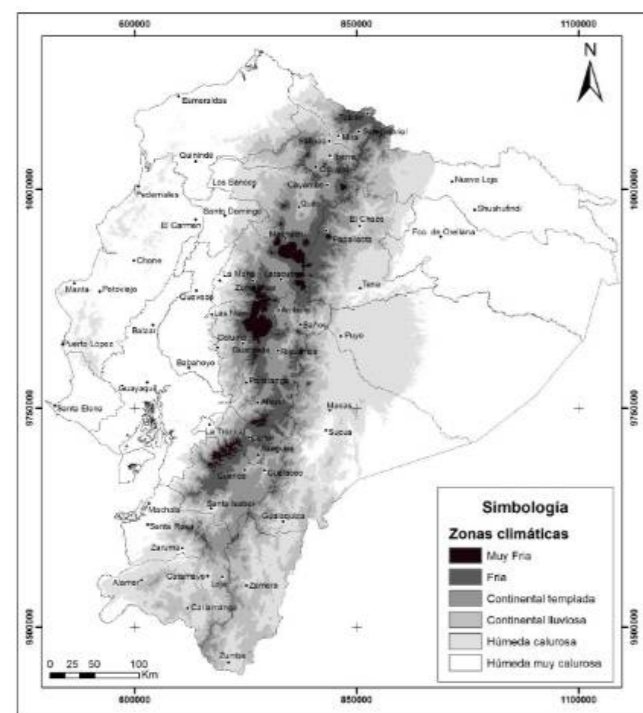


Figura 67 Zonas climáticas del Ecuador, NEC-HS-EE.

Z. C. (Ecuador)	Z. C. (Ashrae 90.1)	Nombre	Criterio Térmico
1	1A	Húmeda muy Calurosa	5000 < CDD 10°C
2	2A	Húmeda Calurosa	3500 < CDD10°C < 5000
3	3C	Continental Lluviosa	CDD10°C < 2500 y HDD18°C < 2000
4	4C	Continental Templado	2000 < HDD18°C < 3000
5	5C	Fría	CDD10°C < 2500 y HDD18°C < 2000 2000 < HDD18°C < 3000 3000m < Altura (m) < 5000m
6	6B	Muy Fría	CDD10°C < 2500 y HDD18°C < 2000 2000 < HDD18°C < 3000 5000m < Altura (m)

Tabla 3 Zonificación climática, NEC-HS-EE., propio.

3.1 Análisis de las caRacterísticas de los sitios de emplazamiento de la vivienda social.

Según el MIDUVI, el déficit de vivienda en Ecuador alcanza el 2.7 millones de unidades para el año 2021. En este diagnóstico se indica que existe una clasificación en cuanto a carencias de vivienda y condiciones de la misma. Es así que se divide en viviendas recuperables y viviendas irre recuperables. De las cuales, 2 millones son recuperables y otras 600 mil son irre recuperables, es decir que su condición es muy mala y la única acción a tomar es el derrocamiento y reconstrucción.

De estas viviendas irre recuperables un 56.92% se encuentran en zona rural y 43.08% en zona urbana. Finalmente, la mayor necesidad de vivienda se presenta en la región costa (56.97%) y en segundo lugar la región sierra (38.38%). Con un total de 325.000 personas que buscan adquirir una vivienda de interés social. (MIDUVI, 2021).

En el Ecuador el déficit de vivienda es un tema preocupante, es por esto que en la presente investigación se optó por escoger la zona 1 y 3 correspondientes a las regiones con mayor necesidad de vivienda (Figura 70).

De estas zonas elegidas, se toma especial atención a las Provincias de El Oro y Azuay (Figura 68), debido a las limitaciones en cuanto a recursos para realizar la investigación, así como a la conveniencia, en cuanto al propósito académico y a la utilidad personal de las autoras de la investigación.

De estas provincias los datos sobre pobreza y desigualdad en temas de características de vivienda, son los siguientes:

Para la zona 1, la provincia de El Oro el porcentaje de déficit habitacional cuantitativo de la vivienda (en el año 2020) era de 10.70% (INEC--ENEMDU, 2020), por otra parte, el porcentaje de personas que viven en hogares con déficit habitacional en el año 2021 era de 45.6%, mientras que el porcentaje de personas que viven en condiciones de hacinamiento (2021) era del 18%. Además de ser importante mencionar que la Tasa de pobreza multidimensional era del 32.7% en ese mismo año (ENEMDU, 2021).

La zona 3 por su parte, en la provincia del Azuay el porcentaje de déficit habitacional cuantitativo de la vivienda según INEC--ENEMDU (2020), era de 10.23%, mientras que el porcentaje de personas que viven en hogares con déficit habitacional en el año 2021 era de 45.5%, y el porcentaje de personas que viven en condiciones de hacinamiento (2021) era del 5.2%. Se menciona así mismo la Tasa de pobreza multidimensional que para el año 2021 era del 24.3% (ENEMDU, 2021).

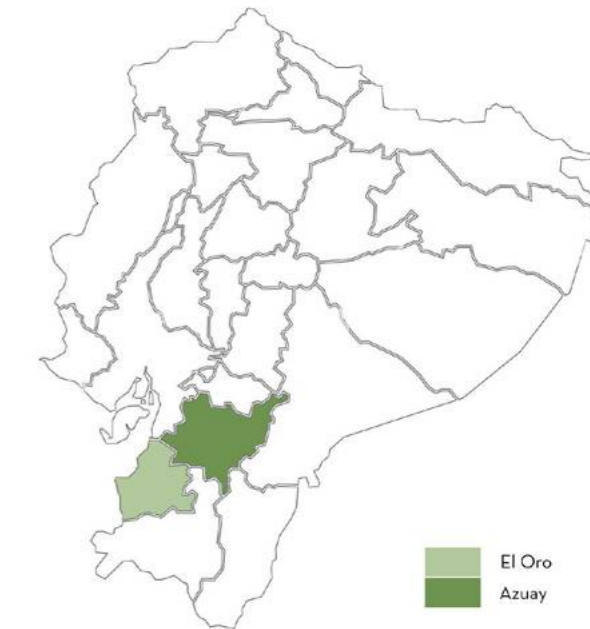


Figura 68 Provincias de estudio, propio

3.1 Análisis de las caRacterísticas de los sitios de emplazamiento de la vivienda social.

Antes de hacer la revisión de las características de las zonas elegidas, se realizará una breve explicación de términos comúnmente usados en temas bioclimáticos:

- o Temperatura: Es la medida del grado de calor o frío de un cuerpo o medio, los parámetros que describen la temperatura son la temperatura media, la media máxima y la media mínima en un promedio mensual multianual (IDEAM, 2018).
- o Precipitación: Es un fenómeno meteorológico en el que el vapor de agua se condensa y cae al suelo en forma de nieve, granizo, rocío y, lo más importante, lluvia. Un milímetro de precipitación equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie de 10m^3 cúbicos de agua por hectárea (González y Buitrago, 2012).
- o Ciclo Térmico: Es una prueba térmica recursiva en la que la temperatura se altera regularmente, llegando a un pico de temperatura alta y un pico de temperatura baja. Un ciclo térmico se considera completo cuando la temperatura vuelve a los valores iniciales (FDM, 2022).
- o Inercia térmica: Es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar

un cuerpo y la velocidad con que éste la cede o absorbe del entorno (IECA, 2020).

- o HDD: (Heating Degree Day) indica en cuantos grados y durante cuántos días la temperatura exterior fue más baja que la temperatura base y se utiliza para saber la energía necesaria para calentar un edificio (Degree Days, 2019).
- o CDD: (Cooling degree days) indica en cuanto (grados) y durante cuánto (días) la temperatura exterior fue más alta que una temperatura base. Indica la demanda de energía para refrigerar los edificios (Degree Days, 2019).

- o Ventilación natural: Es el intercambio de aire que se da de manera intencional a través de las aberturas de los espacios, ya sean puertas, ventanas, vanos, etc. (Fuentes y Rodriguez, 2004).
- o Ganancias de calor: Es la velocidad a la que un recinto capta calor en cualquier momento. Está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipos, entre otras (Moreno et al., 2011).

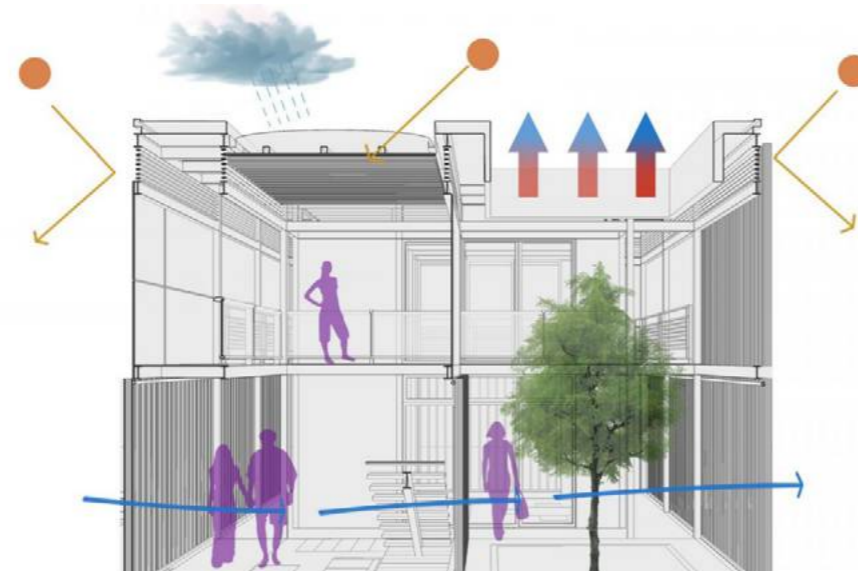


Figura 69 Arquitectura Bioclimática, IDAC

3.1 Análisis de las caRacterísticas de los sitios de emplazamiento de la vivienda social.

3.1.1 Análisis de características físicas y climáticas de la zona 1 del Ecuador.

Esta zona corresponde a la Zona Húmeda Muy Calurosa (según ASHRAE es la zona 1A) esta zona recibe más de 50 cm de precipitación anual y es caracteriza a las zonas costeras y amazónicas del Ecuador, con cierta diferencia en las oscilaciones térmicas día-noche (más notorias en el oriente) (Godoy et al., 2017).

En la tabla de referencia para zonificación climática, el criterio térmico indica que la zona posee una $5000 < \text{CDD } 10^{\circ}\text{C}$. Según la Norma NEC-11, esta zona posee temperaturas multianuales de $25\text{-}26^{\circ}\text{C}$.

Algunas provincias del país que se encuentran en esta zona son: El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, entre otras. Y algunas ciudades pertenecientes a esta zona son: Babahoyo, Esmeraldas, Portoviejo, Machala, Santa Elena, Guayaquil, etc.

Las estrategias según Godoy et al. (2017), para esta zona son:

- o Ventilación natural.
- o Inercia térmica (con o sin ventilación nocturna).
- o Minimizar las ganancias de calor por radiación solar.

3.1.2 Análisis de características físicas y climáticas de la zona 3 del Ecuador.

La zona 3 (3C de acuerdo a ASHRAE) corresponde a la zona Continental Lluviosa. Esta zona separa las regiones más calurosas de los valles andinos y se extiende por todo el país verticalmente (Godoy et al., 2017). El criterio térmico nos indica que la zona posee una $\text{CDD } 10^{\circ}\text{C} \cdot 2500$ y $\text{HDD } 18^{\circ}\text{C} \cdot 2000$ (NEC-HS-EE, 2019).

Los rangos de temperatura multianual van de $18\text{-}20^{\circ}\text{C}$, con una altitud de $1800\text{-}3200$ msnm (U.S Department of energy Building Technologies Office, 2015).

La zona presenta necesidades de calefacción y de refrigeración debido a las variaciones de ciclo día-noche. En la mayoría de localidades de esta zona existe una cantidad muy alta de lluvia (50 cm de precipitación anual).

Estas características se pueden encontrar en provincias como: Azuay, Chimborazo, Loja, Pichincha, entre otras. Y en ciudades como Loja, Cuenca y Quito.

Las estrategias pasivas recomendadas son:

- o Inercia térmica (sin ventilación nocturna).
- o Ventilación natural diurna.
- o Captación solar (en conjunto con la inercia) para acumular y almacenar calor hasta la inversión del ciclo térmico.

(Godoy et al., 2017)

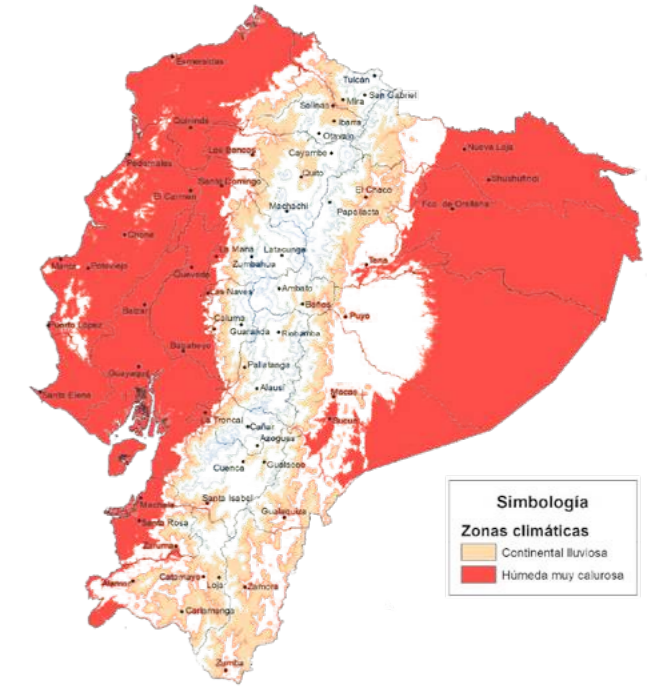


Figura 70 Zonas climáticas 1 y 3 del Ecuador, propio

NOTA: Algunas provincias cuentan con más de 1 zona climática, por lo que para la identificación más precisa de la zona climática de una localidad consultar las tablas expuestas en la NEC - Eficiencia energética en edificaciones residenciales (EE) (2018).

3.2 Análisis de materiales de construcción

Para la obtención de un proyecto circular, la fase de diseño es de suma importancia, esta fase en sí, no consume recursos ni produce residuos o contamina, pero sí tiene un impacto ambiental indirecto, a través de las fases que dependan de esta primera. La elección de materiales a su vez influye en todo el proceso posterior: la manera en que se construye el edificio, las estrategias de diseño, en cómo se va a utilizar, y qué ocurrirá cuando deje de utilizarse (Mercado, 2020).

Por esta razón, para tomar la decisión de que materiales usar en el proyecto se prosigue con los siguientes pasos:

- o Metodología multicriterio, para elegir los indicadores para evaluar a los materiales.
- o Metodología AHP, para la asignación de grado de importancia para cada criterio.
- o Metodología criterio de expertos, en la que un grupo de expertos relacionados con el tema de materiales constructivos y sostenibilidad, asignarán una puntuación a los materiales bajo los indicadores propuestos.
- o Elección de materiales.

Cada una fue detallada en el capítulo de metodología. La aplicación de estas, se realizó de la siguiente manera.

3.2.1 Metodología Multicriterio

En base al objetivo general propuesto al inicio de este trabajo: “Desarrollar un anteproyecto de vivienda social, basado en los principios de la arquitectura circular, considerando las particularidades de las zonas climáticas 1 y 3 dispuestas por la NEC para contribuir con el estudio de viviendas sustentables”. Se determinan 4 indicadores que deben cumplir los materiales (Figura 71). A modo de macro criterios. Estos son:

- o Materiales sostenibles. - aquel que es responsable con el medio ambiente durante su ciclo de vida.
- o Materiales eficientes. - son adaptables a diferentes condiciones dadas por el entorno donde se emplean.
- o Materiales versátiles. - materiales que permiten una construcción y deconstrucción más rápida y eficaz.
- o Materiales asequibles. - aquellos que son accesibles económicamente.

A continuación, se definen los criterios específicos derivados de cada macro criterio que ayudarán a comparar las opciones de materiales propuestas.



Figura 71 Materiales en la construcción

3.2 Análisis de materiales de construcción

Estos criterios se encuentran presentes dentro de los sistemas de certificación de edificaciones sostenibles, algunos indirectamente y otros explícitamente (Rocha-Tamayo, 2011). Estos están basados en los resultados que se quieren lograr en este capítulo.

A. Materiales sostenibles.

- o Bajo impacto ambiental. - materiales que durante su ciclo de vida tengan el menor impacto ambiental.
- o Reciclable. - materiales de gran potencial de reciclaje
- o Reutilizable. - aquellos materiales que permiten su reutilización después de cumplir su propósito inicial. Ya sea que se emplee para su uso original o para cualquier otro, siempre y cuando no pierda ninguna de sus propiedades

B. Materiales eficientes.

- o Adaptable a las zonas. - materiales que poseen gran capacidad de adaptabilidad a las diferentes condiciones climáticas de las zonas 1 y 3.
- o Buen confort térmico. - materiales que brindan un adecuado nivel de temperatura en el interior de la edificación.

C. Materiales versátiles

- o Funcional. - Material que permite un ensamblaje rápido, así como un fácil desmontaje gracias a su compatibilidad con métodos de anclaje.
- o Compatible. - Materiales que trabajan bien en conjunto con otros y potencien sus propiedades
- o Evolutivo. - Material que tiene la facultad de crecer, decrecer y cambiar de ubicación, sin sufrir daños significativos que afecten su desempeño.
- o Fácil de transportar. - Material que puede ser transportado dentro de la etapa de armado y desarmado en poco tiempo.

D. Materiales asequibles.

- o Poco mantenimiento. - Material que no necesitan un mantenimiento constante para funcionar en condiciones óptimas.
- o Económico. - materiales de costo módico en el mercado, y disponible en la zona.

Estos materiales serán evaluados durante todo su ciclo de vida, ya que la arquitectura circular no contempla solo la etapa de extracción, fabricación o uso, si no todo el proceso que conlleva el empleo de un material.

3.2 Análisis de materiales de construcción

3.2.2 Metodología AHP

Para dar un puntaje o un porcentaje en cada criterio dependiendo la importancia que estos tienen para el proyecto de titulación, se utiliza la metodología AHP.

Primero se utilizó la matriz de comparaciones pareadas, basando en la escala fundamental de Saaty (Tabla 4) en la que se otorga un valor del 1 al 9, dependiendo la importancia de un criterio frente a otro.

IMPORT.	SIGNIFICADO
9	Extremadamente más importante
7	De mayor importancia demostrada
5	De mayor importancia
3	Moderadamente más importante
1	De igual importancia
1/3	Moderadamente menos importante
1/5	De menor importancia
1/7	De menor importancia demostrada
1/9	Extremadamente menos importante

Tabla 4 Escala Fundamental de Saaty, propio

Obteniendo los siguientes resultados:

MATRIZ COMPARACIONES PAREADAS				
	Sostenible	Versátil	Eficiente	Asequible
Sostenible	1,00	1,00	3,00	3,00
Versátil	1,00	1,00	2,00	2,00
Eficiente	0,33	0,50	1,00	3,00
Asequible	0,33	0,50	0,33	1,00
SUMA	2,67	3,00	6,33	9,00

Tabla 5 Matriz de comparaciones pareadas, propio.

A continuación, se normaliza la matriz dividiendo el valor de la comparación para la suma de la columna:

	Sostenible	Versátil	Eficiente	Asequible
Sostenible	0,38	0,33	0,47	0,33
Versátil	0,38	0,33	0,32	0,22
Eficiente	0,13	0,17	0,16	0,33
Asequible	0,13	0,17	0,05	0,11

Tabla 6 Matriz normalizada, propio.

Se realiza el promedio (Tabla 7) de cada fila de la matriz de comparación para determinar el vector de peso del criterio

Suma de filas	Promedio	Vector fila total	Cociente
1,515	0,379	1,619	4,2740
1,246	0,312	1,310	4,2029
0,783	0,196	0,819	4,1863
0,455	0,114	0,461	4,0506
		λ_{max}	4,1784

Tabla 7 Promedios de la matriz de comparación, propio.

Después se calcula el índice de consistencia (CI) de la matriz de comparación. Para encontrar este valor se multiplica el promedio con la matriz original (matriz comparaciones pareadas) para encontrar el vector fila total, que dividido para el promedio nos permite encontrar el cociente. cuya media es λ_{max} .

El índice de consistencia (CI) es igual a λ_{max} menos el rango de la matriz (4) todo dividido en tres.

El radio de consistencia (CR) es igual al CI dividido para la consistencia aleatoria, la cual depende del tamaño de la matriz (Tabla 8).

Índice de consistencia	0,059481
Radio de consistencia	0,066832

Tabla 8 Índice de consistencia, propio.

Para saber si la matriz es consistente el CR debe ser menor al 9% debido a que es una matriz 4x4 (Tabla 9).

Tabla de consistencia aleatoria										
Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0	0	0,5	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5

Tabla 9 Tabla de consistencia, propio.

Para encontrar el peso de los criterios, primero debemos encontrar el vector propio, que se calcula multiplicando la matriz original por sí misma, tantas veces como el promedio sea el mismo que el anterior.

3.2 Análisis de materiales de construcción

Peso de los criterios	
C1	0,384
C2	0,312
C3	0,195
C4	0,109

Tabla 10 Peso de Criterios, propio.

Después aplicada la metodología, se obtienen los pesos distribuidos para cada macro criterio, que se presentan a continuación a modo de porcentaje:

Macro criterios	Peso
C1 Materiales Sostenibles	38%
C2 Materiales Eficientes	31%
C3 Materiales Versátiles	20%
C4 Materiales Asequibles	11%

Tabla 11 Pesos de macro criterios, propio.

Se aplica nuevamente la metodología para encontrar de igual manera los pesos correspondientes a cada criterio específico.

CRITERIO 1 (Anexo_A)

Criterios	Peso
C1.1 Bajo impacto ambiental	41%
C1.2 Reciclable	22%
C1.3 Reutilizable	37%

CRITERIO 2 (Ver Anexo_B)

Criterios	Peso
C2.1 Adaptable a diferentes condiciones climáticas	41%
C2.2 Buen Confort Térmico	29%
C2.3 Resistente	30%

CRITERIO 3 (Ver Anexo_C)

Criterios	Peso
C3.1 Funcional	36%
C3.2 Compatible	26%
C3.3 Evolutivo	28%
C3.4 Fácil de transportar	10%

CRITERIO 4 (Ver Anexo_D)

Criterios	Peso
C4.1 Poco mantenimiento	50%
C4.2 Económico	50%

Tabla 12 Peso de Subcriterios, propio.

A modo de resumen, la tabla de criterios y porcentajes es la siguiente:

OBJETIVO S ESPEC.	%	CRITERIOS	%
1. Materiales sostenibles	38%	1.1 Bajo impacto ambiental	41
		1.2 Reciclable	22
		1.3 Reutilizable	37
2. Materiales eficientes	31%	2.1 Adaptable	41
		2.2 Buen confort térmico	29
		2.3 Resistente	30
3. Materiales versátiles	20%	3.1 Funcional	36
		3.2 Compatible	26
		3.3 Evolutivo	28
4. Materiales	11%	3.4 Fácil de transportar	10
		4.1 Poco mantenimiento	50
TOTAL	100%	4.2 Económico	50

Tabla 13 Resumen de pesos para cada criterio, propio.

3.2.3 Metodología Criterio de Expertos

Se utiliza la metodología de criterio de expertos con la finalidad de conocer, de la mano de profesionales relacionados al tema de investigación, los valores otorgados a las opciones (materiales), basándose en los criterios (objetivos) propuestos.

Se siguen los siguientes pasos:

1. Selección de los expertos: se ha demostrado que el error en las previsiones realizadas disminuye con el número de expertos añadidos (Tabla 14), hasta situarse en valores del 5%, para un total de 15 expertos, a partir del cual, dicha disminución es poco significativa (Gorina, 2013).

Considerando esto, se considera que el número de expertos adecuado debe ser de 15 o más individuos (Michalus et al., 2015).

# EXPERTOS	MARGEN DE ERROR
5	20%
10	10%
15	5%
20	2,50%
30	1%

Tabla 14 Margen de error de acuerdo al número de expertos encuestados, propio

3.2 Análisis de materiales de construcción

Para la realización de esta etapa fueron consultados y encuestados los siguientes profesionales, entre ellos se encuentran: Arquitectos, Ingenieros Civiles, Ingenieros Ambientales.

- Dr. -Arq. Ader Garcia (Col)
- Arq. Msc. Alex Serrano (Ecu)
- Arq. PhD. Alfredo Ordoñez (Ecu)
- Dr. -Arq. Carlos Alonso Montolio (Esp)
- Dr. -Arq. Esteban Zalamea (Ecu)
- Dr. -Arq. Gerardo Wadel (Arg)
- Arq. Msc. Jaime Guerra (Ecu)
- Arq. Msc Jonathan Aguirre (Ecu)
- Arq. PhD. Juan Hidalgo (Ecu)
- Arq. Msc. Mauricio Bedoya (Col)
- Arq. Msc. Silvina Angiolini (Arg)
- Arq. Msc. Vanessa Guillen (Ecu)
- Ing. Amb. Kristi Padron (Ecu)
- Ing. Msc. Juan Sola (Ecu)
- Dr. -Ing. Paulo Peña (Ecu)

2. Elección de la metodología o método: existen varias metodologías y métodos para la evaluación a través del criterio de expertos, sin embargo para este trabajo de investigación la metodología que se usará es la Metodología de la preferencia.

3. Ejecución de la metodología: Se inicia con la elaboración de la guía de atributos a someter a la valoración de los expertos. Estos deberán expresar sus ideas y criterios sobre las bondades, deficiencias e insuficiencias que presentan las opciones valoradas. (Gorina et al., 2014).

Se realiza entonces una encuesta a cada uno de los profesionales con un total de 15 preguntas correspondientes a cada criterio dado, en las que se debía otorgar una calificación entre 0-5, donde:

- 0. Nulo
- 1. muy bajo
- 2. bajo
- 3. medio
- 4. alto
- 5. muy alto

Y una pregunta final donde se solicita elegir el material que se desenvuelve mejor en cada proceso constructivo (Ver Anexo_E).

La puntuación se realiza pensando que estos materiales serán empleados en la zona 1 o zona 3, por lo que ciertos valores cambian (Ver Anexo_F).

4. Procesamiento de la información: se procesa toda la información obtenida almacenada en la base de datos, lo que está condicionado a la metodología seleccionada (paso 2) (Gorina, Schery, Castillo, Isabel; 2013).

Los resultados de las encuestas se presentarán en los siguientes apartados.

3.3 Materiales de construcción de la zona 1 del Ecuador

OBJETIVO GENERAL		Encontrar el material adecuado (circular y adaptable)											TOTAL	
OBJETIVOS ESPECIFICOS		1. Material sostenible			Materiales eficientes			2. Material versatil			4. Materiales asequibles			
		38%			31%			20%			11%			
CRITERIOS		1.1. Bajo impacto ambiental	1.2. Reciclable	1.3. Reutilizable	3.1. Adaptable	3.2. Confort térmico	3.3. Resistente	2.1. Práctico	2.2. Multifuncional	2.3. Progresivo	2.4. Facil de transportar	4.1. Poco mantenimiento		4.2. Económico
%		41%	22%	37%	41%	29%	30%	36%	26%	28%	10%	50%	50%	
RADIACIONALES	MADERA	30,07	15,84	24,17	28,97	22,04	24,40	29,28	20,80	22,03	7,33	26,67	34,67	72,64
	GUADÚA	36,08	12,61	20,23	34,99	21,65	21,60	25,44	19,41	18,29	7,47	21,33	26,00	69,77
	TIERRA	35,53	17,31	29,60	27,33	22,43	11,20	7,68	12,13	12,69	5,20	18,67	26,67	62,75
	TEJA	27,88	11,44	16,28	31,71	19,33	12,00	21,60	7,63	12,69	6,53	24,67	28,67	56,23
	PIEDRA	33,89	18,48	32,07	33,89	21,65	22,00	10,08	14,91	14,19	4,27	31,33	33,33	71,93
ACTUALES	HORMIGÓN	17,49	6,16	8,88	31,71	13,15	26,80	12,96	17,68	12,32	5,07	36,67	34,00	51,95
	BLOQUE	23,51	5,87	8,88	28,97	12,37	12,00	9,60	11,79	13,44	7,47	34,00	22,00	45,69
	LADRILLO	24,60	8,51	12,83	30,61	18,95	16,40	11,04	15,60	13,81	6,53	30,00	26,67	53,53
	ZINC	16,95	11,44	15,29	26,79	4,25	8,40	25,92	10,40	14,93	7,47	27,33	24,00	46,22
	FIBROCEMENTO	18,59	5,87	13,81	27,88	11,60	16,00	25,44	14,91	16,43	6,93	27,33	26,67	50,42
ACERO	14,76	18,48	31,57	27,33	5,80	28,80	33,12	23,57	24,27	6,80	30,67	40,00	69,15	
NUEVOS	T. AGLOMERADO	25,15	12,61	18,25	27,33	17,01	14,00	26,40	12,83	17,92	8,00	25,33	27,33	58,20
	T. CONTRACHAPADO	25,69	12,32	18,25	28,43	18,17	15,20	26,40	13,52	18,29	8,00	30,67	30,67	60,53
	TETRAPAK	27,33	12,91	17,27	29,52	17,40	14,00	20,16	11,79	16,43	7,07	26,67	28,00	57,84

Tabla 15 Puntuación de materiales para la construcción en clima calido, propio.

Tras la aplicación de la metodología “criterio de expertos” en la zona 1 húmeda muy calurosa, los materiales obtuvieron las siguientes puntuaciones (Tabla 15):

- 1. Madera
- 2. Piedra
- 3. Guadúa
- 4. Acero
- 5. Tierra
- 6. Tablero Contrachapado
- 7. Tablero Aglomerado
- 8. Tetrapak
- 9. Teja
- 10. Ladrillo
- 11. Hormigón
- 12. Fibrocemento
- 13. Zinc
- 14. Bloque

3.3 Materiales de construcción de la zona 3 del Ecuador

OBJETIVO GENERAL		Encontrar el material adecuado (circular y adaptable)											TOTAL	
OBJETIVOS ESPECIFICOS		1. Material sostenible			2. Material eficiente			3. Material versatil			4. Material asequible			
CRITERIOS		38%			31%			20%			11%			
%		1.1. Bajo impacto ambiental	1.2. Reciclable	1.3. Reutilizable	2.1. Adaptable	2.2. Confort térmico	2.2. Resistente	3.1. Práctico	3.2. Multifuncional	3.3. Progresivo	3.4. Facil de transportar	4.1. Poco mantenimiento		4.2. Económico
RADIACIONALES	MADERA	30,07	15,84	24,17	32,80	10,83	24,40	29,28	20,80	22,03	7,33	26,67	33,33	70,21
	GUADÚA	36,08	12,61	20,23	31,16	15,85	21,60	25,44	19,41	18,29	7,47	21,33	23,33	66,50
	TIERRA	35,53	17,31	29,60	25,15	16,24	11,20	7,68	12,13	12,69	5,20	18,67	26,67	60,16
	TEJA	27,88	11,44	16,28	31,71	12,37	12,00	21,60	7,63	12,69	6,53	24,67	30,00	54,22
	PIEDRA	33,89	18,48	32,07	33,35	17,40	22,00	10,08	14,91	14,19	4,27	31,33	30,67	70,15
ACTUALES	HORMIGÓN	17,49	6,16	8,88	34,44	20,11	26,80	12,96	17,68	12,32	5,07	36,67	32,00	54,74
	BLOQUE	23,51	5,87	8,88	30,07	20,88	12,00	9,60	11,79	13,44	7,47	34,00	24,67	48,96
	LADRILLO	24,60	8,51	12,83	27,88	14,69	16,40	11,04	15,60	13,81	6,53	30,00	26,67	51,37
	ZINC	16,95	11,44	15,29	30,07	16,24	8,40	25,92	10,40	14,93	7,47	27,33	28,00	51,39
	FIBROCEMENTO	18,59	5,87	13,81	35,53	21,65	16,00	25,44	14,91	16,43	6,93	27,33	26,67	55,91
NUEVOS	ACERO	14,76	18,48	31,57	31,71	18,95	28,80	33,12	23,57	24,27	6,80	30,67	40,00	74,58
	T. AGLOMERADO	25,15	12,61	18,25	26,79	22,81	14,00	26,40	12,83	17,92	8,00	25,33	29,33	60,04
	T. CONTRACHAPADO	25,69	12,32	18,25	34,99	23,97	15,20	26,40	13,52	18,29	8,00	30,67	31,33	64,43
	TETRAPAK	27,33	12,91	17,27	31,16	7,73	14,00	20,16	11,79	16,43	7,07	26,67	27,33	55,28

Tabla 16 Puntuación de materiales para la construcción en clima frío, propio.

3.5 Conclusiones

Después de realizar las encuestas, se obtienen las siguientes reflexiones (Tabla 17):

Se puede observar que los materiales obtienen resultados parecidos en ambas zonas, esto puede deberse a que la encuesta se realizó bajo el tema de sostenibilidad analizando todo su ciclo de vida, encontrando en estas muchas variables de tipología, fabricación y uso. A su vez los valores pueden alterarse debido a que el 33% de expertos encuestados no radican en el país y no conocen a profundidad las características de cada zona.

Se podría decir que por mayoría los materiales tradicionales obtuvieron mejores resultados, ya que en los primeros lugares podemos encontrar materiales como madera, guadúa y piedra. Los materiales como la tierra y la teja que son conocidos por ser utilizados en climas fríos como la zona 3 por sus buenas características térmicas, no obtuvieron puntajes altos debido a que no tiene buen desempeño en algunos criterios como reutilizable, fácil de transportar, y progresivo. A continuación, se encuentran los materiales nuevos que fueron estudiados en los casos de estudio del cap. 2, como el contrachapado, aglomerado y el tetrapak, que si bien aún no son muy conocidos en el mercado nacional como es el caso del tetrapak demuestran ser buenas opciones para proyectos más versátiles y sostenibles.

Y en último lugar se encuentran los materiales comúnmente usados en proyectos de interés social como el ladrillo, bloque y el zinc, mismos que obtuvieron las puntuaciones más bajas de la encuesta, esto se puede interpretar en que los materiales implementados en proyectos de VIS no cumplen con las características de circularidad, por lo que deberían ser reformulados.

Si bien, en la arquitectura circular es importante las emisiones de CO2 del material durante toda su vida útil, cabe recalcar que en la encuesta se prioriza las propiedades del material y su facilidad de ser desmontado y reciclado ya que este es otro de los enfoques principales de la arquitectura circular, es por esto que materiales de bajo impacto ambiental como la tierra, el ladrillo y el hormigón obtienen puntajes bajos.

	Zona 1		Zona 3	
	Material	Puntuación	Material	Puntuación
Cimentación	Piedra	71,93	Piedra	70,15
	Ladrillo	53,53	Hormigón	54,74
	Hormigón	51,95	Ladrillo	51,37
Estructura	Madera	72,64	Acero	74,58
	Guadua	69,77	Madera	70,21
	Acero	69,15	Guadúa	66,50
Piso	Madera	72,64	Madera	70,21
	Guadua	69,77	Guadúa	66,50
	Tablero Contrachapado	60,53	Tablero Contrachapado	64,43
Muro	Madera	72,64	Madera	70,21
	Guadua	69,77	Guadúa	66,50
	Tierra	62,75	Tablero Contrachapado	64,43
Cubierta	Tetrapak	57,84	Fibro cemento	55,91
	Teja	56,23	Tetrapak	55,28
	Fibro cemento	50,42	Teja	54,22

Tabla 17 Resumen de los mejores materiales según su aplicación, propio.

En la Figura 72 se observa los materiales que obtuvieron mejores resultados, por lo que se procedió a seleccionarlos de acuerdo a su funcionalidad. En la estructura y anclaje se usará el acero y la madera, para la envolvente de la zona 1 y 3, se usará la guadúa y tableros contrachapados gracias a su adaptabilidad en cada zona respectivamente. Y por último, para la cubierta, el tetrapak.

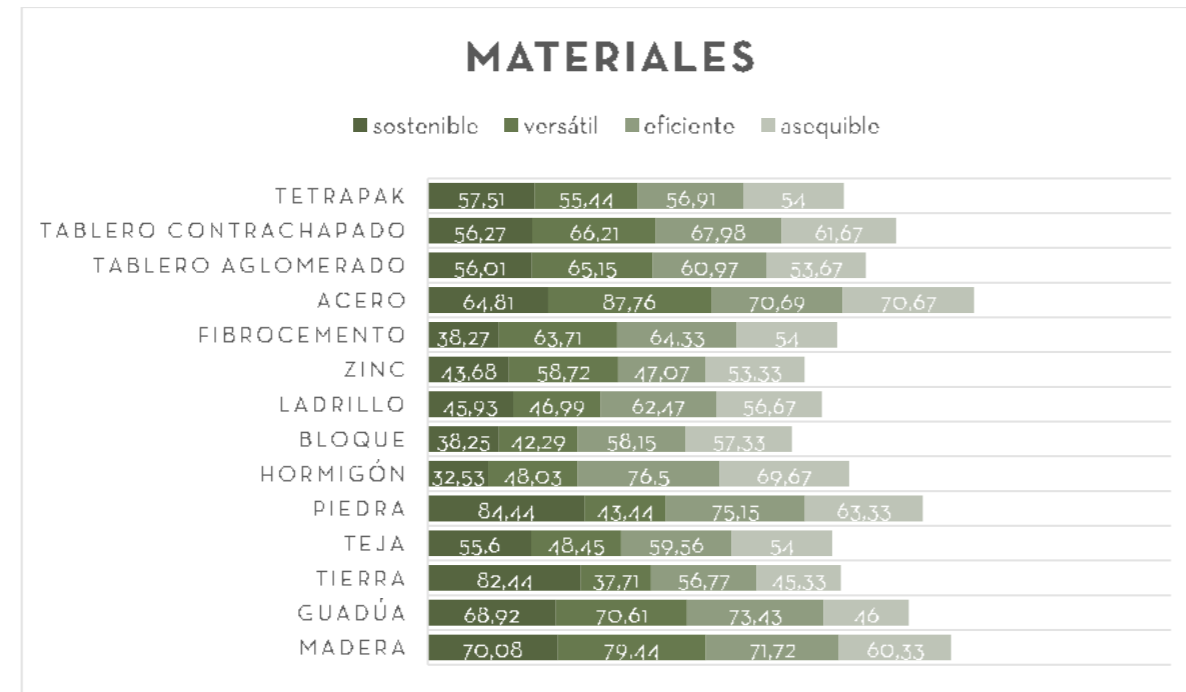


Figura 72 Resultados de valoración de materiales, propio.

C4

- 4.1 Determinación de lineamientos del proyecto
 - 4.1.1 Proyecto base
 - 4.1.2 Programa arquitectónico del prototipo
 - 4.1.3 Elección del sistema constructivo circular
- 4.2 Análisis de desempeño del modelo
 - 4.2.1 Análisis de iluminación
 - 4.2.2 Análisis de confort y habitabilidad
 - 4.2.3 Análisis de emisiones de CO2
- 4.3 Anteproyecto del prototipo
 - 4.3.1 Análisis del sitio de emplazamiento
 - 4.3.2 Plantas
 - 4.3.3 Prototipo Zona climatica 1
 - 4.3.1.1 Elevaciones
 - 4.3.1.2 Secciones
 - 4.3.3 Prototipo Zona climatica 3
 - 4.3.1.1 Elevaciones
 - 4.3.1.2 Secciones
 - 4.3.5 Detalles
 - 4.3.6 Presupuesto
 - 4.3.7 Cronograma

Diseño de prototipo de vivienda social.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.1 Proyecto base.

Es importante tener en mente los proyectos realizados en el país, específicamente planes del gobierno referentes a vivienda social para contrastar los mismos con las nuevas necesidades y condiciones de los ciudadanos.

Las viviendas del MIDUVI tienden a ser emplazadas en terrenos pequeños, ya sea en proyectos unitarios donde en su mayoría los terrenos son donados al beneficiario o en proyectos a mayor escala donde se busca alcanzar el mayor número de viviendas posibles. omitiendo los respectivos análisis de soleamiento y vientos de cada sitio. Provocando que su posición no siempre sea la más favorable para su habitabilidad.

De esta forma es posible plantear un proyecto que posea estas características y que vaya de la mano con las condicionantes de la arquitectura circular, por esta razón se toma el ejemplo de una vivienda referida al plan estratégico 2017-2021 del gobierno del presidente Lenin Moreno (Figura 73), mismo que mediante la empresa pública “Casa Para Todos” propone diferentes tipologías de viviendas subvencionadas por el estado. Es entonces que con el objetivo de analizar una vivienda que cuente con características relevantes para el presente proyecto, se selecciona la tipología de vivienda “1D”.

Esta tipología presenta ciertas variaciones dependiendo la empresa que propone el proyecto. Estas variaciones por ejemplo están en los materiales usados y en la forma de ampliación, ya que para la empresa pública “Casa para todos”, la vivienda se expande a 3 dormitorios de forma horizontal y puede ser aplicada en costa y oriente (Subsecretaria de Vivienda y Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018),



Figura 73 Diseño de vivienda de interés social propuesto por el gobierno de Lenin Moreno.

mientras que en la vivienda presentada por la Empresa Pública “Ecuador Estratégico” la posibilidad de crecimiento es vertical y se puede aplicar a costa, sierra y oriente (Villafuerte, 2021).

Se aclara que la tipología estudiada es la presentada por la Empresa Pública “Ecuador Estratégico” debido a que es la más pertinente para el trabajo de titulación.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto



Figura 74 Diseño de vivienda de interés social tipología 1D, MIDUVI.

La vivienda unifamiliar tipología 1D, fue diseñada para un grupo familiar de cuatro personas en planta baja (Villafuerte, 2021). Cada unidad habitacional posee un área de 51 m² aproximadamente.

En su interior, el espacio se conforma por zona social, servicio y descanso. Mismas zonas donde se encuentra: sala-comedor, cocina, 2 dormitorios, un baño completo y un área de lavado exterior (Figura 74).

Cabe recalcar que esta vivienda está adaptada a personas de movilidad reducida, es por esto que el baño está diseñado para discapacitados y cuenta con rampas de acceso.

En cuanto al sistema constructivo, consta de pórticos metálicos en columnas, vigas y para la estructura de cubierta, losa de entepiso tipo deck con placa colaborante, muros de bloque de 10cm y cubierta liviana metálica (Villafuerte, 2021).

En cuanto el precio se indica que el prototipo de vivienda 1D tiene un valor de \$29 369,24, es decir \$398 por m² (Villafuerte, 2021).

Se menciona que el precio por m² para la tipología contempla:

- o Sistema hidráulico sanitario
- o Sistema de aguas lluvias
- o Sistema de aguas servidas
- o Sistema de redes eléctricas

(González, 2021).

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

Como se indica anteriormente el área de cada unidad habitacional es de 51.03 m². Según Villafuerte Benítez (2021), las características para la implantación de la tipología 1D (Figura 75) para el Proyecto Urbano Arquitectónico especial San José son:

Descripción	Dimensiones
Área del lote	129,78 m ²
Planta baja	51 m ² (aproximadamente)

Tabla 18 Características de implantación de la tipología 1D.

La relación de las áreas de los ambientes internos es:

Ambiente	Área
Dormitorio 1	9m ²
Dormitorio 2	9m ³
Baño	5.1 m ²
Sala-Comedor-Cocina	20.1 m ²
Zona techada	3.3 m ²
Rampas	2.24 m ² y 4.5 m ²

Tabla 19 Áreas por habitaciones en la tipología 1D.

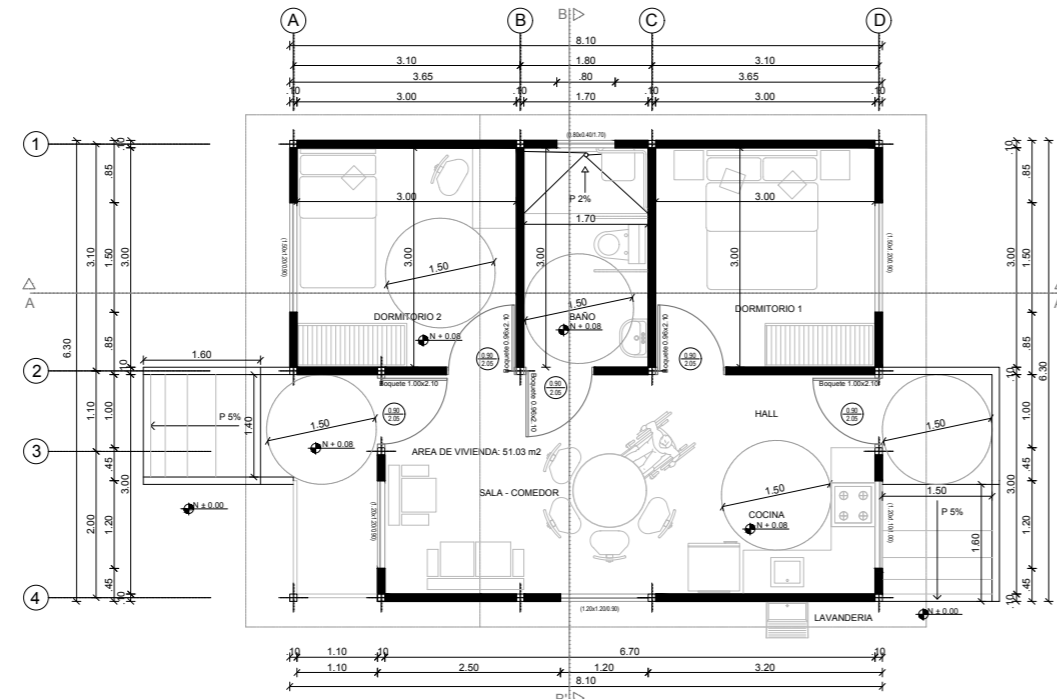


Figura 75 Planta tipo de vivienda tipología 1D, Ecuador Estratégico Empresa Pública. Escala 1:100

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.2 Programa Arquitectónico del prototipo.

En cuanto al proyecto, el programa cuenta con los ambientes básicos de una vivienda de interés social. En el siguiente cuadro se especifican los espacios y sus relaciones.

Áreas de la vivienda (Figura 76)
Los ambientes se clasifican de acuerdo a su uso en 4 áreas; descanso, servicio, social y complementarias.

Organigrama de relaciones (Figura 77)
La organización del proyecto está basada en la tipología 1D propuesta por el MIDUVI (2018), en la cual el área social del proyecto se desarrolla en un solo ambiente, mismo que da acceso a dos dormitorios y un baño. Estos espacios pueden ser sometidos a cambios de acuerdo a las necesidades que presente el grupo familiar, por ejemplo, si surge la necesidad de un negocio, se puede adaptar el dormitorio 1 para este fin, o si surge la necesidad de más espacio se puede crecer en altura, añadiendo una escalera en la parte posterior.

A continuación, se muestran otras alternativas de organización (Figura 78) que pueden presentarse en la vivienda según lo exijan los usuarios.

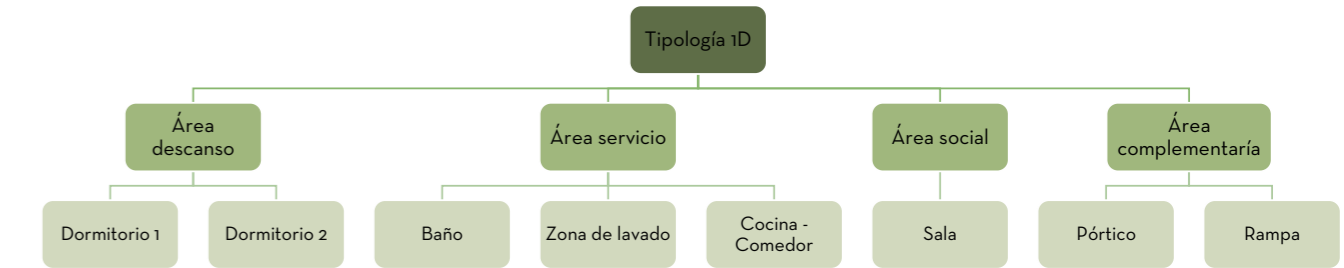


Figura 76 Clasificación de ambientes, Tipología 1D, propio.

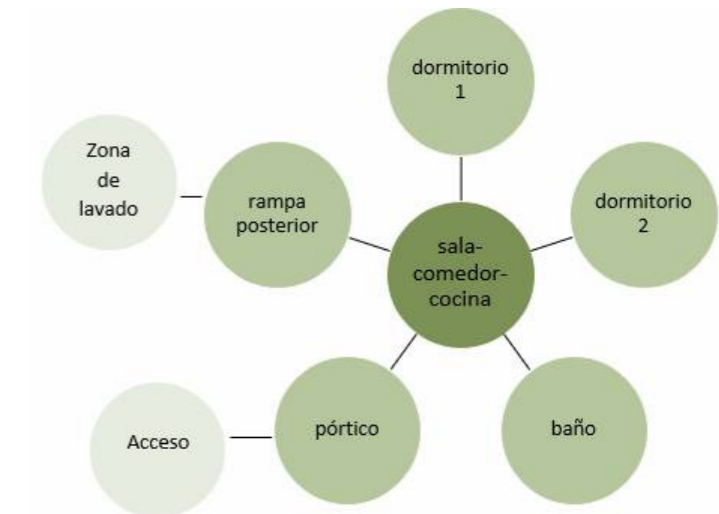
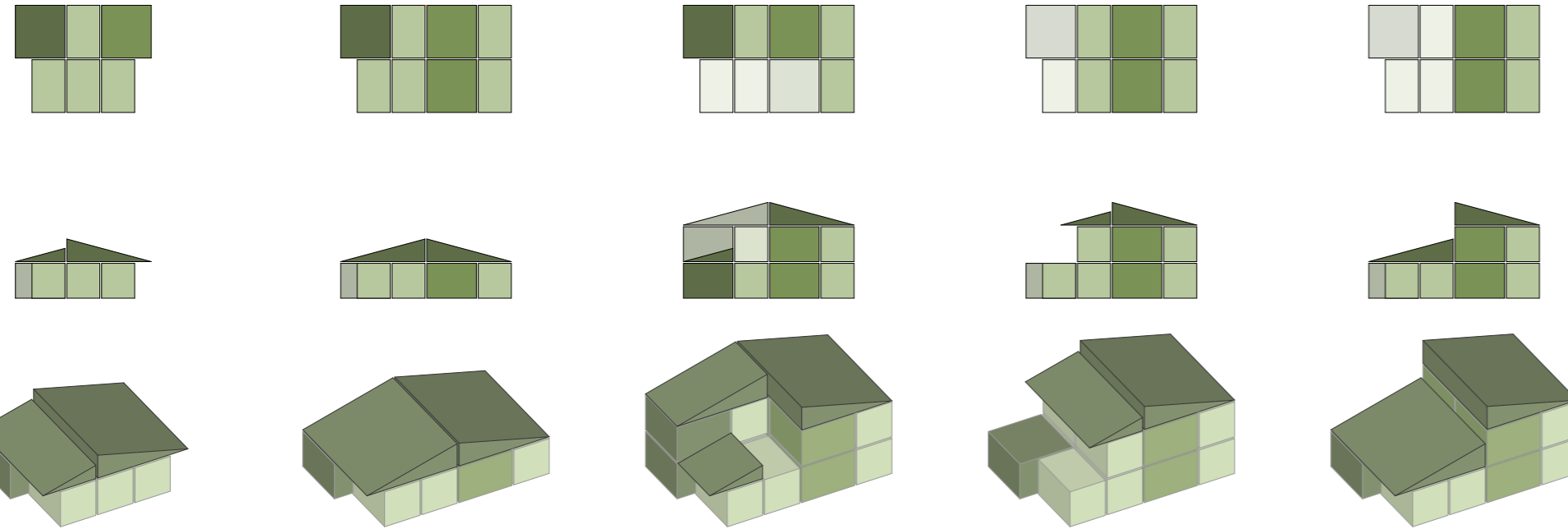


Figura 77 Organigrama de relaciones de ambientes, Tipología 1D, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto



Prototipo 1
Planta Baja
-Sala, Comedor, Cocina
-Dormitorio 1
- Baño
-Dormitorio 2

Prototipo 2
Planta Baja
-Sala, Comedor, Cocina
-Dormitorio 1
- Baño
-Dormitorio 2
-Estudio

Prototipo 3
- Sala, Cocina
- Comedor
- Dormitorio 1
- Baño
- Comercio
PLANTA ALTA
- Dormitorio 2
- Dormitorio 3
- Baño
- Terraza

Prototipo 4
- Sala, Cocina
- Comedor
- Dormitorio 1
- Baño
- Comercio
PLANTA ALTA
- Dormitorio 2
- Dormitorio 3
- Baño
- Sala de estar
- Terraza

Prototipo 5
- Sala, Cocina
- Comedor
- Dormitorio 1
- Baño
- Comercio
PLANTA ALTA
- Dormitorio 2
- Baño
- Sala de estar

Nota: Los prototipos mostrados son algunos ejemplos de las múltiples formas de crecer o de los usos que se le pueden dar a los espacios.

Figura 78 Alternativas de expansión, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.3 Elección del sistema constructivo circular.

Un sistema se puede definir como un conjunto de elementos componentes interrelacionados por leyes constructivas y funcionales, es decir un conjunto de subsistemas complementarios y acoplables entre sí (Monjo, 1986). En el proceso constructivo entonces debería plasmarse la posibilidad de descomponer esta unidad en partes o grupos que tienen funciones similares. Juan Monjo Carrió (1986) menciona 4 subsistemas básicos.

- o Subsistema estructural: cimentación, estructura vertical y horizontal.
- o Subsistema de cerramiento o envolvente: fachadas, cubiertas, tabiquería, puertas y ventanas.
- o Subsistema de acabados: pisos, muros, techos y exteriores.
- o Subsistema de instalaciones: fontanería, saneamiento y electricidad.

Los sistemas constructivos empleados se determinaron en base a la materia prima que mejor se adapta a las condiciones climáticas de las distintas zonas. En este caso zona 1 y zona 3.

4.1.3.1 Cimentación

- o Sistema Constructivo: Gaviones (Figura 79)

La arquitectura de piedra en seco, es decir sin argamasa, ha venido siendo considerada como parte de la arquitectura popular, tradicional o vernácula (Majuelos y Arjona, 2020). Una de las aplicaciones era mediante “Shicras” o bolsas de fibra vegetal rellenas con rocas (Blondet et. al, 2011).

Esta técnica fue utilizada en poblaciones de Perú hace más de 50 siglos. Esto como indica Blondet (2011) debido a la actividad sísmica que se producía en esos asentamientos. En la actualidad este sistema ha evolucionado, se lo conoce como gaviones y se conforma por mallas metálicas cuyo interior alberga diferentes tipos de piedras.

Tiene usos como estructura soportante de taludes, franjas hídras, en quebradas o lugares cuyo terreno inestable es propenso a deslizamiento e inundaciones. (Castañeda, 2019). Así como muros para cerramientos o elementos decorativos.

La forma de construcción radica en una malla de alambre por lo general de acero o zinc

galvanizado, este último proporciona mayor protección a largo plazo a la oxidación.

En cuanto al relleno de piedra dependiendo de su uso será variable para proporcionar mayor estabilidad al sistema, por ejemplo, si el factor gravedad es predominante o si la estructura está expuesta o sumergida a un flujo de corriente considerable es mejor utilizar piedras con peso unitario alto.

Otra consideración es el usar piedras con resistencia a la erosión y a la compresión para asegurar la durabilidad del sistema. Se recalca también que el tamaño más adecuado para el relleno debe ser de 1, 1.5 a 2 veces la dimensión de la abertura en la malla de alambre, para así no permitir que la piedra salga de los agujeros de la malla (Lin et. al ,2010).

Castañeda (2019) indica que la razón por la que este sistema se usa desde hace tanto tiempo es debido a que:

- o Se reduce el tiempo y costo en su armado.
- o No requiere personal calificado, solo es necesaria una guía o dirección y especificaciones técnicas de los materiales a utilizar.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

- o Posee una apariencia estética tanto en interior como exterior debido a la gran diversidad de piedras de diferentes colores y formas.
- o Es sustentable y ecológico especialmente si se usan piedras del sitio, además no afecta al ambiente.
- o Es permeable al viento y al agua, ofrece confort térmico.
- o Su comportamiento es monolítico, es decir funciona como un solo cuerpo.
- o Se adapta a distinta topografía y es resistente a distintas deformaciones.

Para adaptar este sistema a cimentación se optó por reforzarlo con una estructura de perfiles de acero alrededor de una placa de hormigón en la que se fundirán varillas en forma de L, estas a su vez funcionarán como pernos de anclaje en los que se sujetará la estructura de la vivienda.

Especificaciones:

DIMENSIÓN GENERAL	Gavión "caja" 100x80cm sobrecimiento: 27,5 cm	
	Estructura	Perfil
	Envolvente	Malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o con capa de Zinc apertura de 1", diámetro 0,3 cm
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Contenido	Piedra de río de la zona con diámetro de 10-15cm

Tabla 20 Especificaciones de cimentación, propio.

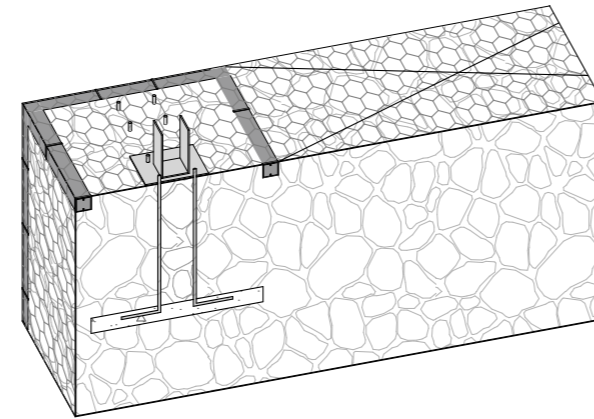


Figura 79 Sistema constructivo de gaviones reforzados, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.3.2 Estructura Horizontal

Viga Principal

- o Sistema Constructivo: Vigas macizas de madera (Figura 80).

La madera es un buen material desde el punto de vista estructural, ya que aporta resistencias elevadas, es aislante, se adapta a geometrías complejas, permite salvar grandes luces y dispone de piezas con radios de curvatura (Guarniz, 2020).

La madera de construcción estructural es aquella madera que está destinada a formar el armazón estructural de la construcción. Es decir, es la parte resistente de ciertos componentes como: muros, paredes, pisos, techos, pies derechos, columnas, vigas, cerchas, entre otros (Bueno, 2017)

Especificaciones:

DIMENSIÓN GENERAL	984 x 20 x 10 cm	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Viga de madera abio, pino	
DIMENSIÓN DE MATERIAL	Sección	20 x 10 cm
UNIONES	Herrajes	Estribo con alas exteriores

Tabla 21 Especificaciones de vigas principales, propio.

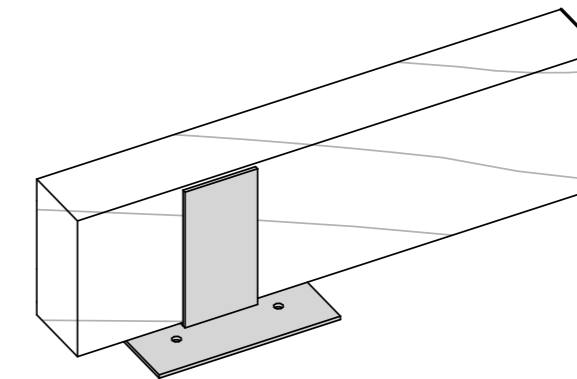


Figura 80 Sistema constructivo de vigas macizas de madera, propio.

4.1.3.2 Estructura Horizontal

Viga Secundaria

- o Sistema Constructivo: Viga I Joist (Figura 81).

Una "I-Joist" o viga I es un elemento estructural conformado por dos alas y un alma. Los materiales más utilizados en su fabricación son OSB para el alma y LVL o madera aserrada estructural en las alas. (Vásquez et al., 2019). Ambos elementos deben trabajar juntos como un sistema estructural para cumplir con el comportamiento resistente de una viga de madera maciza (Wan et al., 2022)

Las vigas en I compuestas de madera representan una parte considerable de los nuevos sistemas de pisos y cubiertas de techo de construcción residencial (Shrivastava y Bhardwaj, 2021), ya que permiten construir sistemas estructurales complejos, complementado con otros productos, para conformar plataformas soportantes para casas de uno o más pisos (LP Argentina, 2017).

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

Beneficios del sistema I-Joist:

- o Livianas.
- o Rígidas.
- o Viga recta, de gran longitud y de gran resistencia, no presentan deformaciones por contracción, torsión, combaduras, pandeos, alabeos y rajaduras, entregando un uso más eficiente de la madera para vigas.
- o Se fabrican con dimensiones, densidades y contenido de humedad estables que logran una alta resistencia estructural. Al tener mayor capacidad de carga que las vigas de madera, permite construir estructuras de piso con mayores luces, (LP Argentina, 2017).
- o Bajo contenido de humedad.
- o En su diseño se ha contemplado la capacidad de permitir perforaciones en su alma, para el paso de ductos de instalación sanitarias y eléctricas (LP Argentina, 2017).
- o Es un producto de fácil y rápida instalación que permite mayor productividad, eficiencia y reducción de los costos de construcción

(Vásquez et al., 2019).

Especificaciones:

DIMENSIÓN GENERAL	373 x 18 x 7,8 cm	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Alma	Tablero estructural OSB 9,5mm
	Alas	Tablón de madera abio, pino
DIMENSIÓN DE MATERIAL	Alma	12 x 1,5 cm
	Alas	7,8 x 4 cm
UNIONES	Herrajes	Estribo con alas exteriores

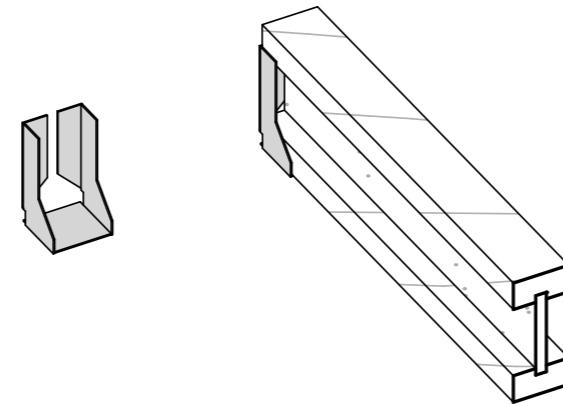


Tabla 22 Especificaciones de vigas secundarias, propio.

Figura 81 Sistema constructivo de vigas I-Joist, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.3.2 Estructura Horizontal

Cubierta

- o Sistema Constructivo: Cerchas (Figura 82).

Las cerchas de madera son uno de los componentes de las “estructuras livianas” que han sido muy utilizadas a nivel mundial y datan desde el siglo 6to A.C. (Tenorio, et al., 2017). Una cercha es una estructura triangulada de sección variable autoportante que aprovecha al máximo el material del que está hecha, minimizando los esfuerzos y respondiendo eficientemente a su función. (Miranda, 2018). Permiten alta rigidez en flexión y alta capacidad de carga, como consecuencia de que la estructura está dividida en un número determinado de piezas, cuyas dimensiones y métodos de unión le conceden niveles de tensión (Tenorio, 2017).

Su construcción o ensamble se lleva a cabo uniendo elementos rectos, que primordialmente trabajan a esfuerzos axiales, en unos puntos que llamamos nudos y los cuales se comportan estables cuando recibe cargas aplicadas directamente (Sánchez, 2013).

La selección de los materiales que la constituyen han evolucionado en el transcurso del tiempo, y son determinados para cada época en base a la disponibilidad de los mismos y las necesidades particulares de cada región. (Miranda, 2018).

Son empleadas principalmente en construcciones con luces grandes, como techos de bodegas, almacenes, iglesias y en general edificaciones con grandes espacios en su interior, las cerchas también se usan en puentes.

Existen diferentes tipos de cerchas de acuerdo con la solución estructural que se requiere. En las cerchas utilizadas para techos se busca que su geometría supla la forma del techo. Por lo general el cordón superior conforma las pendientes del techo y el inferior es un tensor horizontal. (Sánchez, 2013).

Especificaciones:

ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Estructura	Cercha de maderas de abio, pino con tiras de 5x10 cm
	Acabado 1	Lamina de Tetrapack
UNIONES	Tornillos	Tornillo fijador de 12" con tapón de nylon.

Tabla 23 Especificaciones de estructura de cubierta, propio.

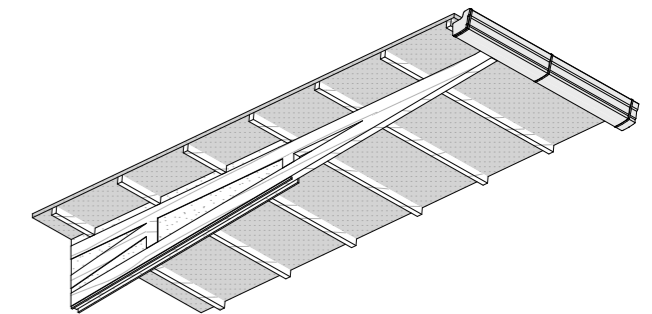


Figura 82 Sistema constructivo de cerchas, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

4.1.3.3 Estructura Vertical

- o Sistema Constructivo: Wood frame (Figura 83-84).

El “wood frame”, utiliza paneles de madera reforestada, para formar pisos, paredes y techos, generando una estructura más ligera y de ejecución más rápida (Santos et al., 2022), donde se da mayor rigidez y soporte a la edificación (Santos et al., 2022). El tipo de madera utilizada es generalmente pino y/o eucalipto, el pino por ser una madera más liviana y fácil de tratar, mientras que el eucalipto por la facilidad de desdoblamiento de la madera y por ser una alternativa viable y sustentable en relación con las maderas que fueron aserradas de bosques nativos. (Resende et al., 2021).

El sistema resistente lateral de estructuras *wood-frame* está compuesto por muros de cortante, diseñados para soportar cargas tanto verticales como laterales. (Berwart, S., et al., 2022). La capacidad de corte del muro la proporcionan los clavos del revestimiento que conectan los paneles OSB al armazón de madera, espaciados entre 50 y 150 mm en el centro a lo largo de todos los bordes del panel y 200 mm

para los montantes interiores. (Berwart et al., 2022). Cabe mencionar que la altura de los edificios está limitada a un máximo de 5 pisos (Resende et al., 2021).

El sistema está comúnmente conformado por:

- o Un armazón de madera (>1,2 m de largo) formado por montantes interiores (38-135 mm) espaciados a 400 mm entre centros.
- o Montantes dobles en los extremos.
- o Envoltente de tableros OSB de 15 mm de espesor en ambos lados de la pared.
- o Dispositivos de sujeción para transferir las cargas de vuelco hacia los cimientos.

(Resende et al. 2021)

Especificaciones para la Zona 1:

Para la zona 1 el material óptimo para usarse en la envoltente según la encuesta es la caña, por lo que se decidió usar esterilla de guadua.

DIMENSIÓN GENERAL	122 x 244 x 11,9 cm	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Pies Derechos	Madera de abio y pino
	Recubrimiento	Esterilla de guadua 122x35x2 cm
	Complemento	Malla metálica de 0,1 cm
DIMENSIÓN DE MATERIAL	Solera superior / inferior	Tiras de madera 5x10 cm
	Pie Derecho	Tiras de madera 5x10 cm
UNIONES	Tornillo	Tornillo autoperforante 12"

Tabla 24 Especificaciones de estructura de vertical para Zona 1, propio.

4.1 Determinación de lineamientos del proyecto

Especificaciones para la Zona 3:

Para la zona 3 el mejor material para envoltente según los resultados de la encuesta expuestos en el capítulo 3.4, son los tableros de OSB.

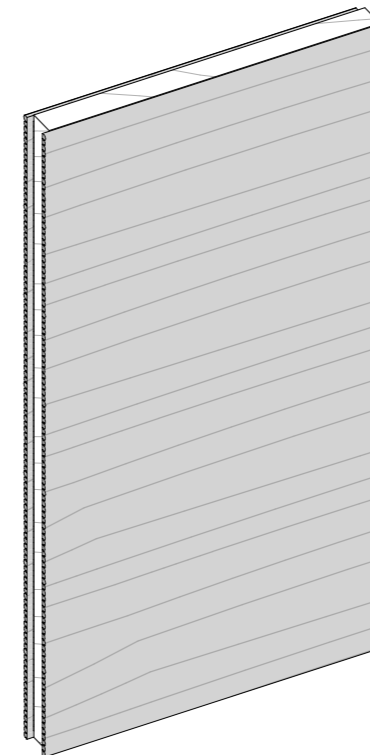


Figura 83 Sistema constructivo wood frame con caña, propio.

DIMENSIÓN GENERAL	122 x 244 x 11,9 cm	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	Pies Derechos	Madera de abio y pino
	Recubrimiento	Tablero estructural OSB 0,95cm
	Aislante	Aserrín
DIMENSIÓN DE MATERIAL	Solera superior / inferior	Tiras de madera 5x10 cm
	Pie Derecho	Tiras de madera 5x10 cm
UNIONES	Tornillo	Tornillo autoperforante 12"

Tabla 25 Especificaciones de estructura de vertical para Zona 3, propio.

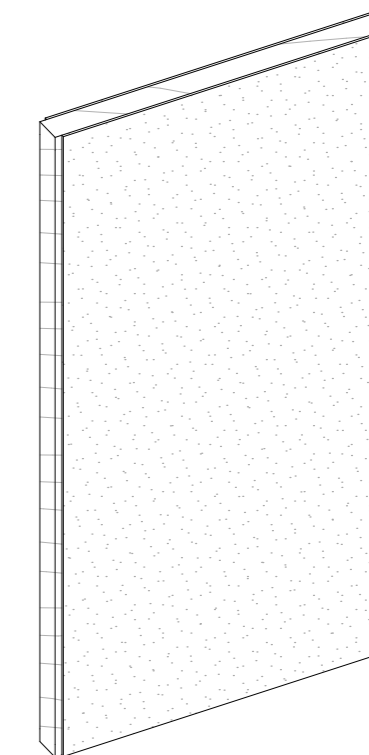


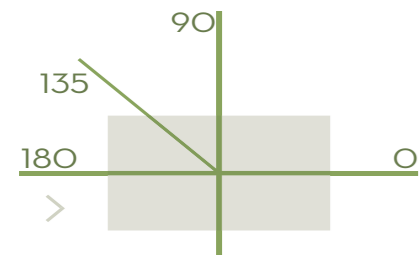
Figura 84 Sistema constructivo wood frame con OSB, propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

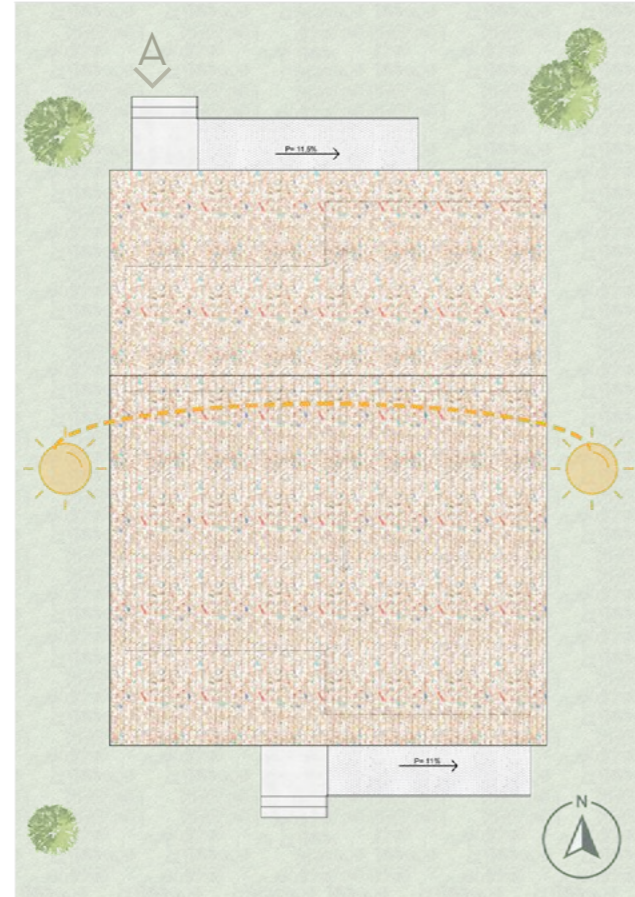
Una vez elegidos los sistemas constructivos y materiales a usarse en el proyecto, se realizará un análisis utilizando el software Design Builder, mismo que será de ayuda para determinar el confort en cuanto a temperatura e iluminación y las emisiones de CO2 generadas por los materiales usados en los modelos.

Para los análisis se buscó la mejor orientación de la vivienda en función del soleamiento, partiendo del plano cartesiano se escogieron 4 ángulos (90°, 135°, 180°) para realizar el análisis y encontrar la mejor orientación para la vivienda (Ver Anexo X-AD).

Donde se encontró que el norte más favorable para la provincia de El Oro (zona 1) es 180°, al tener una menor incidencia de radiación en aberturas. Y para la provincia del Azuay (zona 3) de 90°. al captar mejor la radiación solar en las zonas más importantes (Figura 85).



Es importante mencionar que se realizó una comparación de temperatura, iluminación natural y emisiones de CO2 de los modelos propuestos con el modelo implementado por el MIDU-VI, respetando las dimensiones de los espacios



Provincia El Oro (Zona 1)

Emplazamiento.
Escala s/e

espacios y aplicando los materiales escogidos en el apartado anterior con ciertos cambios del modelo original en las ventanas y cubierta, para comprobar los beneficios de la aplicación de los principios de circularidad en la arquitectura.



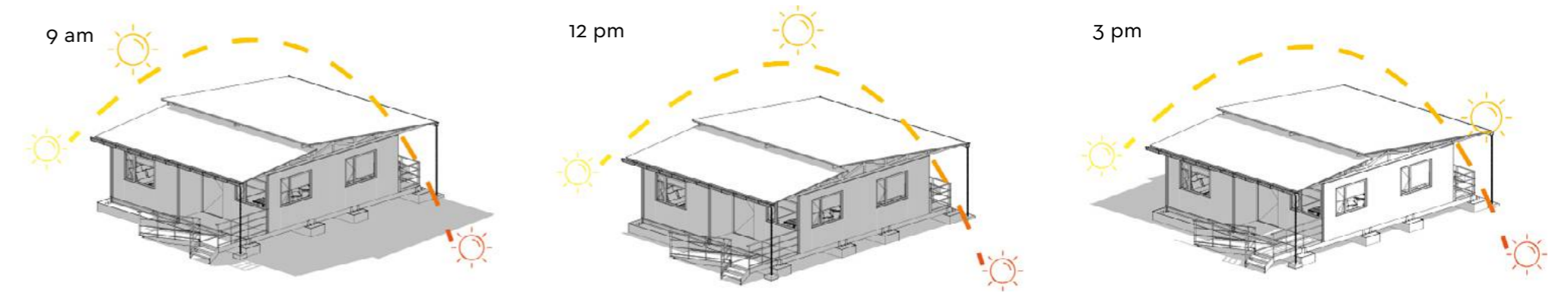
Provincia Azuay (Zona 3)

4.2 Análisis de desempeño del modelo

4.2.1 Análisis de iluminación

En este apartado se analiza todos los espacios de la vivienda a tres horas diferentes del día a las 9, 12 y 15 horas (Figura 86), estos datos permitirán saber si la vivienda obtiene suficiente luz solar a lo largo del día.

Soleamiento en El Oro (Zona 1)



Soleamiento en Azuay (Zona 3)



Figura 86 Soleamientos a 3 horas del día, propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

Análisis en Zona 1 (Ver Anexo_AB y AC)

Espacio	Norma	Hora	MIDUVI (lux)	Propuesta (lux)
Dormitorio 2 izq	150	9:00	678.525	1100.48
		12:00	536.685	856.025
		15:00	673.625	1030.475
Dormitorio 1 der	150	9:00	371.485	580.25
		12:00	187.97	315.575
		15:00	371.55	518.705
Baño	150	9:00	158.43	124.55
		12:00	97.34	43.09
Sala comedor	300	9:00	96.15	48.6
		12:00	406.75	629.83
cocina	300	12:00	406.765	734.615
		15:00	1097.485	1624.475

Tabla 26 Análisis Lumínico en El Oro (Zona 1), propio.

Como punto de comparación se tomó los luxes recomendados para cada espacio propuestos por la NEC-HS-EE (2019). Donde se puede observar que de acuerdo a la orientación dada en la zona 1 (Figura 87) se obtienen mejores resultados en comparación con la tipología 1D del MIDUVI. Siendo los dormitorios y el área social los espacios que reciben más iluminación (Figura 88).

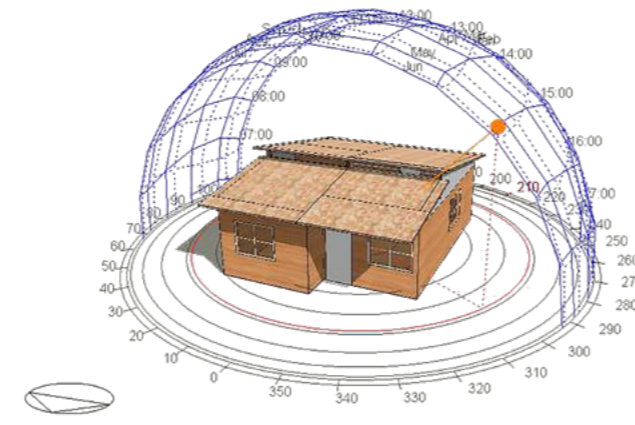


Figura 87 Axonometría del prototipo ubicado en El Oro (Zona 1), propio.

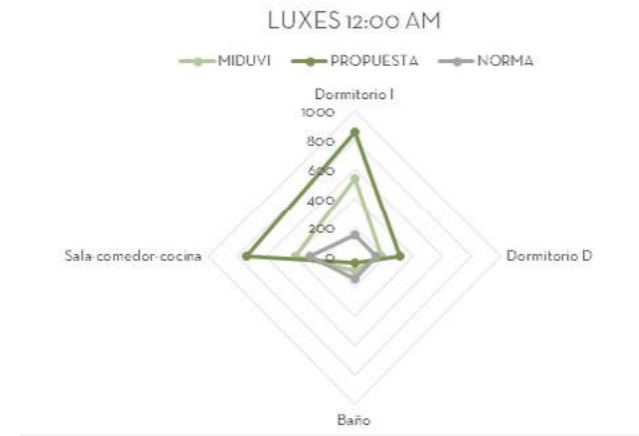


Figura 88 Diagramas de luxes en El Oro (Zona 1), propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

Análisis en Zona 3 (Ver Anexo_AD)

Espacio	Norma	Hora	MIDUVI (lux)	Propuesta (lux)
Dormitorio 2 izq	150	9:00	249,335	330,595
		12:00	309,08	402,35
		15:00	856,14	1282,04
Dormitorio 1 der	150	9:00	1020,75	1477,11
		12:00	353,55	431,545
		15:00	273,26	352,615
Baño	150	9:00	92,57	117,715
		12:00	91,665	100,41
Sala comedor	300	9:00	109,15	113,665
		12:00	980,79	1427,79
cocina	300	12:00	333,74	465,44
		15:00	434,43	655,835

Tabla 27 Análisis Lumínico en Azuay (Zona 3), propio.

En el caso de la Zona 3 (Figura 89), la propuesta supera al prototipo del MIDUVI. Debido a la orientación del norte, en la mañana el sol ingresará al dormitorio 2 y la cocina, por la tarde, en cambio ingresará por el dormitorio 1 y la sala, por consiguiente se puede apreciar que un dormitorio recibe más luz en la mañana y el otro en la tarde (Figura 90).

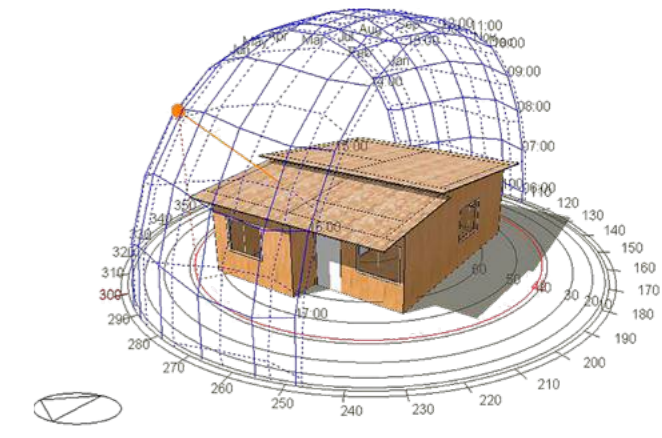


Figura 89 Axonometría del prototipo ubicado en Azuay (Zona 3), propio.

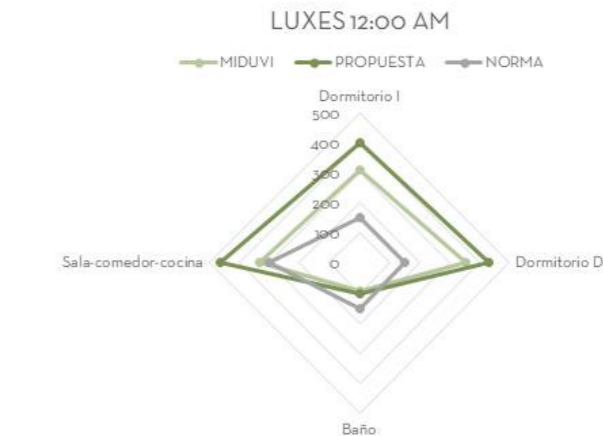
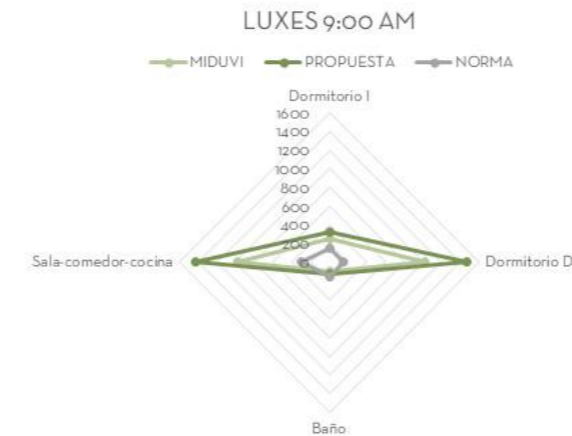


Figura 90 Diagramas de luxes en Azuay (Zona 3), propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

4.2.2 Análisis de confort y habitabilidad

Análisis de temperatura El Oro, Zona 1 (Ver Anexo_X y Y)

MES	TEMP. EXTERIOR DE BULBO SECO	PROPUESTA	VIVIENDA MIDUVI
Enero	29,77	27,16	27,77
Febrero	30,09	27,53	28,75
Marzo	29,95	27,21	28,58
Abril	30	27,31	28,87
Mayo	29,79	27,06	27,24
Junio	28,11	26,63	26,45
Julio	27,22	25,99	26,34
Agosto	26,78	25,57	25,28
Septiembre	26,08	26,08	26,78
Octubre	26,57	26,1	26,03
Noviembre	27,28	26,17	26,67
Diciembre	28,59	26,98	27,33

Tabla 28 Análisis de temperatura en El Oro (Zona 1), propio.

Como se observa, el modelo propuesto (Figura 91) obtiene temperaturas internas por debajo de las temperaturas del bulbo seco (temperatura exterior), siendo la más alta en el mes de febrero con 27.53 y la más baja en el mes de agosto con 25.57° C (Figura 92).

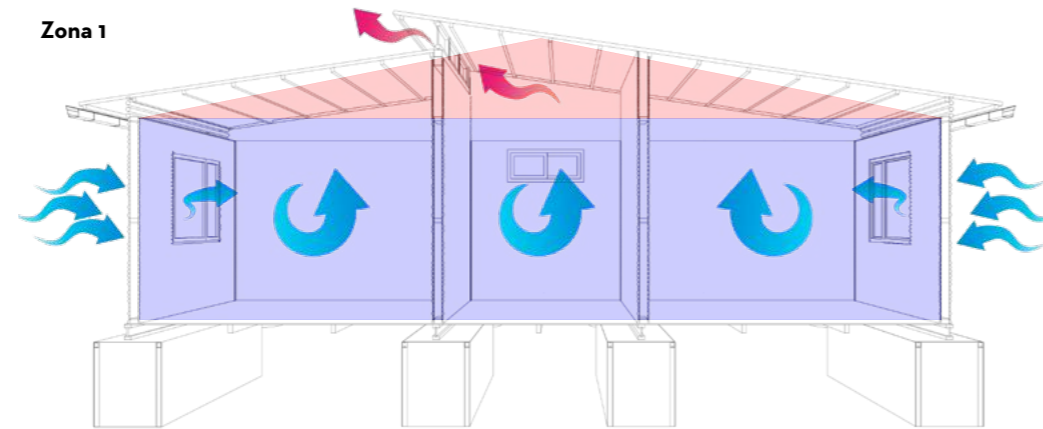


Figura 91 Circulación de aire interior del prototipo zona 1, propio

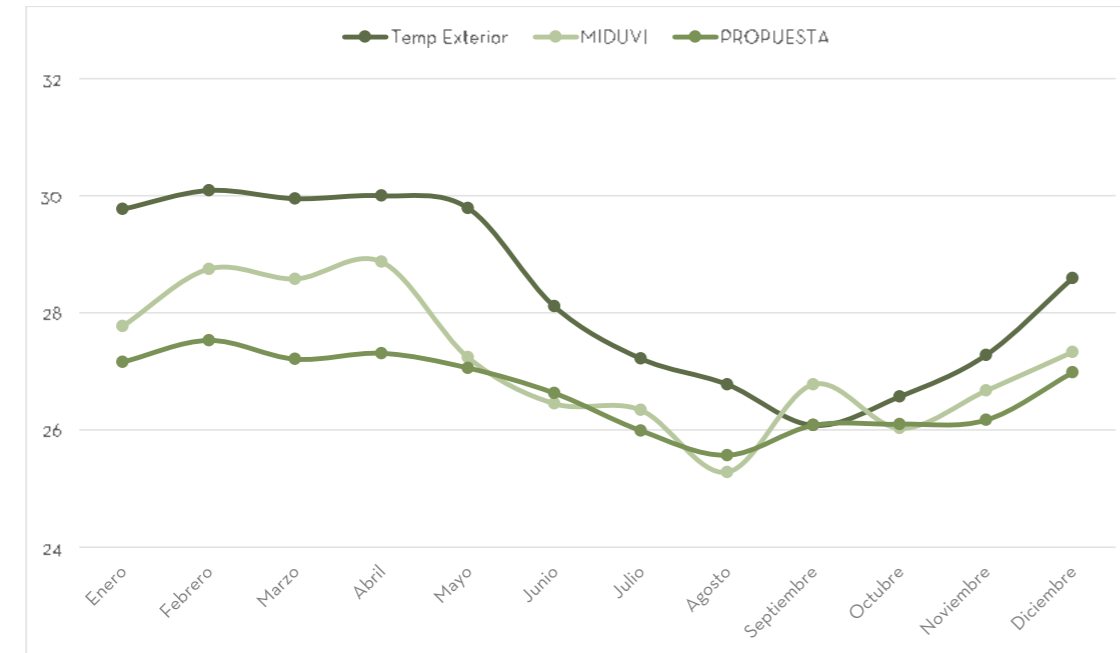


Figura 92 Temperaturas obtenidas en El Oro, Zona 1, propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

Análisis de temperatura Azuay, Zona 3 (Ver Anexo_Z y AA)

MES	TEMP. EXTERIOR DE BULBO SECO	PROPUESTA	VIVIENDA MIDUVI
Enero	12,41	18,01	20,22
Febrero	12,27	17,97	20,14
Marzo	12,16	17,08	19,91
Abril	12,62	17,67	20,6
Mayo	12,06	17,16	19,45
Junio	11,46	16,86	19,34
Julio	11,49	17,38	18,03
Agosto	11,55	16,95	19,15
Septiembre	11,96	16,65	19,23
Octubre	12,88	18,39	19,33
Noviembre	12,62	17,46	20,21
Diciembre	12,57	18,03	20,97

Tabla 29 Análisis de temperatura en Azuay (Zona 3), propio.

En el caso de la zona 3, el modelo propuesto (Figura 93) obtiene temperaturas internas por encima de las temperaturas del bulbo seco (temperatura exterior), siendo la más alta en el mes de diciembre con 20.97 y la más baja en el mes de julio con 18.03° C (Figura 94).

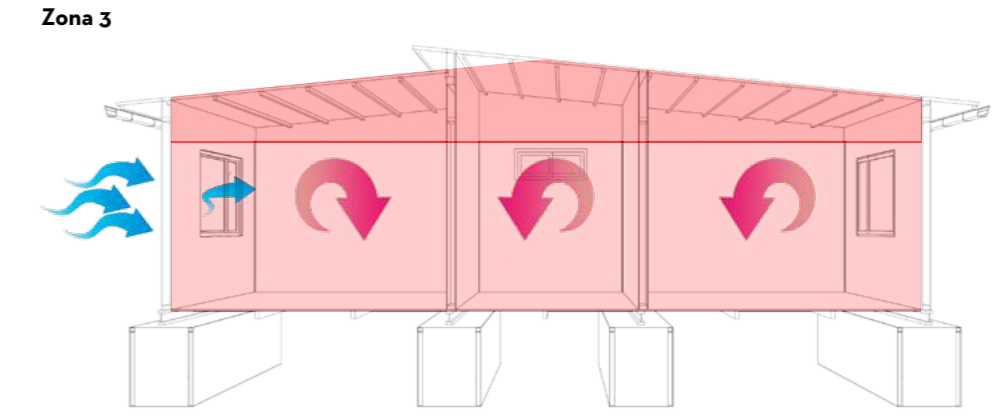


Figura 93 Circulación de aire interior del prototipo zona 3, propio

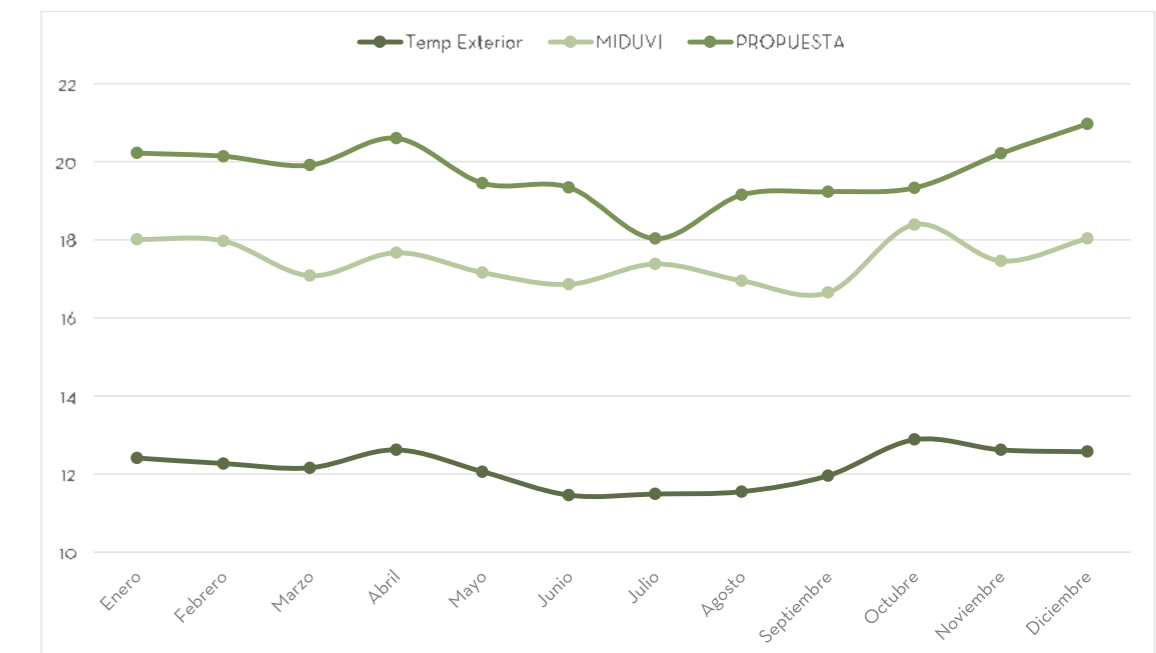


Figura 94 Temperaturas obtenidas en Azuay, Zona 3, propio.

4.2 Análisis de desempeño del modelo

4.2.3 Análisis de emisiones de CO2

El objetivo de la Arquitectura Circular es eliminar y reducir la utilización de materiales no renovables, que no sean reciclables o requieran una gran cantidad de energía para ser extraídos y sustituirlos por aquellos de mínimo impacto ecológico (ProArquitectura, 2021). Es por esto que se debe tomar en cuenta las emisiones de CO2 de los materiales utilizados en el proyecto.

El CO2 absorbe la radiación y evita que el calor escape de la atmósfera, su exceso es lo que produce el calentamiento global. Pero no es el único. El metano (CH4), el óxido nitroso (N2O), los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono troposférico (O3) son el resto de gases que provocan este efecto. Los conocidos como gases de efecto invernadero (Alayón, 2020).

El carbono embebido es aquel que está incorporado en los materiales del edificio, el generado por la producción, procesamiento y transporte de dichos materiales y durante los trabajos de construcción (Delgove, 2021).

A la hora de calcular la huella de carbono, utilizamos el CO2 equivalente, una unidad de medida que calcula la emisión de todos los gases de efecto invernadero. La masa de los distintos gases emitidos se mide por su equivalencia en CO2 para generar efecto invernadero (Alayón, 2020).

A continuación, se muestran las emisiones de CO2 durante el ciclo de vida de los materiales usados en la envolvente (piso, muros, y cubierta) en la tipología 1D del MIDUVI y los prototipos realizados (Ver Anexo AE,AF,AG).

El carbono embebido (Tabla 30) de los materiales usados en los prototipos realizados tienen menor cantidad de emisiones de CO2 que la

Carbono Embebido (kgCO2)			
Materiales Carbono incorporado e inventario	MIDUVI	P. Zona 1	P. Zona 3
Aserrín	--	--	2901,8
Bloques huecos de hormigón	22218,3	--	--
Caña Guadua	--	0,0	--
Cerámica	6010,0	836,0	963,9
Fibrocemento	7088,1	--	--
Hormigón	13007,0	--	--
Mortero de Cemento Tipo B	12843,4	458,0	528,0
Tablero Aglomerado	68,3	220,3	221,9
Tablero OSB	--	335,2	1411,5
Tablero de cubierta de Tetrapak	--	1761,0	969,5
Ventanas externas	200,6	212,8	175,7
Total de la construcción	61435,7	3610,5	6996,7

Tabla 30 Análisis de emisiones carbón embebido, propio.

tipología 1D. En la zona 1 se obtuvo menos un 94%, y en la zona 3 un 88% menos en comparación con la propuesta 1D del MIDUVI.

En cuanto al CO2 equivalente, en la tabla 31 se puede observar que en comparación con el modelo del MIDUVI, la zona 1 y 3 tiene un 96% menos emisiones.

CO2 Equivalente (kgCO2)			
Materiales Carbono incorporado e inventario	MIDUVI	P. Zona 1	P. Zona 3
Aserrín	--	--	362,7
Bloques huecos de hormigón	64186,1	--	--
Caña Guadua	--	176,9	--
Cerámica	8013,3	1114,7	1285,1
Fibrocemento	4725,4	--	--
Hormigón	7226,1	--	--
Mortero de Cemento Tipo B	12272,6	437,6	504,6
Tablero Aglomerado	78,1	251,8	253,6
Tablero OSB	--	209,5	882,2
Tablero de cubierta de Tetrapak	--	997,9	549,4
Ventanas externas	200,6	212,8	175,7
Total de la construcción	96702,2	3188,4	3837,7

Tabla 31 Análisis de emisiones de CO2 equivalente, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.1 Análisis del sitio de emplazamiento

Partiendo de que este prototipo se adaptaría a las condiciones climáticas de las zonas 1 y 3 del Ecuador, y del hecho que los terrenos no siempre tendrán las mismas condiciones de emplazamiento y topografía.

Se debe emplazar el proyecto en un terreno que permita un área de construcción en la Zona 1 de 76m2 y en la Zona 3 de 75m2.

Para que el proyecto pueda adaptarse a terrenos con pendientes mínimas (Figura 95), los cimientos tipo gavión podrán crecer para mantener nivelada la vivienda.

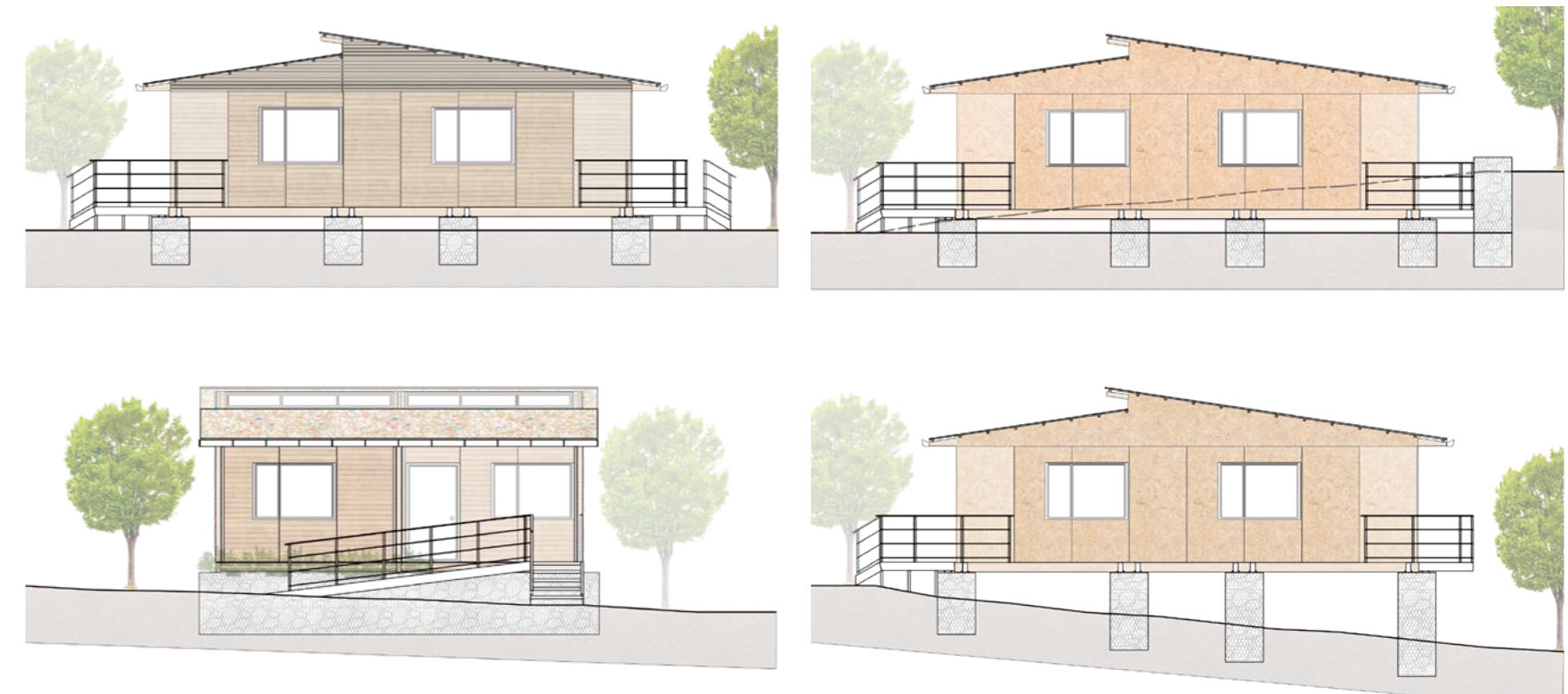


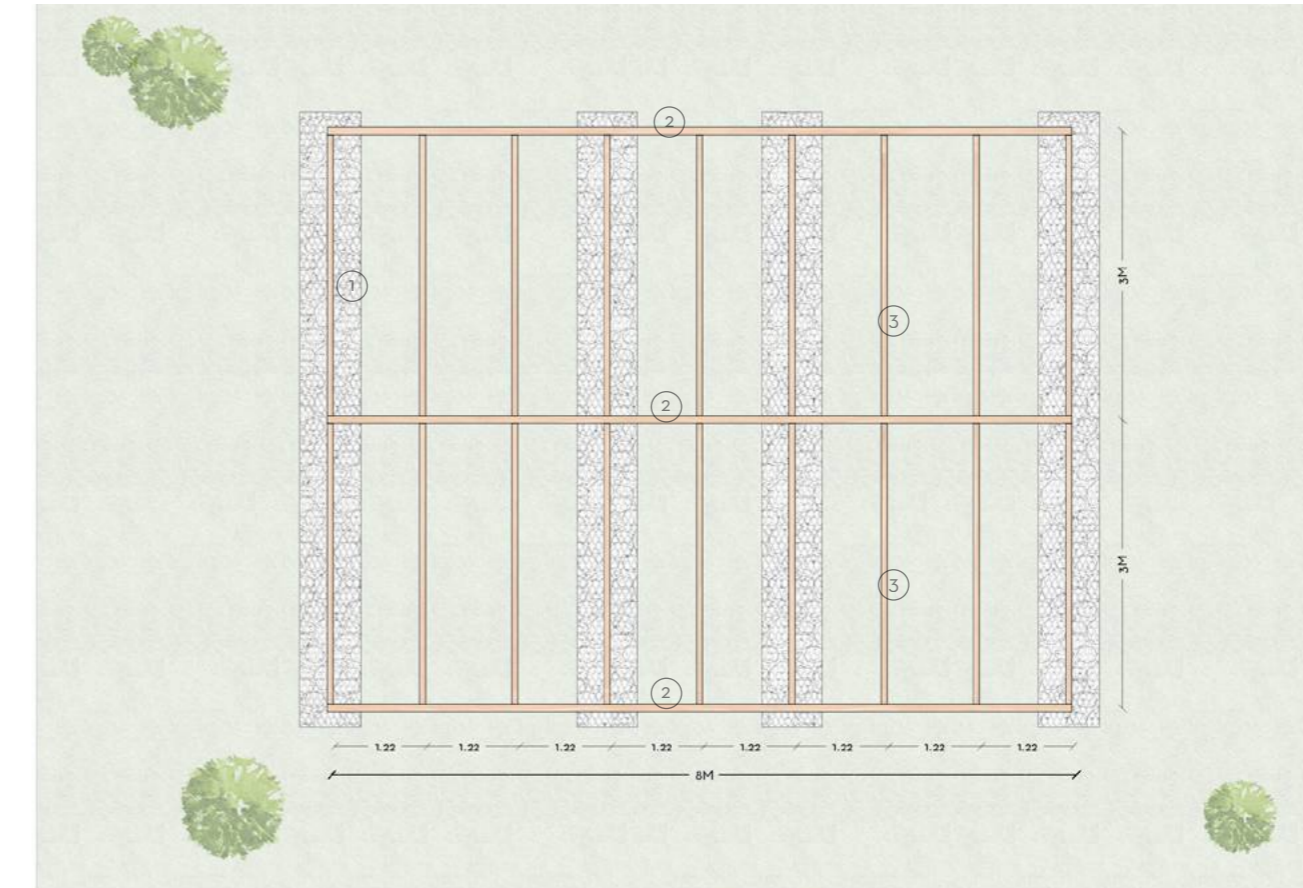
Figura 95 Tipos de emplazamiento según distintas pendientes, propio.



Figura 96 Perspectiva exterior prototipo zona 1, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.2 Plantas



Planta de cimentación
Escala 1:100

Descripción

Para el presente proyecto se parte de un terreno óptimo de 271 m², en el cual se propone que la vivienda sea aislada con retiros de 3m.

Los cimientos tipo gavión se encuentran 0,30cm sobre el suelo, estos tienen la capacidad de modificarse para adaptarse a la pendiente del terreno.

Leyenda:

1. Cimiento de gavión.
2. Viga maciza de madera.
3. Viga I-Joist.

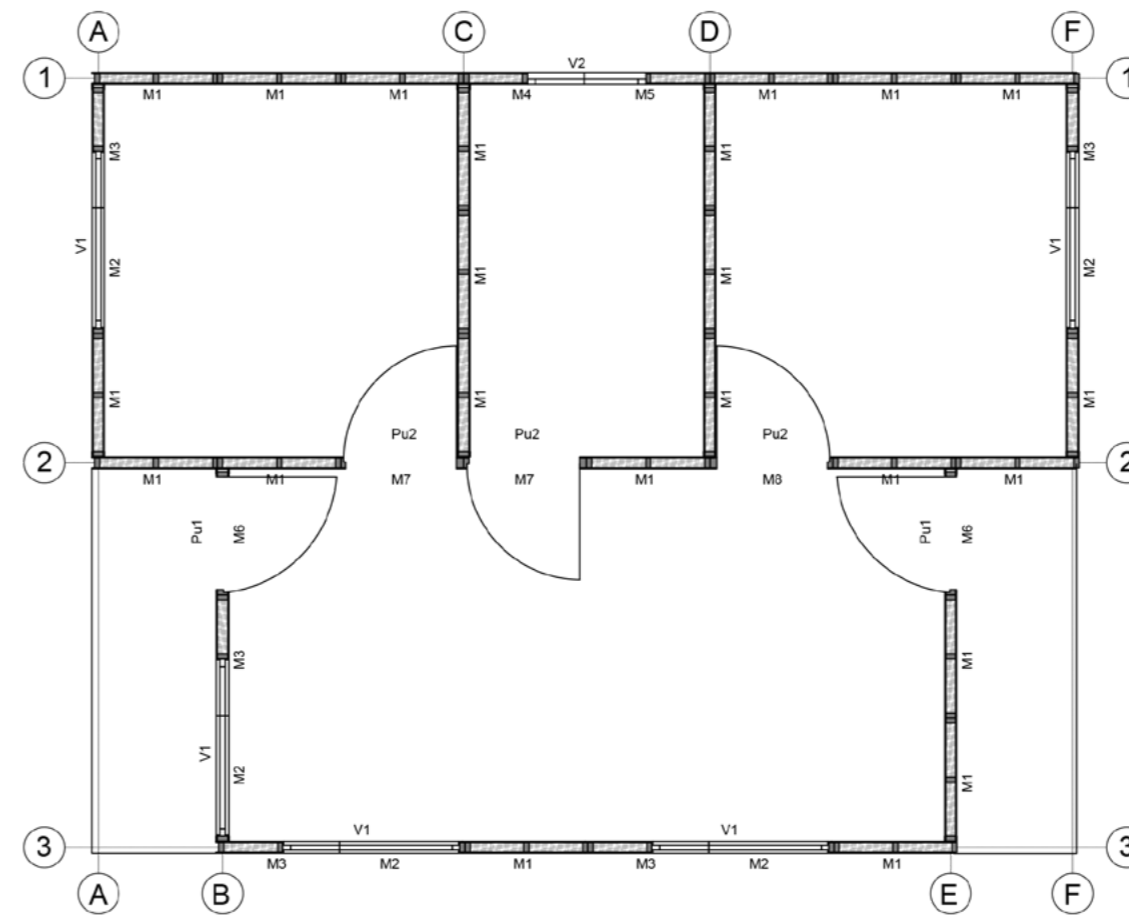


Figura 98 Perspectiva exterior prototipo zona 3, propio









4.3 Anteproyecto del prototipo

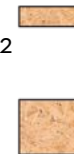
Descripción de módulos

Existen ocho tipos de módulos de muros y dos de pisos, estos son intercambiables, permitiendo sustituir un solo módulo y combinarlo según sea la necesidad.

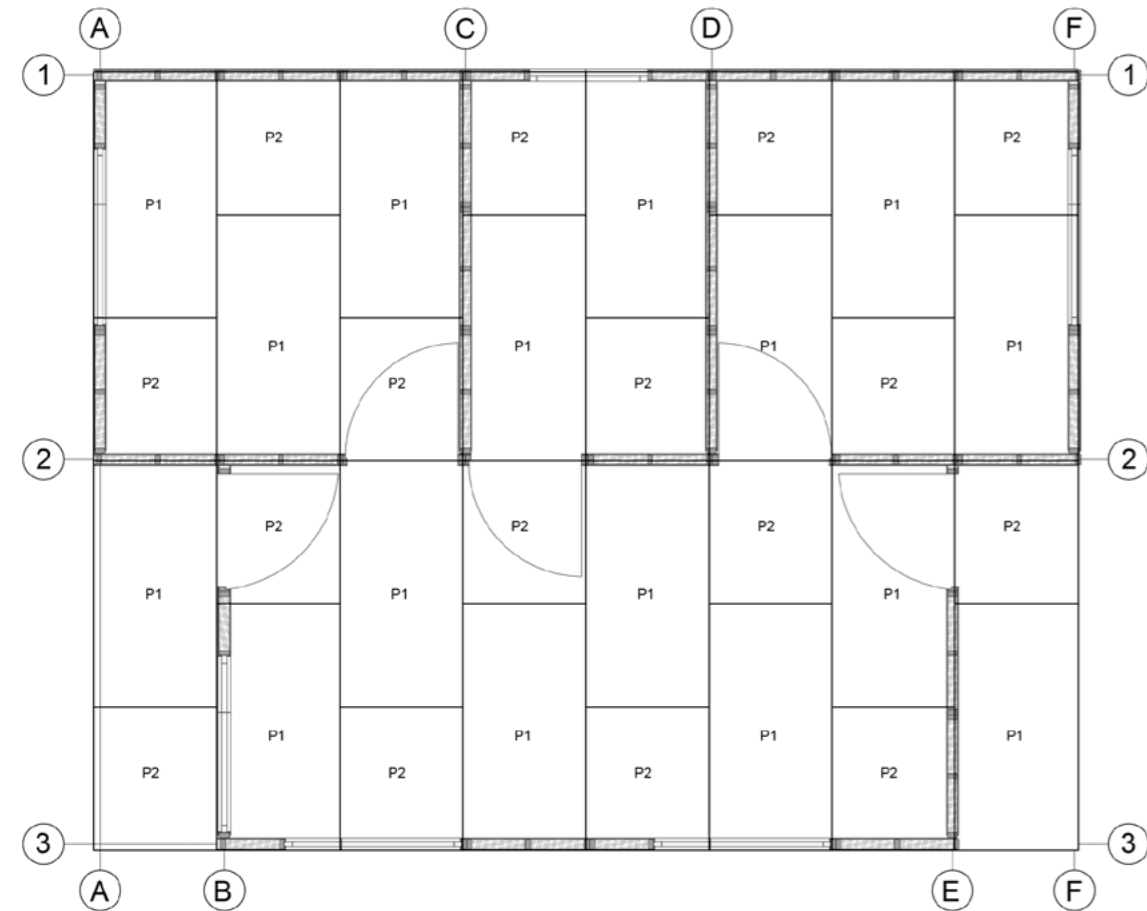


Planta de tipología de muros
Escala 1:75

-  **Módulos de Muros**
C-M1
Muro de Wood frame recubierto con tirillas de caña guadua (2,44 x 1,22 m).
-  C-M2
Muro de ventana, panel de 2,44 x 1,22 m con una abertura de 1,20 x 1,19 m.
-  C-M3
Muro de media ventana, panel de 2,44 x 1,22 m con una abertura de 1,20 x 0,56 m.
-  C-M4
Muro de ventana para baño tipo 1, panel de 2,44 x 1,22 m con abertura de 0,50 x 0,61 m.
-  C-M5
Muro de ventana para baño tipo 1, panel de 2,44 x 1,22 m con abertura de 0,50 x 0,56 m.
-  C-M6
Muro de puerta principal, panel de 2,44 x 1,22 m con abertura de 2,10 x 1,14 m.
-  C-M7
Muro de puerta secundaria tipo 1, panel de 2,44 x 1,22 m con abertura de 2,10 x 1,09 m.
-  C-M8
Muro de puerta secundaria tipo 2, panel de 2,44 x 1,22 m con abertura de 2,10 x 1,09 m.



4.3 Anteproyecto del prototipo



Planta de tipología de pisos
Escala 1:75

Módulos de Carpinterías



C-V1
Ventana Abatible con carpintería de aluminio de 1,20 x 1,75 m.



C-V2
Ventana Corrediza con carpintería de aluminio de 0,50 x 1,17 m.



C-Pu1
Puerta principal de;
Zona 1: 2,10 x 1,14 m.
Zona 3: 2,10 x 1,12 m.



C-Pu2
Puerta tamborada secundaria de;
Zona 1: 2,10 x 1,09 m.
Zona 3: 2,10 x 1,10 m.



Módulos de Pisos
C-P1
Tablero de OSB entero, 2,44 x 1,22 m.



C-P2
Tablero de OSB de;
Zona 1: 1,45 x 1,22 m.
Zona 3: 1,41 x 1,22 m.

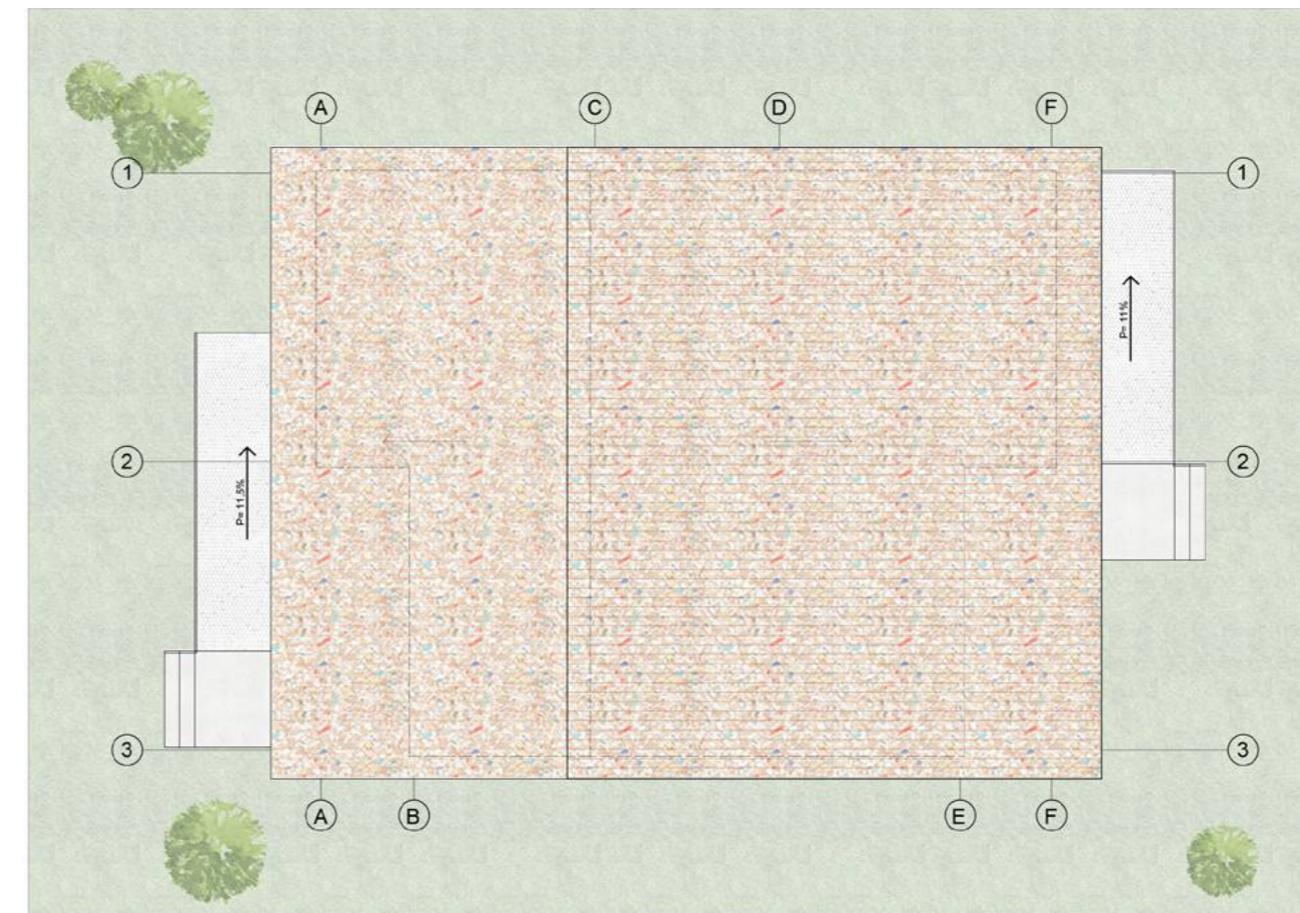


Figura 101 Perspectiva interior (sala-comedor-cocina) prototipo zona 1, propio.



Figura 102 Perspectiva interior (comedor-sala) prototipo zona 3, propio

4.3 Anteproyecto del prototipo



Planta de Cubierta
Escala 1:100

Descripción de cubierta

Se prioriza mantener una temperatura interior confortable por lo que para la zona 1 se decidió colocar pendientes más pronunciadas que nos permitirán tener techos de mayor altura aumentando la circulación del aire y manteniendo los espacios más frescos. Por lo contrario, en la zona 3 se optó por una pendiente más leve, disminuyendo la altura de la cubierta y manteniendo el aire caliente en las habitaciones.

Zona 1.

Pendiente de cubierta: 15%
 Altura mínima: 3,10 m
 Altura máxima: 4,20 m
 Lucernario: 2 ventanas de 3,55 x 0,35 m.

Zona 3.

Pendiente de cubierta: 10%
 Altura mínima: 2,93
 Altura máxima: 3,85
 Lucernario: No contiene.



Figura 104 Perspectiva interior (baño) prototipo zona 1, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

Instalaciones Eléctricas (Ver Anexo_G)

Estas instalaciones se realizan por dentro de las paredes, y al llegar al extremo superior del módulo se anexan a conectores de terminales o borneras para continuar con el cableado hacia el foco, estos conectores nos dan mayor flexibilidad para crecer en altura, ya que nos permiten desmontar la cubierta sin alterar el cableado existente en esta y realizar una nueva conexión (ver detalle E-1).

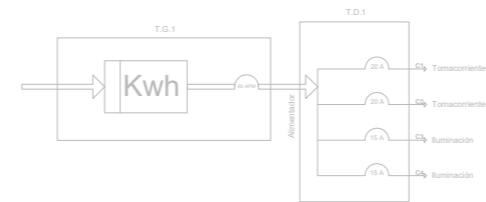
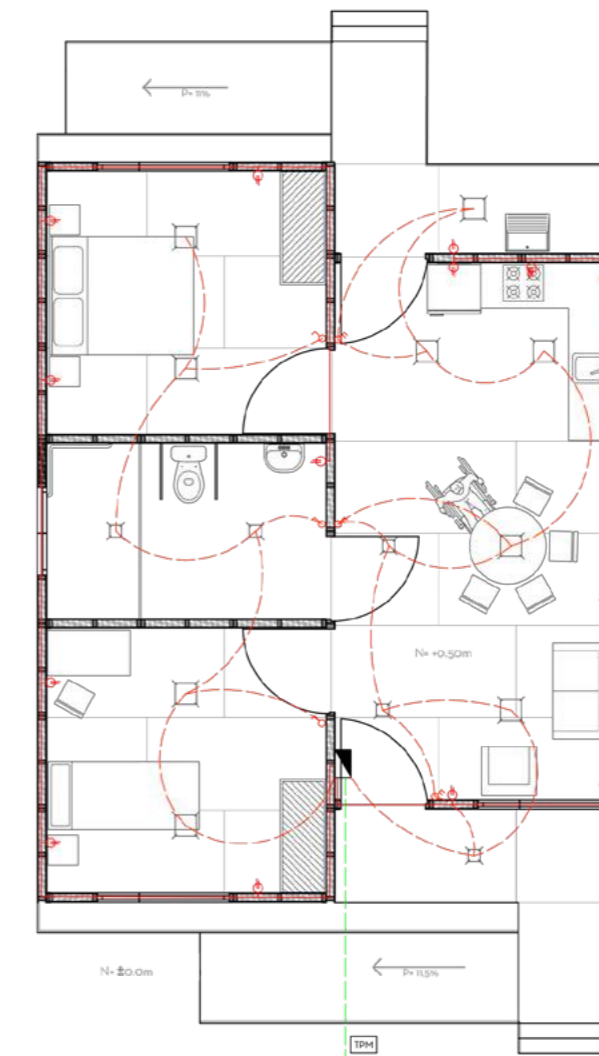
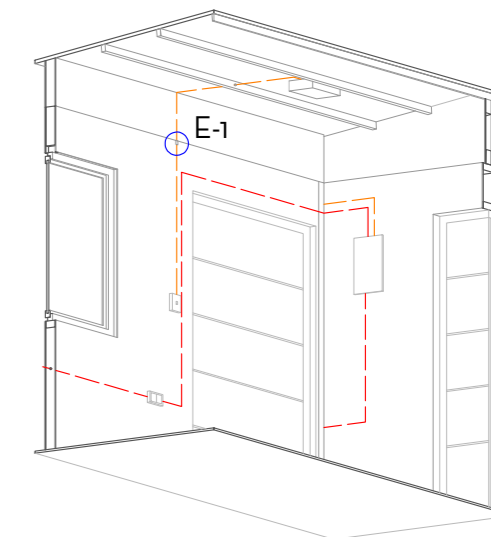


Figura 105 Bornera plástica de 20A, Construx.

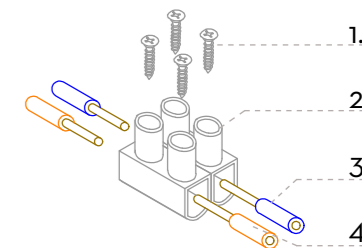


Planta de Instalaciones Eléctricas
Escala 1:100



Axonometría de instalaciones eléctricas
Escala s/e
Detalle E-1

1. Tornillos
2. Bornera de 40W
3. Cable conductor neutro
4. Cable conductor fase



Axonometría de bornera eléctrica (detalle E-1)
Escala s/e

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA			
	Tablero de distribución general		Línea de fuerza
	Tablero de medidor		Línea de iluminación
	Plafón LED 24W		Cable de acometida
	Plafón LED 18W		Tomacorriente 110V
	Interruptor simple		Tomacorriente 220V
	Interruptor doble		

Tabla 32 Simbología eléctrica.

4.3 Anteproyecto del prototipo

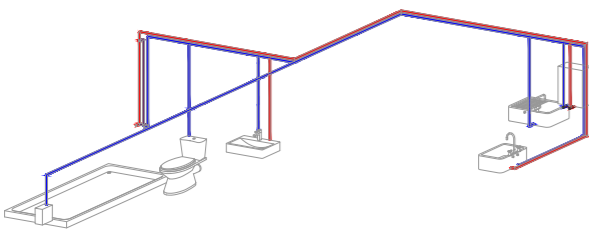
Instalaciones Sanitarias

Las instalaciones de agua potable se distribuyen por la parte superior de los muros, por otra parte, las instalaciones de aguas servidas, serán bajo los módulos de piso que se encuentra elevados del suelo, permitiendo un mejor acceso para posibles cambios. (ver detalle S-1)

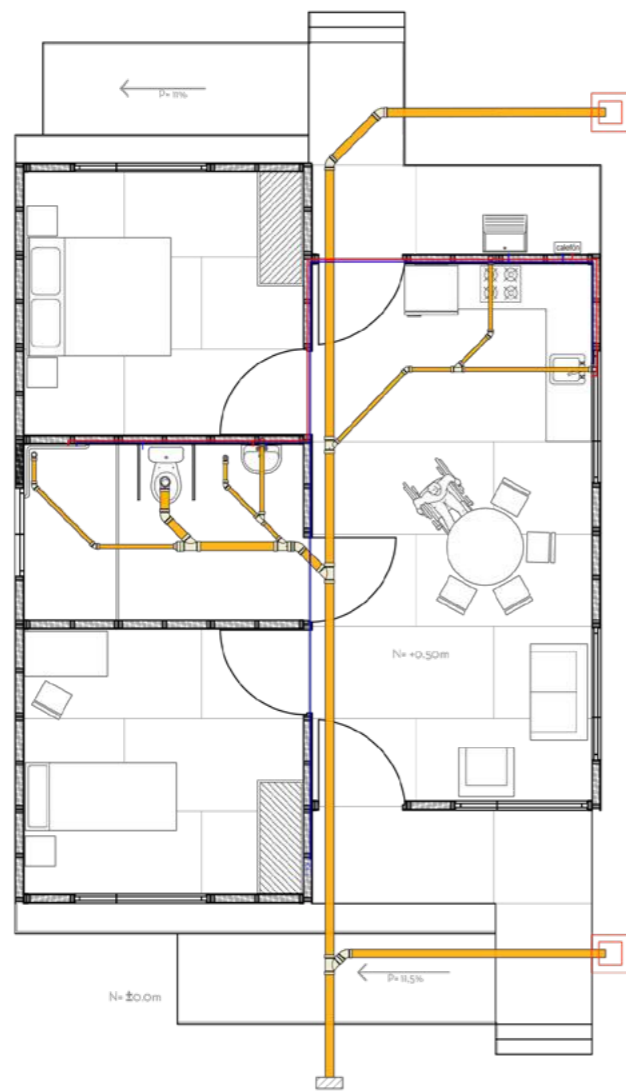
SIMBOLOGÍA SANITARIA			
	Tubería de agua potable		Codo 45° Φ110
	Tubería de agua potable caliente		Codo 45° Φ50
	Tubería de aguas servidas Φ110		Rendija Φ 50
	Tubería de aguas servidas Φ50		Reductor Φ110 Φ50
	Yee Φ110		Caja de registro
	Yee Reductora Φ110 Φ50		Pozo de agua lluvia
	Yee Φ50		

Tabla 33 Simbología sanitaria.

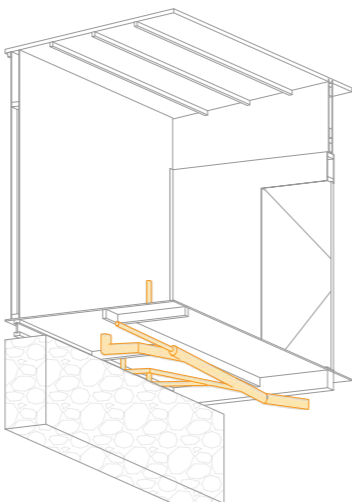
Nota: El diseño de las instalaciones es adaptable tanto a la zona 3 como a la zona 1.



Axonometría de agua potable fría y caliente (detalle S-1). Escala s/e

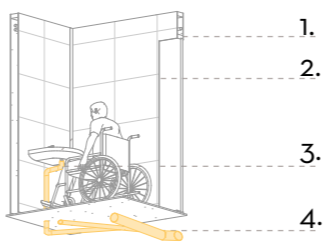


Planta de instalaciones sanitarias. Escala 1:100



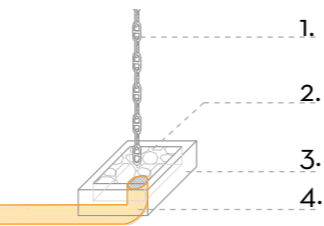
Axonometría de aguas servidas (detalle S-2). Escala s/e

1. Muro recubierto con cerámica de 60x60cm
2. Lavamanos empotrado
3. Tubo de PVC de Φ=50cm.
4. Tubo de PVC de Φ=110cm.



Axonometría de desagüe de lavamanos (detalle S-3). Escala s/e

1. Cadena
2. Piedra bola de 2-4 cm.
3. Base de Hormigón
4. Tubería de Φ=110cm.



Axonometría de bajante de agua lluvia (detalle S-4). Escala s/e

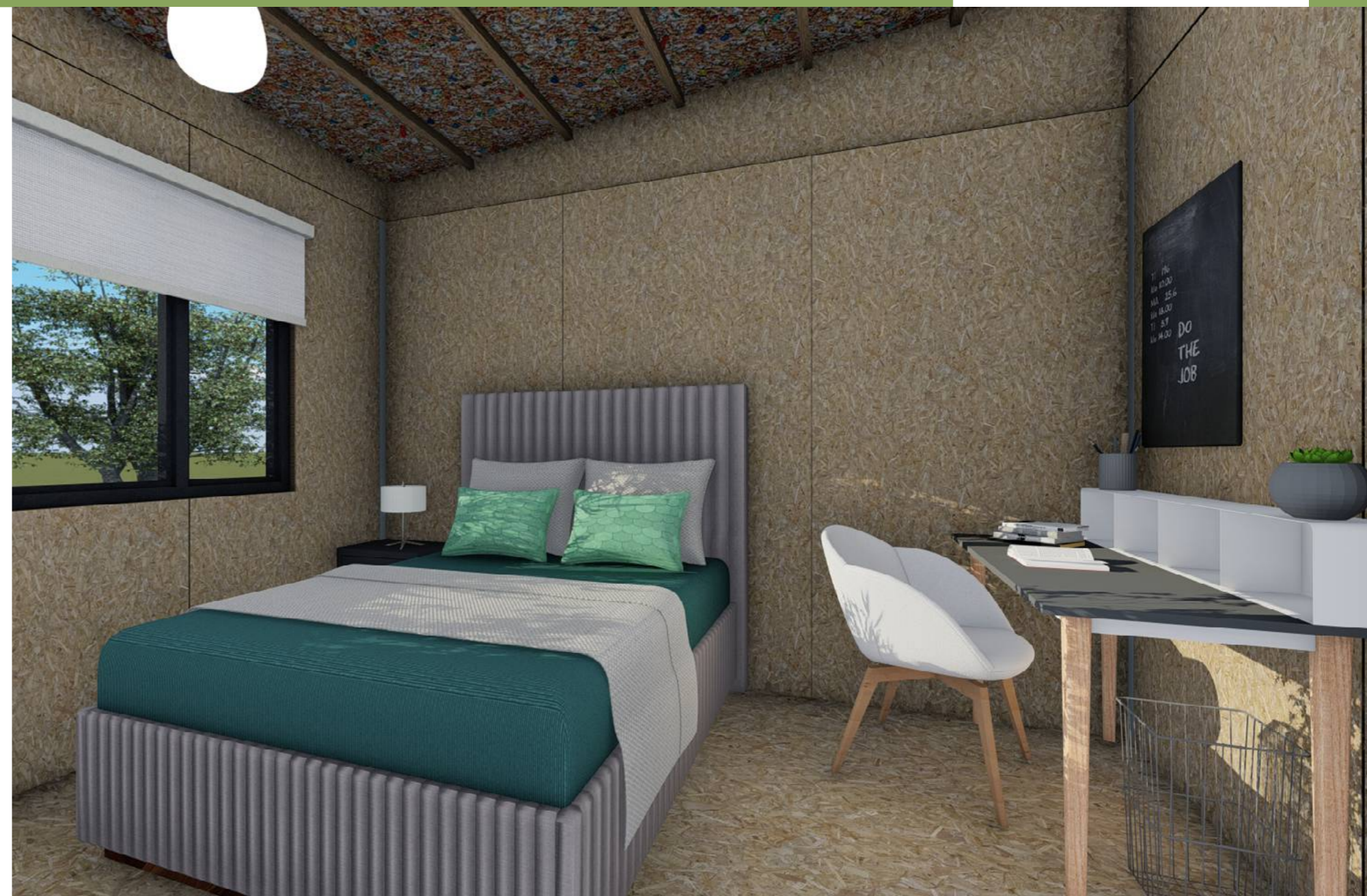


Figura 114 Perspectiva interior (dormitorio) prototipo zona 3, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.3 Prototipo Zona climática 1



Planta Arquitectónica (ZC1)
Escala 1:100

Descripción del prototipo Zona 1

El prototipo cumple con dos accesos inclusivos mediante rampas, uno principal y otro hacia el patio posterior.

Se levanta 50 centímetros más alto del nivel del suelo, lo que permite proteger la vivienda de inundaciones y a su vez crear una cámara de aire.

Leyenda:

1. Pórtico.
2. Sala.
3. Comedor.
4. Cocina.
5. Lavandería
6. Dormitorio 1
7. Baño
8. Dormitorio 2

4.3 Anteproyecto del prototipo

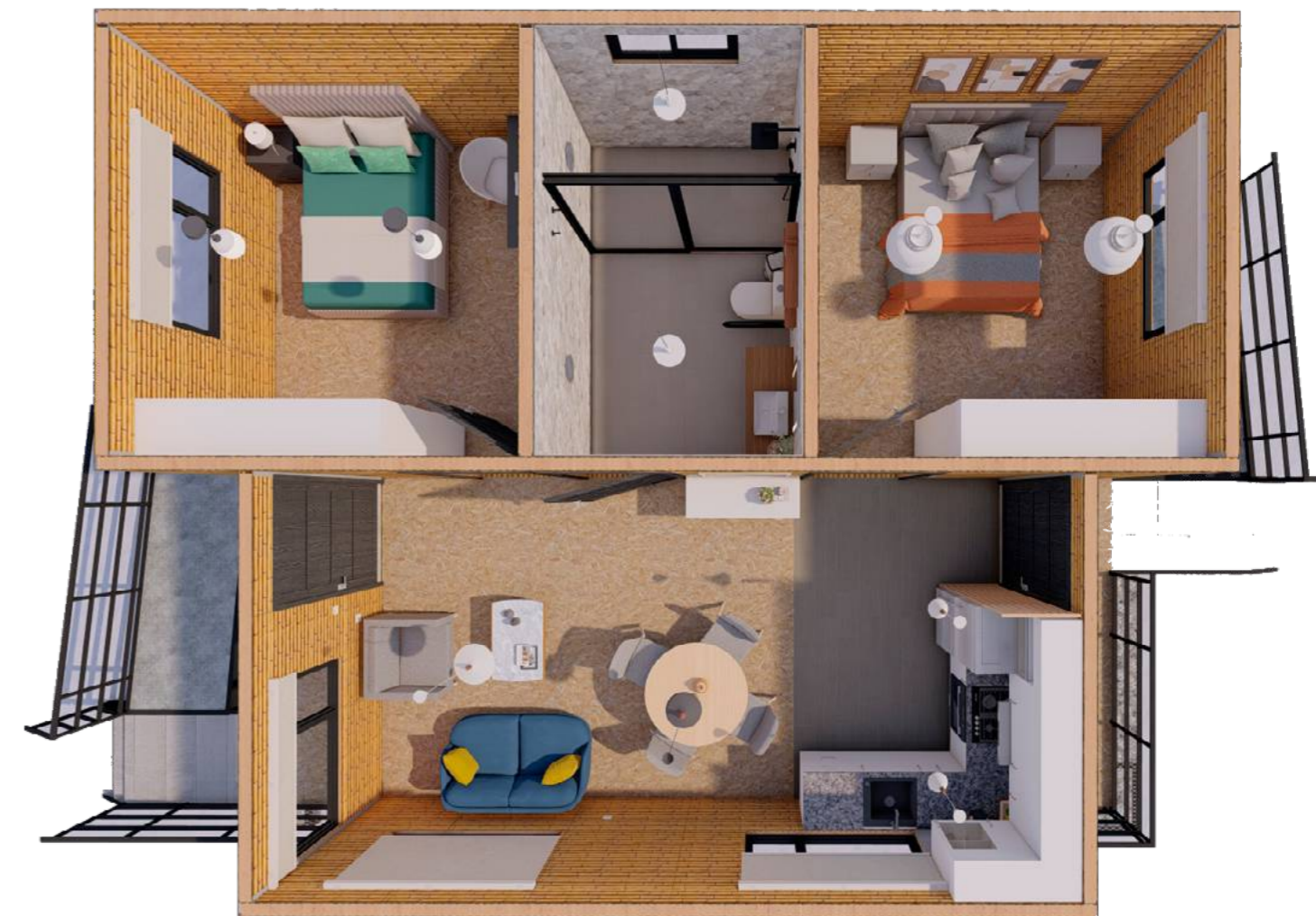


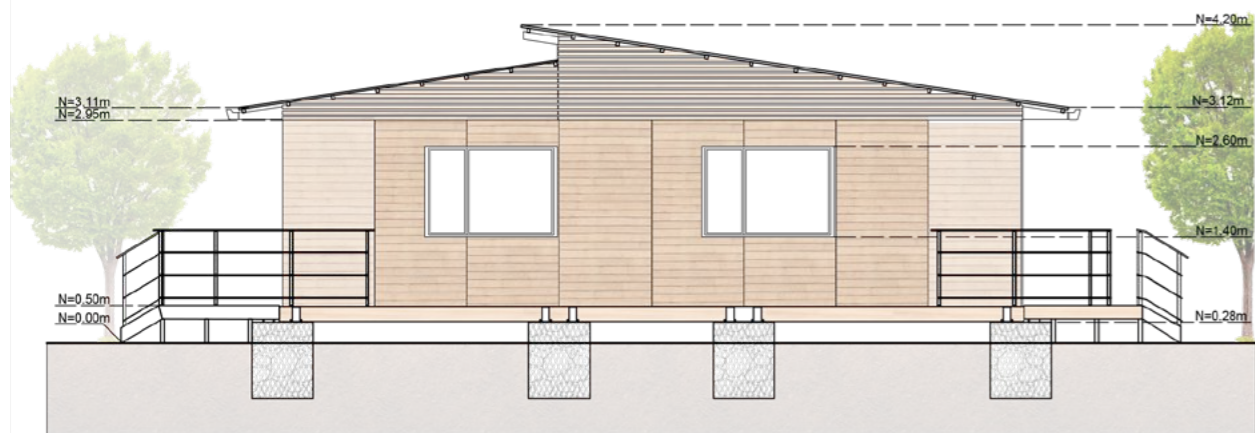
Figura 116 Planta en perspectiva (ZC1), propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.3.1 Elevaciones



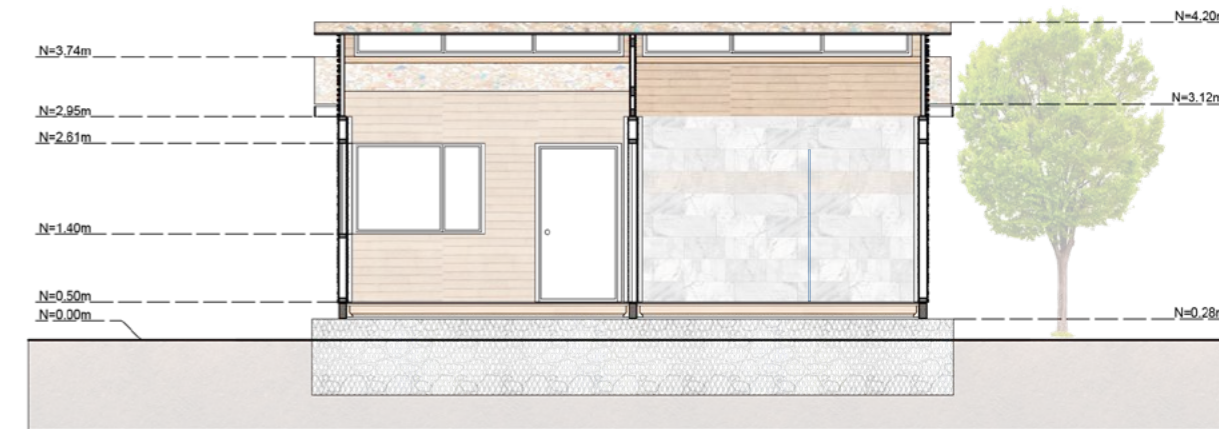
Elevación Frontal (ZC1)
Escala 1:100



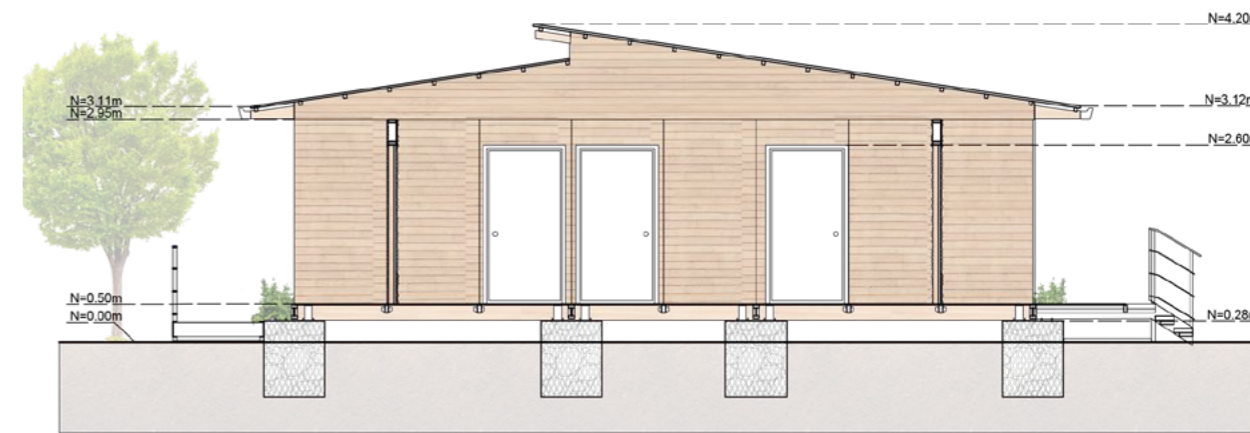
Elevación Lateral Derecha (ZC1)
Escala 1:100

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.3.2 Secciones



Sección A-A (ZC1)
Escala 1:100



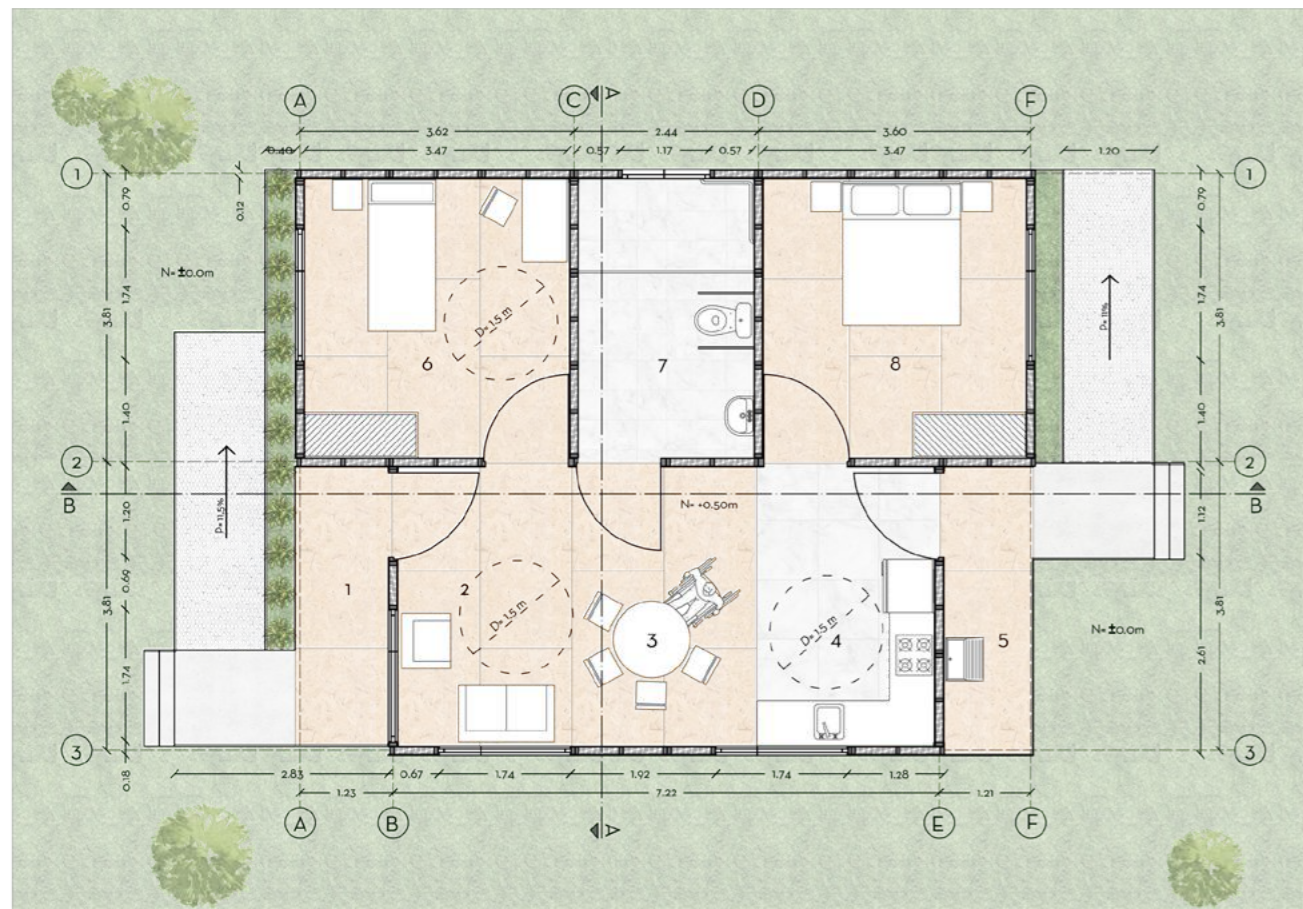
Sección B-B (ZC1)
Escala 1:100



Figura 119 Perspectiva interior (cocina) prototipo zona 1, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.4 Prototipo Zona climática 3



Descripción del prototipo Zona 3

Al igual que el prototipo de la zona 1, este cumple con dos accesos inclusivos mediante rampas, y un nivel de más 50 centímetros, que en este caso su propósito es evitar el contacto de la madera con la humedad del suelo, además de facilitar el acceso a las instalaciones sanitarias para cualquier cambio o reparación.

Leyenda:

- 1. Pórtico.
- 2. Sala.
- 3. Comedor.
- 4. Cocina.
- 5. Lavandería
- 6. Dormitorio 1
- 7. Baño
- 8. Dormitorio 2

Planta Arquitectónica (ZC3)
Escala 1:100

4.3 Anteproyecto del prototipo



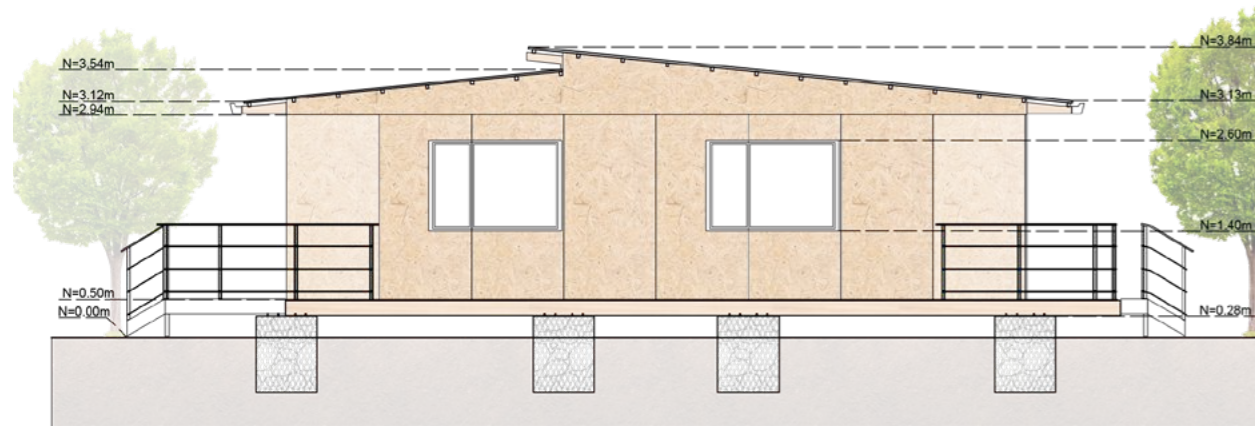
Figura 123 Planta en perspectiva (ZC3), propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.4.1 Elevaciones



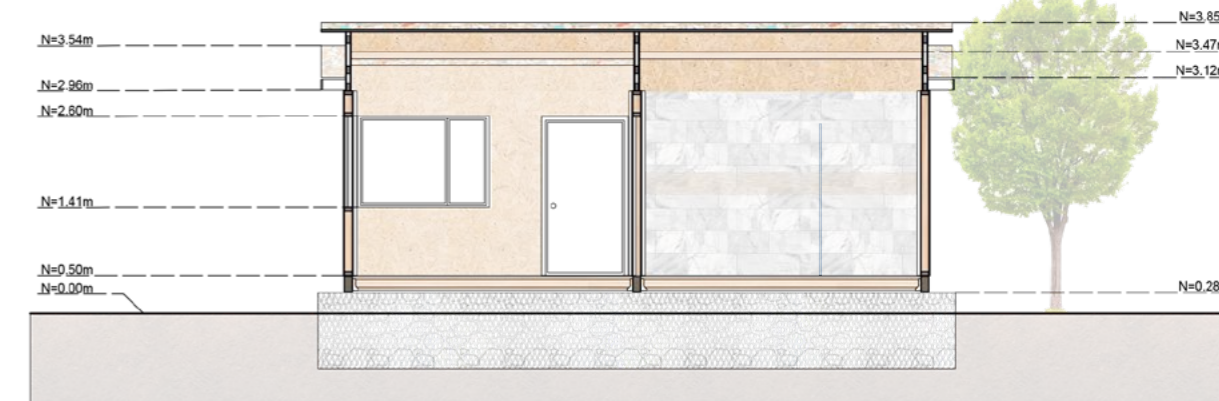
Elevación Frontal (ZC3)
Escala 1:100



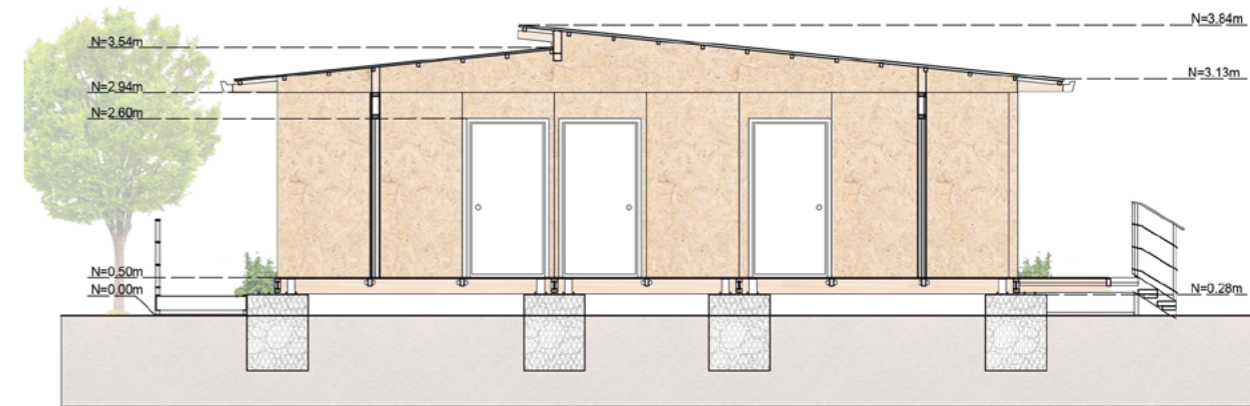
Elevación Lateral Derecha (ZC3)
Escala 1:100

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.4.2 Secciones



Sección A-A (ZC3)
Escala 1:100



Sección B-B (ZC3)
Escala 1:100



Figura 126 Perspectiva interior (cocina) prototipo zona 3, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.5 Detalles

Leyenda

1. Cubierta tipo plana de tetrapak (1,22x2,44x0,008m) con un traslape lateral de 0,07m.
2. Celosía de caña de guadúa ($\Phi=0,05m$) con espaciado de una caña.
3. Cercha de tiras de madera de pino (0,10x0,05m)(ver Anexo O).
4. Solera superior de tira de madera de pino (0,10x0,05m).
5. Módulo de pared con recubrimiento de esterillas de caña guadua (1,22x0,35x0,02m) amarrada a una malla metálica de 0,003m de abertura.
6. Dintel de tira de madera de pino (0,05x0,10m).
7. Ventana de perfiles de aluminio con vidrio sencillo e= 3mm (1,75x1,20m).
8. Alfeizar de tira de madera de pino (0,05x0,10m).
9. Recubrimiento de piso con baldosa de cerámica (0,60x0,60x0,02m) adherido con mortero adhesivo con polímeros para porcelanato (e=0,02m) (ver Anexo I).
10. Solera inferior de tira de madera de pino (0,05x0,10m).
11. Viga principal de madera sólida de pino (0,20x0,10m).
12. Pernos de anclaje de varilla corrugada A-36 $\Phi=12$ con gancho de 90°.
13. Cimiento tipo gavión reforzado (ver Anexo 8) relleno de piedra de canto rodado (de 0,15 a 0,20m).
14. Placa de hormigón armado (0,68x0,68x0,07m).



Sección Constructiva (ZC1)
Escala 1:30

4.3 Anteproyecto del prototipo

Leyenda:

1. Cubierta tipo plana de tetrapak (1,22x2,44x0,008m) con un traslape lateral de 0,07m.
2. Canal de agua lluvia de PVC (3m de largo).
3. Solera superior de tira de madera de abío (0,10x0,05m).
4. Dintel de tira de madera de abío (0,05x0,10m).
5. Módulo de pared con recubrimiento de tablero de OSB (2,44x1,22x0,01m).
6. Ventana de perfiles de aluminio con vidrio sencillo e= 3mm (1,75x1,20m).
7. Alfeizar de tira de madera de abío (0,05x0,10m).
8. Aislamiento de aserrín.
9. Placa de hormigón prefabricado (1,55x1,12x0,06).
10. Piso con recubrimiento de tablero de OSB (2,44x1,22x0,015).
11. Plancha antideslizante de aluminio (3,40x1,20x0,015m).
12. Solera inferior de tira de madera de abío (0,05x0,10m).
13. Viga I-Joist (0,18x0,78m) con ala de madera de abío y alma de OSB.
14. Viga principal de madera sólida de abío (0,20x0,10m).
15. Cimiento tipo gavión reforzado (ver Anexo 8) relleno de piedra de canto rodado (de 0,15 a 0,20m).

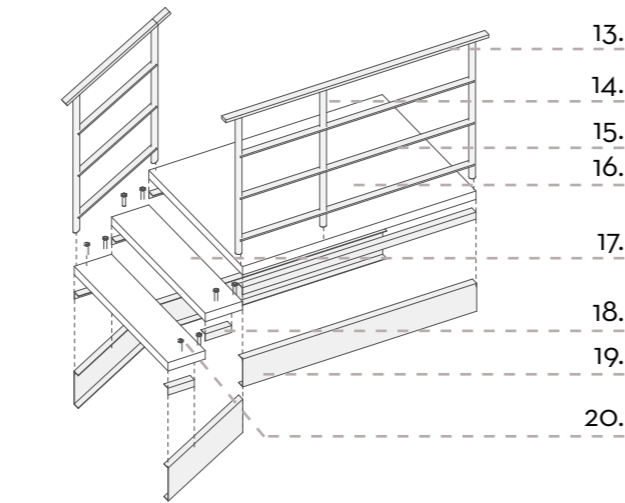
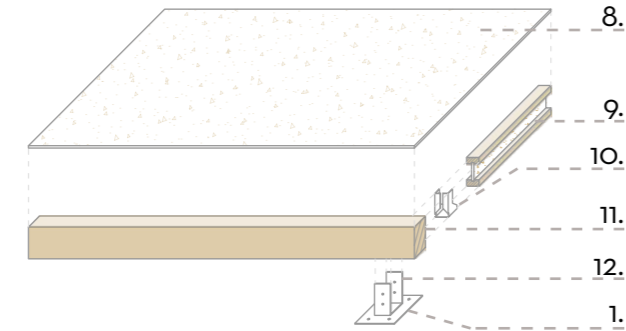
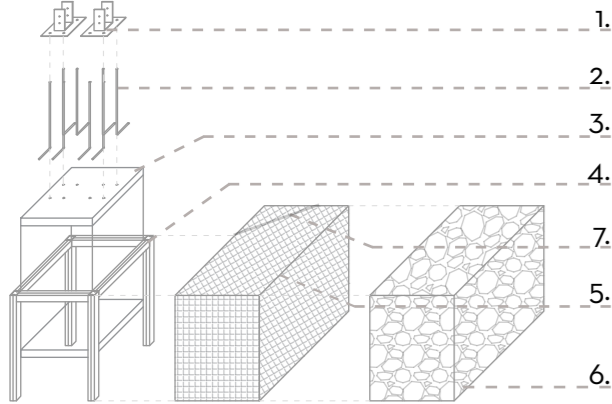


Sección Constructiva (ZC3)
Escala 1:30

4.3 Anteproyecto del prototipo

Leyenda:

1. Pletina de acero laminado A36 25x25x0,5 cm.
2. Pernos de anclaje de varilla corrugada A-36 $\Phi=12$ con gancho de 90°.
3. Placa de hormigón armado de 68x68x0,7cm.
4. Marco de doble perfil C de 6x3x0,28 cm, con soldadura E-7014.
5. Gavión de malla hexagonal de doble torsión de apertura de 1" de alambre de acero galvanizado de 0,02cm.
6. Relleno de piedra de canto rodado (de 15 a 20cm).
7. Tensor de alambre de acero galvanizado de 0,2cm.
8. Tablero de OSB de 2,44x1,22x1,5 cm.
9. Viga secundaria I-Joist de 18x7,8cm, con ala de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) y alma de OSB.
10. Herraje de acero galvanizado con alas interiores 15x7,8x8cm con espesor de 0,2cm.
11. Viga principal de madera sólida de 20x10cm .
12. Perfil U de 20x10x0,5cm soldado a pletina de acero laminado A36 (soldadura E-7014).



(Ver Anexo_H)

Axonometría de cimentación
Escala s/e

(Ver Anexo_I)

Axonometría de vigas y piso.
Escala s/e

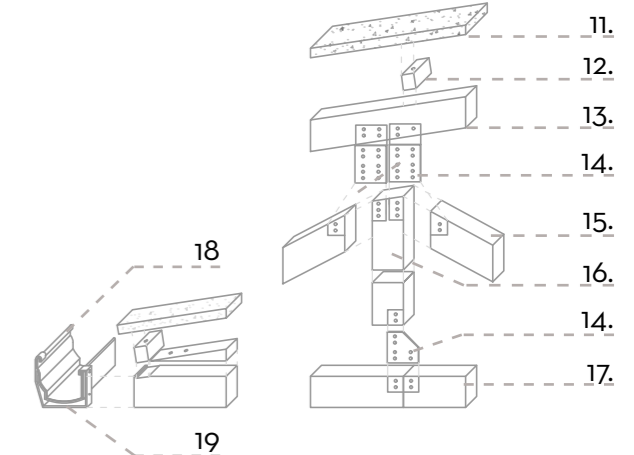
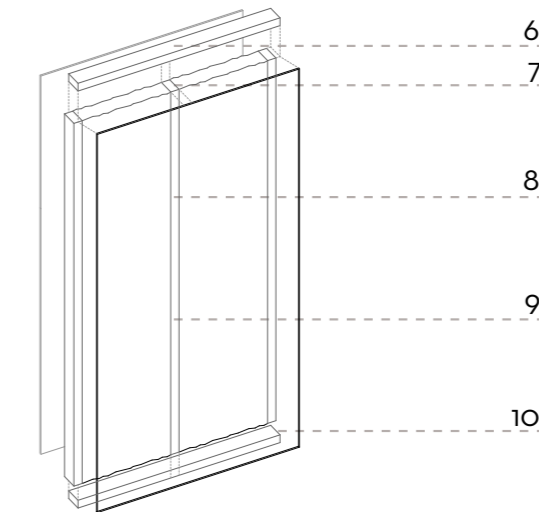
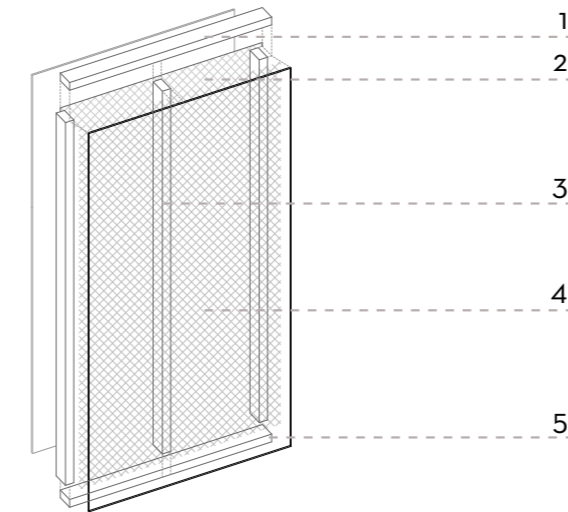
(Ver Anexo_J)

Axonometría de escalera.
Escala s/e

4.3 Anteproyecto del prototipo

Leyenda:

1. Solera Superior de tira de madera de pino de 10x5cm.
2. Malla metálica de acero galvanizado de 0,3 cm de abertura.
3. Pie derecho de tira de madera de pino de 10x5 cm.
4. Recubrimiento de esterillas de caña guadua 35x122x2cm.
5. Solera Inferior de tira de madera de pino de 10x5 cm.
6. Solera superior de tira de madera de abío de 10x5 cm.
7. Aislamiento de aserrín.
8. Pie derecho, tira de madera de abío de 10x5 cm.
9. Recubrimiento de tablero de OSB de 244x122x0,95cm.
10. Solera inferior de tira de madera de abío de 10x5 cm.
11. Cubierta tipo plana de tetrapak (122x244x0,8cm) con un traslape lateral de 7cm.
12. Correa de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) de 5x4 cm.
13. Par de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) de 10x5 cm.
14. Herraje de acero galvanizado para ensambles de estructura de madera.
15. Diagonal de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) de 10x5 cm.
16. Montante de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) de 10x5 cm.
17. Cordón inferior de madera (Z1=Pino, Z3=Abío) 10x5 cm.
18. Canal de agua lluvia de PVC (3m de largo).
19. Soporte plástico de canal dePVC.



(Ver Anexo_L)

Axonometría de muro sólido (ZC1).
Escala s/e

Axonometría de muro sólido (ZC3).
Escala s/e

(Ver Anexo_O)

Axonometría de cercha para cubierta.
Escala s/e

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.6 Presupuesto

Como se puede observar en la Tabla 33, el prototipo del presente trabajo de investigación tiene un costo total en la Zona 1 de \$23 969,33 (Ver Anexo_R), y en la Zona 3 de \$22 706,30 (Ver Anexo_T), este valor incluye un monto de 2% por imprevistos. Cabe recalcar que en la zona 1 el 49% del costo total corresponde a materiales, mientras que en la zona 3 corresponde al 54%. Siendo el rubro más costoso el de MUROS en ambas zonas.

PRESUPUESTO				
VIVIENDA SOCIAL ZONA 1				
OBRA:	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
01.	Obras preliminares	219,58	122,37	1986,89
02.	Cimentación	356,17	150,25	3657,98
03.	Estructura Piso	187,09	35,80	1328,84
04.	Muros	813,03	33,45	4286,91
05.	Cubierta	368,91	366,58	3314,00
06.	Instalaciones Sanitarias	41,50	683,04	914,72
07.	Instalaciones de Agua Potable	46,90	217,75	381,38
08.	Instalaciones Eléctricas	339,79	416,31	1799,47
09.	Acabados	91,07	73,84	1048,50
10.	Carpinterías	21,90	879,59	2620,04
11.	Obras Exteriores	47,24	276,06	1427,84
12.	Obras Finales	79,00	9,28	732,78
PRECIO				23499,34
%2 Imprevistos				469,99
PRECIO FINAL				23969,33

PRESUPUESTO				
VIVIENDA SOCIAL ZONA 3				
OBRA:	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
01.	Obras preliminares	219,42	122,37	1985,47
02.	Cimentación	341,27	151,02	3494,92
03.	Estructura Piso	186,03	35,80	1320,64
04.	Muros	626,48	42,46	3606,01
05.	Cubierta	322,84	274,46	2927,81
06.	Instalaciones Sanitarias	41,50	683,04	914,72
07.	Instalaciones de Agua Potable	46,90	217,75	381,38
08.	Instalaciones Eléctricas	339,79	416,31	1799,47
09.	Acabados	91,03	73,84	1049,99
10.	Carpinterías	21,90	879,59	2620,04
11.	Obras Exteriores	47,24	276,06	1427,84
12.	Obras Finales	79,00	9,28	732,78
PRECIO				22261,08
%2 Imprevistos				445,22
PRECIO FINAL				22706,30

Tabla 34 Presupuesto, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

4.3.7 Cronograma

El proyecto gracias a su diseño logra un ensamblaje fácil y rápido, como muestra la tabla 34 el prototipo se construye en 9 quincenas, es decir en 4 meses y medio en ambas zonas (Ver Anexo_S y Anexo_U).

CRONOGRAMA										
Vivienda social Zona 1										
OBRA:	DESCRIPCIÓN	QUINCENA								
RUBRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9
01.	Obras preliminares	■								
02.	Cimentación		■							
03.	Estructura Piso			■						
04.	Muros				■					
06.	Instalaciones Sanitarias					■				
07.	Instalaciones de Agua Potable						■			
08.	Instalaciones Eléctricas							■		
05.	Cubierta								■	
09.	Acabados									■
10.	Carpinterías									■
11.	Obras Exteriores									■
12.	Obras Finales									■

CRONOGRAMA										
Vivienda social Zona 3										
OBRA:	DESCRIPCIÓN	QUINCENA								
RUBRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9
01.	Obras preliminares	■								
02.	Cimentación		■							
03.	Estructura Piso			■						
04.	Muros				■					
06.	Instalaciones Sanitarias					■				
07.	Instalaciones de Agua Potable						■			
08.	Instalaciones Eléctricas							■		
05.	Cubierta								■	
09.	Acabados									■
10.	Carpinterías									■
11.	Obras Exteriores									■
12.	Obras Finales									■

Tabla 35 Cronograma de construcción, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

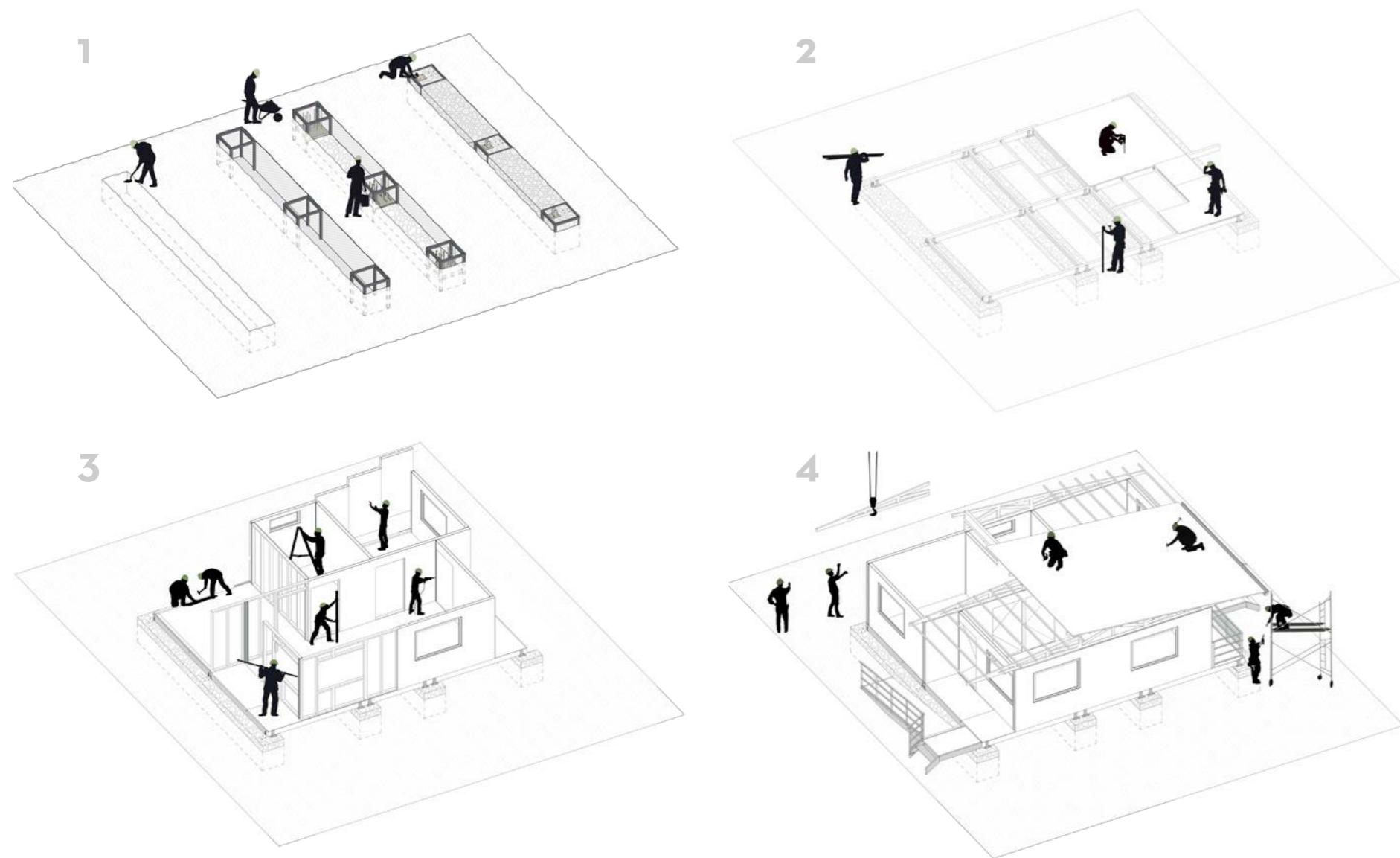


Figura 137 Etapas de construcción, propio.

4.3 Anteproyecto del prototipo

Los materiales usados en la vivienda se catalogan de acuerdo a la clasificación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) para las etapas constructivas según Franchi Patricia (2019).

De este análisis se puede observar en la Tabla 36, los materiales usados en la zona 1 un 93,35% son residuos aprovechables, mientras que el 6,63% son residuos no aprovechables (Ver Anexo_V). En la zona 3, un 93,72% son residuos aprovechables, y un 6,26% son residuos no aprovechables (Ver Anexo_W). Por lo que se está tratando de cumplir el propósito de circularidad en la arquitectura al generar una cantidad mínima de residuos, que en su mayoría son residuos eléctricos.

Los porcentajes se hicieron de acuerdo al volumen total de los materiales usados en la vivienda por lo que ciertos valores difieren en porcentaje.

Se puede observar que se encuentra una mayor diferencia en las clases de residuos no pétreos y residuos de carácter metálico, Esto se ve de manera más clara el Anexo_V y W, ya que las envolventes de ambas zonas son diferentes para adaptarse a las condiciones del lugar, en la zona 1 se usa malla para evitar el ingreso de insectos lo que incrementa el porcentaje de metales, por otro lado, en la zona 3 se usa tableros y aserrín como aislamiento térmico.

CATEGORÍA	GRUPO	CLASE	ELEMENTOS	% EN OBRA Z1	% EN OBRA Z3
Residuos Aprovechables	Residuos comunes inertes mezclados	Residuos Pétreos	Concretos cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, piedras, bloques, fragmentos de roca, baldosa, mortero y materiales inertes menores al tamiz #200.	48,28%	45,57%
	Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolin), limo, residuos inertes poco plástico o no plástico, residuos expansivos mayor que el tamiz #200	0,00%	0,00%
		Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonita), lodos inertes que tenga mayor cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sean mayor del tamiz #200.	0,00%	0,00%
	Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Plásticos PVC, maderas, cartones, papel, silicones, vidrios y cauchos.	37,53%	45,62%
	Residuos metálicos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, estaño, aluminio y zinc.	7,54%	2,53%
	Residuos orgánicos	Residuos de materia orgánica	Residuos de tierra negra	0,00%	0,00%
Residuos de plantas		Residuos vegetales y otras especies bióticas	0,00%	0,00%	
Residuos no Aprovechables	Residuos contaminantes	Residuos peligrosos	Desechos de productos químicos, pinturas, aceites, emulsiones, alquitrán, disolventes orgánicos, asfalto, resinas, plastificantes, betunes, tintas, barnices, asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias convencionales y fluorescentes, desechos explosivos, entre otros elementos peligrosos.	6,63%	6,26%
		Residuos especiales	Poliestireno expandido, pladur, lodos residuales de compuestos	0,00%	0,00%
		Residuos contaminados	Materiales que pertenecen a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos y especiales.	0,00%	0,00%

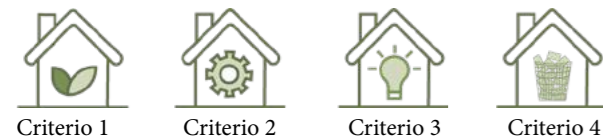
Tabla 36 Clasificación de materiales (ver anexo 23 y 24 para mayor detalle), propio.



Figura 138 Render de Sección Z1 y Z3.

Basándonos en los criterios expuestos por la Fundación Ellen MacArthur (2010), para un diseño circular, mencionados en el Cap. 2 se procederá analizar el prototipo.

Criterios cumplidos:



El proyecto propone una vivienda flexible que se adapte a las distintas necesidades de los usuarios, construida mediante módulos que pueden quitarse, moverse y montarse con facilidad para alcanzar este objetivo. Sus instalaciones están pensadas para ser modificadas en cualquier momento y según lo amerite su distribución.

Se evitó el uso de aglomerados y soldaduras para las uniones, promoviendo un desarmado limpio y rápido que permita una eficiente clasificación de materiales y recuperarlos con un mínimo de alteraciones, dándoles la oportunidad de reutilizarlos o reciclarlos, alargando así la vida útil de los materiales.

C5

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones parciales

Una vez finalizado el desarrollo del presente trabajo de investigación, se concluye que:

- o El uso de los principios de la economía circular aplicados en la arquitectura para el diseño de una vivienda social ofrece beneficios tanto en el aspecto constructivo como en el aspecto social, y constituye un gran aporte a la sostenibilidad.
- o El punto clave para lograr una arquitectura circular es pensar siempre en una vivienda como un elemento vivo que se transforma, crece y decrece. Y, sobre todo, estar conscientes de que cada etapa y fase debe ser analizada en su totalidad para asegurar que continúe el ciclo, donde se dé una segunda vida útil, nada se desperdicie y no se contamine.
- o El proceso del MIDUVI para proponer y construir una vivienda de interés social es contraproducente, ya que Ecuador posee diversas zonas climáticas y un solo modelo no puede ser aplicado indistintamente en todo el país. Se debe diseñar una vivienda que responda adecuadamente a las

condicionantes del contexto en la que se va a emplazar.

- o El estudio realizado nos ha permitido entender que, a pesar de que el diseño de una vivienda no puede ser 100% circular debido a que este tema es muy amplio y todavía existe poca investigación, aplicar estos principios nos puede ayudar en distintas posturas ambientales y en la forma en que se maneja la vivienda social en nuestra ciudad y país. Por esto, se propone que en el país se indague más sobre la circularidad. Finalmente, no solo se puede hablar de arquitectura circular sin hablar de una industria y un modo de consumo circular.

Conclusiones finales

Se partió del prototipo de vivienda social propuesto por el MIDUVI para aplicar los principios de la arquitectura circular encontrados en la realización del marco teórico como propuesta de una vivienda más confortable para el usuario y menos nociva para el ambiente. Así, mediante un cambio en la envolvente del prototipo, se logró adaptarlo a dos zonas climáticas diferentes, obteniendo resultados más favorables en temperatura interior e iluminación.

Para el inicio de este proyecto, fue importante identificar los principios de la arquitectura circular. Se optó por abarcar las dos perspectivas bases y aplicarlas a la vivienda social. La primera perspectiva busca que tanto los sistemas como los materiales sean flexibles, permitiendo adaptarse en el tiempo a las necesidades cambiantes de las personas. La segunda perspectiva busca reducir los desechos mediante la reutilización parcial o completa, disminuyendo la explotación de recursos.

Para lograr una mejor adecuación de la vivienda a la zona 1 y zona 3, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: condiciones climáticas, materiales adecuados para la zona y sistemas constructivos versátiles.

La propuesta busca mantener un confort para el usuario en términos de temperatura y habitabilidad. Para lograrlo, se decidió sustituir el sistema constructivo rígido utilizado por el MIDUVI por un sistema de módulos que permite armar y desarmar la vivienda, así como expandir tanto de forma horizontal como vertical según las necesidades de los usuarios.

El diseño del prototipo se basó en estrategias pasivas que ayudaron a crear espacios más cómodos y de calidad. Por ejemplo, se modificó la pendiente de la cubierta para que en la zona 1 el espacio tenga mayor altura, favoreciendo la circulación de aire y manteniendo un ambiente fresco. Además, se agregó un lucernario para facilitar la expulsión del aire caliente. En la zona 3, por otro lado, el espacio tiene una menor altura y se proporcionó un mayor aislamiento en los muros, ya que en este caso la prioridad es conservar el calor en el interior de la vivienda.

La selección de materiales fue una parte clave en el desarrollo del proyecto. Se realizaron entrevistas con profesionales expertos, que sirvieron como guía para encontrar los materiales más favorables y lograr una arquitectura circular.

Si bien los materiales fueron seleccionados bajo los criterios de sostenibilidad, eficiencia, versatilidad y asequibilidad, se ha demostrado mediante análisis que los materiales implementados en el prototipo generan una menor cantidad de gases de efecto invernadero.

Para comprobar los beneficios de la aplicación de la arquitectura circular en comparación con las viviendas convencionales propuestas por el gobierno, se llevaron a cabo diversos estudios. Los análisis de temperatura mostraron que el mes más cálido en la zona 1 es febrero, con una temperatura exterior promedio de 30.09°C, mientras que en la zona 3 el mes más frío es agosto, con una temperatura promedio de 11.55°C. Gracias a las estrategias implementadas, se logró mitigar tanto el calor como el frío en cada zona, alcanzando temperaturas interiores de 27°C en la zona 1 y 17°C en la zona 3.

Además de los estudios de confort, se realizaron análisis de las emisiones de CO₂ de los materiales utilizados en la envolvente del proyecto. Se determinó que el CO₂ equivalente de los materiales utilizados en el prototipo de la zona 1 y 3 es un 96% menor que el del MIDUVI.

Conclusiones finales

Gracias al criterio de versatilidad, el 92% de los materiales utilizados en el prototipo pueden ser aprovechados de diversas formas. Esto se logra mediante la unión de los materiales mediante pernos y herrajes, lo que facilita su desmontaje y permite una eficiente separación y clasificación de los mismos. En total, ocupan un volumen de 60 m³ en la zona 1 y 62 m³ en la zona 3. En contraste, en la tipología 1D los materiales se fusionan, lo que dificulta su división y reutilización, generando grandes cantidades de residuos.

Dado que los prototipos son viviendas sociales destinadas a personas de escasos recursos, los sistemas utilizados permiten reducir los costos en comparación con los proyectos actuales. Según lo establecido en los artículos 3 y 13 del Decreto Ejecutivo No. 681 del 25 de febrero de 2019, se considera que el valor de la vivienda de interés social será de hasta 177,66 Salarios Básicos Unificados (SBU). Hasta el 2022, el SBU era de \$425, lo que representa un total de \$75,505.50.

En la presente propuesta, el costo de la vivienda en la Zona 1 es de \$23,969.33, con un valor de \$253 por m². Mientras tanto, en la Zona 3, el costo es de \$22,706.30, con un valor de \$240 por m².

Con un tiempo de construcción de 4 meses y medio para ambas zonas, el prototipo de vivienda circular cumple con los plazos establecidos por el gobierno de Lenin Moreno. Además, presenta un costo menor en comparación con la vivienda 1D, la cual tiene un valor de \$29,369.24, es decir, \$398 por m² (Villafrute, 2021).

Por lo que se concluye que:

- o El prototipo de vivienda circular demuestra mejores resultados en términos de confort, iluminación, costos y beneficios medioambientales. Esto se logra gracias al uso de materiales sostenibles diseñados de acuerdo a las necesidades de la zona donde se implanta.
- o Los criterios de diseño utilizados facilitan el proceso de construcción y ofrecen ventajas significativas a los usuarios, como la posibilidad de adaptar los espacios según sus necesidades y aprovechar el reciclaje y reutilización de las partes que ya no se necesitan.

- o El diseño basado en sistemas circulares ofrece la ventaja de contar con espacios de dimensiones adecuadas que pueden ser desmontados, transportados y posteriormente rearmados en otro lugar sin perder sus propiedades. Esto brinda flexibilidad y adaptabilidad a las viviendas, permitiendo su reubicación en caso de ser necesario, sin comprometer su funcionalidad ni calidad. Esta característica es especialmente beneficiosa en situaciones donde se requiere movilidad o reasignación de viviendas, proporcionando soluciones versátiles y sostenibles.

Recomendaciones

Para el diseño de la propuesta se intentó utilizar los principios de la arquitectura circular, sin embargo, resultó muy complejo al no existir una metodología que nos pueda guiar para encontrar un material 100% circular, ya que en los estudios se tomaba en cuenta temas que no aportan a nuestro enfoque de investigación y se prescinde de aspectos como el ciclo de vida del material, el uso que se le va a dar, los métodos utilizados en la fabricación, la diferencia entre especies y tipos de material, la disponibilidad en el medio, las condiciones a las que va a ser expuesto el material, entre muchos otros. Estos temas son difíciles de evaluar debido a las variables involucradas. Por lo tanto, se recomienda continuar con la investigación de este tema para poder encontrar una metodología que cumpla con todos los principios de circularidad aplicados en la arquitectura.

El MIDUVI presenta, dentro del banco de validación de viviendas, un catálogo de proyectos expuestos por diferentes empresas en los que, basándose en una misma planta, proponen proyectos en los que solo se diferencia la forma de emplear los materiales. Además, estas propuestas no se aplican a zonas específicas, sino a todas las zonas en general.

En este banco no se muestran estudios que respalden dichas propuestas, lo cual muestra que desde el inicio las viviendas propuestas no podrán brindar confort a las personas que las habitan, lo cual es muy preocupante debido a la creciente cantidad de personas que necesitan una vivienda digna.

Por lo tanto, se recomienda replantear el proceso de selección de nuevos proyectos, tomando en consideración las zonas en donde serán implantadas cada propuesta.

Bibliografía

Bibliografía

- o Alayón, J. (2020, 2 julio). ¿Qué son las emisiones de CO₂ y CO₂ equivalente? - The Planet App. The Planet App. <https://theplanetapp.com/que-son-las-emisiones-de-co2/>
- o Alcívar Macías, S., Morales Cobos, S., & Forero Fuentes, B. (2018). Análisis funcional de la vivienda de interés social: El Recreo, Cantón Durán 2017. *Conrado*, 14(61), 99-104.
- o Álvarez Otálora, J. C., Batanero Soto, Y. J., & Berrío Hernández, S. M. (2012). Implementación de materiales no convencionales y/o reciclables para la construcción de Viviendas de Interés Social (VIS) en Colombia (Bachelor's thesis, Universidad Ean).
- o Aricapa García, R. (2011). Manipulación de tableros aglomerados.
- o Archetto, M. B. (2021, 1 enero). Huaira: la cabaña con huella de carbono cero en Ecuador. *Traveler*. <https://www.traveler.es/experiencias/articulos/huaira-cabana-sostenible-huella-de-carbono-cero-ecuador/19928>
- o Arup Associates. (2017, 31 marzo). The Circular Economy Building diseñado por Arup Associates. *arquired*. <https://www.arquired.com.mx/arq/design/the-circular-economy-building-disenado-arup-associates/>
- o Arquitectura Panamericana. (2016). Proyecto chacras: vivienda emergente productiva. *Archivo BAQ*. <https://arquitecturapanamericana.com/proyecto-chacras-vivienda-emergente-productiva/>
- o Arquitectura Pura. (2021, 24 marzo). Ladrillo. <https://www.arquitecturapura.com/construccion/ladrillo-5884/>
- o A Sostenible. (2020, 31 agosto). 8 ventajas de la piedra natural en construcción sostenible. *Arquitectura Sostenible*. <https://arquitectura-sostenible.es/8-ventajas-la-piedra-natural-construccion-sostenible/>
- o Balboa C., C. H., & Domínguez Somonte, M. (2014). Circular economy as an ecodesign framework: the ECO III model. *Informador Técnico*. <https://doi.org/10.23850/22565035.71>
- o Bateig. (2017, 22 febrero). Características de la piedra natural · Bateig - Piedra Natural | Natural Stone. <https://bateig.com/tag/caracteristicas-de-la-piedra-natural/>
- o Berwart, S., Estrella, X., Montañó, J., Santa-María, H., Almazán, J. L., & Guindos, P. (2022). A simplified approach to assess the technical prefeasibility of multistory wood-frame buildings in high seismic zones. *Engineering Structures*, 257, 114035.
- o Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523), 41-50.

Bibliografía

- o Boeri, A., Gaspari, J., Gianfrate, V., Longo, D., & Boulanger, S. O. (2019). Circular city: A methodological approach for sustainable districts and communities. *WIT Transactions on the Built Environment*; WIT Press: Southhampton, UK, 183, 73-82.
- o Bueno Valera, J. R. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sándwich utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca.
- o Caballero, P. (2020, noviembre 28). Refugio Huaira 01 / Javier Mera Luna + Diana Salvador. *ArchDaily en Español*. <https://www.archdaily.cl/cl/952068/refugio-huaira-01-javier-mera-luna-plus-diana-salvador>
- o Castañeda Castañeda, E. (2019). Aplicación de Muro Gavión en la Construcción Sostenible de viviendas, en el sector Mayopampa, distrito Tres de Diciembre, Chupaca, 2018-2019.
- o CEPAL. (2012, junio). Informe macroeconómico de América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1118/39/S2012030_es.pdf
- o CLG (Communities and Local Government). (2012). National Planning Policy Framework. CLG, London.
- o Climent, A. (2017). Economía circular aplicada a la arquitectura, espejismo o realidad. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/114562/memoria_48594547.pdf?Sequence=1&isallowed=y
- o Cogollo-Florez, J. M., & Restrepo-Olarte, A. C. (2021). Multi-criteria methodology for key stakeholders' identification and classification. *Dimensión Empresarial*. <https://doi.org/10.15665/dem.v19i2.2688>
- o Constitución de la República del Ecuador, 2008. Quito - Ecuador.
- o Cornejo, C. (2016). Sostenibilidad, arquitectura y evaluación. *Boletín Del Centro de Investigación de La Creatividad UCAL*. Recuperado de <https://repositorio.ucal.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12637/181/Cornejo%20Sostenibilidad%2C%20Arquitectura%20y%20Evaluaci%C3%B3n.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- o Delgove, A. (2021). Estrategias para reducir las emisiones de CO₂ en los edificios. *blog.zeroconsulting.com*. <https://blog.zeroconsulting.com/reducir-emisiones-de-co2-en-los-edificios#:~:text=El%20carbono%20embebido%20es%20aquel,durante%20los%20trabajos%20de%20construcci%C3%B3n>
- o El Telégrafo. (2016). Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/la-cana-gua-dua-un-material-que-puede-proteger-vidas>
- o El Telégrafo. (2021). El déficit de vivienda en Ecuador, no solo es un problema numérico sino de calidad. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/actualidad/44/deficit-vivienda-ecuador-problema-numericocalidad>

Bibliografía

- o Ellen McArthur Foundation, 2010. Circularity Indicators. An Approach to Measuring Circularity. Methodology s.l.:s.n
- o Ellen Macarthur Foundation. (2019, marzo). Designing for reuse and circulation of products and materials. <https://emf.thirdlight.com/link/sfk6sxx-c5wl2-ppj1qb/@/preview/1?o>
- o Ellen Macarthur Foundation: Report. (2013). Design out waste. <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>
- o ENEMDU, I. (2020). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. CNII Indicadores. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <http://indicadores.igualdad.gob.ec/DatosIndicadores-45-8-107>
- o ENEMDU, I. (2021). CONSULTA DE DATOS INTERACTIVOS, CARACTERIZACIÓN DE POBLACIÓN OBJETIVO. <https://info.inclusion.gob.ec/index.php/caracterizacion-poblacion-objetivo-ancusrex/pobreza-y-desigualdad-ancusrex/hacinamiento-ancusrex>
- o Espaliat Canu, M. (2017). Economía Circular Y Sostenibilidad. <http://www.miesesglobal.org/wp-content/uploads/2018/07/ECONOMIA-CIRCULAR.pdf>
- o Esquinas Herrera, Á. (2019). El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo. <https://riunet.upv.es/handle/10251/126350>
- o FDM. (2022). Come funziona il Ciclo Termico. FDM - Environment Makers. <https://www.dellamarca.it/es/como-funciona-el-ciclo-termico/>
- o Fernández, C. (2016). The Circular Building the most advanced reusable building yet. Arup. <https://www.arup.com/news-and-events/the-circular-building-the-most-advanced-reusable-building-yet>
- o Flores, E. O. (2007). Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la producción social de vivienda. México DF.
- o Foster, G. (2020). Circular economy strategies for adaptive reuse of cultural heritage buildings to reduce environmental impacts. Resources, Conservation and Recycling. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0921344919304136?token=5513742E90BBAE95104F9C5A66DBC12401EDA85C991FD63DEE8370266A76C4DCDF2E90C044DDE3E69200D6E3F469C389&originRegion=us-east-1&originCreation=20230322194140>
- o Franchi López, P. S. (2019). Análisis del ciclo de reciclaje de los materiales de construcción en referencia al proceso de la edificación.
- o Fuentes Freixanet, V. A., & Rodríguez Viqueira, M. (2004). Ventilación natural: cálculos básicos para arquitectura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Rectoría de Unidad, Coordinación de Extensión Universitaria.
- o Fundación Conama, Council Green Building, & RCD Asociación. (2018). Economía Circular en el ámbito de la construcción. Congreso Nacional Del Medio Ambiente 2018, 1-63. http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs_2018/6_final.pdf

Bibliografía

- o García Bastida, N. (2019). La teja cerámica: Orígenes, análisis y estudios constructivos en Euskadi y la Comunidad Valenciana. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/131914/Garc%C3%ADa%20-%20La%20teja%20cer%C3%A1mica.%20Origenes%2C%20an%C3%A1lisis%20y%20estudios%20constructivos%20en%20Euskadi%20y%20la%20Comunidad%20V....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- o García, C. S. (2015). Determinación de la higroscopicidad y comportamiento termodinámico de la madera juvenil y madura a través de sus isoterms de sorción (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- o Gelabert Abreu, Dayra, & González Couret, Dania. (2013). Vivienda progresiva y flexible. Aprendiendo del repertorio. Arquitectura y Urbanismo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982013000200005&lng=es&tlng=es
- o Gharanfoli, s., & yüksel, y. D. (2020). Paradox of social housing projects: housing affordability versus housing quality.
- o Gorina Sánchez, Alexander & Schery, José & Castillo, Antonio & Isabel, Alonso. (2013). Plataforma computacional Gplipce: gestión y procesamiento en línea de Información proporcionada por el Criterio de Expertos.
- o Godoy, F., Palme, M., Villacreses, G., Beltrán, R. D., Gallardo, A., Almaguer, M., ... & Castillo, J. P. (2017). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.
- o González O. C. y Buitrago, C.E. (2012). Hoja metodológica del indicador Anomalía de precipitación (Versión 1,00). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Servicio de Información Ambiental. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 8 p.
- o González Carrillo, F. G. (2021). Densificación como medio para promover la vivienda de interés social en el Noroeste de la ciudad de Guayaquil.
- o Gorina, Alonso, Salgado, Álvarez. (2014). La gestión de la información científica proporcionada por el criterio de expertos. <http://cinfo.idict.cu/index.php/cinfo/article/view/638/491>.
- o Guarniz Linares, C. A. (2020). Resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas para dos tipos de maderas, en la ciudad de Cajamarca.
- o Heating & Cooling Degree Days - Free Worldwide Data Calculation. (2019). <https://www.degreedays.net/>
- o IDEAM Equipo Subdirección de Meteorología. (2018). Documento metodológico estadísticas variables meteorológicas. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales -IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Documento+metodologico+variables+meteorologicas.pdf/8a71a9b4-7dd7-4af4-b98e-9b1eda3b8744>

Bibliografía

- o IECA. (2020). Manual de aplicación de la inercia térmica. Inercia térmica. <https://www.sostenibilidadyarquitectura.com/wp-content/uploads/2020/03/2020-IECA-ASA-Manual-de-la-aplicaci%C3%B3n-de-la-inercia-t%C3%A9rmica.pdf>
- o INEC. (2010). Población y Demografía. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- o Inmobilia. (2018, diciembre). Proyecto Chacras: cuando la arquitectura se moviliza ante la emergencia. <https://www.inmobilia.com/estilo-de-vida/estructuras-increibles/proyecto-chacras-cuando-la-arquitectura-se-moviliza-ante-la-emergencia/>
- o International Code Council (ICC). (s. f.). (2018). International Energy Conservation Code (IECC) | ICC digital codes. <https://codes.iccsafe.org/content/iecc2018/chapter-3-ce-general-requirements>
- o Joensuu, T., Edelman, H., Saari, A., (2020). Circular economy practices in the built environment. *Journal of Cleaner Production* 276, 124215. doi:10.1016/j.jclepro.
- o Kintscher, L., Lawrenz, S., & Poschmann, H. (2021). A life cycle oriented data-driven architecture for an advanced circular economy. *Procedia CIRP*.
- o Lin, D. G., Lin, Y. H., & Yu, F. C. (2010). Deformation analyses of gabion structures. *Intepraevent 2010*.
- o LP Argentina. (2017). I-Joist. <https://lpargentina.com.ar/en/producto/lp-i-joist/>
- o López, A. (2019). Economía circular: Alternativa sostenible de producción y consumo.
- o Magnone, F. & Lopez, L. (2017a, marzo 29). M4 [primera parte] - Cap 1, 2 y 3. Issuu. https://issuu.com/fmagnone/docs/pfc_libro_a
- o Magnone, F. & Lopez, L. (2017b, marzo 29). M4 [segunda parte] - Cap 4. Issuu. https://issuu.com/fmagnone/docs/pfc_libro_b
- o Maiztegui, B. (2020, 6 julio). El bambú en Ecuador: proyectos contemporáneos contruidos en caña. *ArchDaily en Español*. <https://www.archdaily.cl/cl/942005/el-bambu-en-ecuador-proyectos-contemporaneos-contruidos-en-cana>
- o Majuelos Martínez, F., & Arjona Garrido, Á. (2020). Valores socioculturales de la construcción en piedra seca. Nuevas resignificaciones para su salvaguardia a la luz de sus portadores.
- o Maldonado, Y. (2021, 27 octubre). Ladrillo Tipos, Propiedades, Características y Usos. *GEOLOGIAWEB*. <https://geologiaweb.com/materiales/ladrillo/>
- o María Virginia Ricaurte Romero, E., & Rafael Hechavarría Hernández, J. (2017). La Percepción Del Usuario Sobre Su Vivienda Y El the Perception of the User on Their Housing and the Environment in Social Interest Programs in. 4(6).

Bibliografía

- o Martínez García, M. P. (2015). Implementación de criterios de sostenibilidad económica, social y medioambiental para la selección de la cubierta en edificios de luces medias (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- o Max Acero Monterrey. (2021, 16 noviembre). 5 ventajas y desventajas de la lámina galvanizada. *Lamina Galvanizada*. <https://www.laminagalvanizada.com.mx/blog/5-ventajas-y-desventajas-de-la-lamina-galvanizada/>
- o Mena, F. (2019, 24 octubre). Proyecto Chacras / Natura Futura Arquitectura + Colectivo Cronopios. *ArchDaily en Español*. <https://www.archdaily.cl/cl/789185/proyecto-chacras-natura-futura-arquitectura-plus-colectivo-cronopios>
- o Mendoza, Z. A., Chalán, Á. F. L., & Ayala, C. S. (2015). Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador. <https://nikolayaguirre.files.wordpress.com/2011/12/lb-especies-forestales-sur-ecuador-2015.pdf>
- o Mercado Martín, L. (2020). Economía circular en la arquitectura. Cómo proyectar de manera circular. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44940/TFG-A-221.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- o Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of cleaner production*.
- o Michalus, J. C., Sarache Castro, W. A., & Hernández Pérez, G. (2015). Método de expertos para la evaluación ex-ante de una solución organizativa. *Visión de futuro*.
- o Miduvi, Decreto ejecutivo N.º 681. Reglamento para el acceso a subsidios e incentivos del programa de vivienda de interés social y público en el marco de la intervención emblemática “casa para todos” (3 abril de 2019). <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-08/DE%20681%20Reglamento%20de%20accesos%20a%20subsidios%20e%20incentivos%20del%20programa%20de%20vivienda%20DE%20681.pdf>
- o Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2019, mayo). Proyecto de vivienda Casa para todos. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/PROYECTO-DE-VIVIENDA-CASA-PARA-TODOS.pdf>
- o Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2021, junio). Déficit habitacional nacional. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/deficit-habitacional-nacional/>
- o Miranda Poma, M. A. (2018). Comparación de cercha en función del material (Doctoral dissertation).
- o Molina, D. & Becerra, J. (2020). La tierra como material de construcción, propiedades y estabilizantes. *Universidad Santo Tomás*. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30482/2020dayanamolina.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- o Monjo Carrió, J. (1986). Propuesta de evaluación de sistemas constructivos. *Informes de la construcción*.

Bibliografía

- o Moreno Estrada, Virgilio Alexander; Obregón Centeno, Darwin Damián y Obando Luna, Carlos Lenin (2011) Manual de ahorro energético para la Biblioteca Julio C. Buitrago Urroz. Otra thesis, Universidad nacional de Ingeniería.
- o Moreno, O. (2008, julio). La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida Palapa, vol. III, núm. II, julio-diciembre, 2008. <https://www.redalyc.org/pdf/948/94814774007.pdf>
- o Mulliner, E., & Maliene, V. (2015). An analysis of professional perceptions of criteria contributing to sustainable housing affordability. Sustainability.
- o Munaro, M.R., Tavares, S.F., Bragança, L., 2020. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. Journal of Cleaner Production.
- o Murray, A., Skene, K., Haynes, K., 2017. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics 140, 369–380. doi:10.1007/s10551-015-2693-2
- o Naciones Unidas, Asamblea General “Documento de políticas 10: Políticas de vivienda”, A/CONF.226/PC.3/23 (27 de julio de 2016). <https://habitat3.org/wp-content/uploads/Policy-Paper-10-Espan%CC%83ol.pdf>
- o Nancy M. P. Bocken, Ingrid de Pauw, Conny Bakker & Bram van der Grinten. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy, Journal of Industrial and Production Engineering, 33:5, 308-320, DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124
- o Nantes, E. A. (2019). Método analytic hierarchy process para la toma de decisiones: repaso de la metodología y aplicaciones.
- o Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-HS-EE. Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE) (2018).
- o Norma técnica Ecuatoriana. (2014). Bloques huecos de homirgón. Definiciones, clasificación y condiciones generales. (NTE INEN 638). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_638.pdf.
- o OECD/IEA, 2017. Energy Technology Perspectives 2017 Catalysing Energy Technology Transformations Executive Summary. I.E.A. June 6. 2017 ed.
- o ONU-HABITAT. (2020). Vivienda: inviable para la mayoría. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/vivienda-inviable-para-la-mayoria>
- o Peraza, J. E., Peraza, F., & González, M. A. (2014). Nacimiento y evolución de los tableros estructurales.
- o Pintado, M. V. (2015). Materiales prefabricados aplicados en el diseño de una vivienda de interés social. Universidad de Cuenca.
- o ProArquitectura. (2021). Arquitectura circular, una segunda vida. <http://www.proarquitectura.es/arquitectura-circular-una-segunda-vida/#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20Arquitectura,aquello%20de%20m%C3%ADnimo%20impacto%20ecol%C3%B3gico>.

Bibliografía

- o Ramirez-Ortiz, J.. (2002). La construcción con estructura de acero. DYNA, 77(1).
- o Remoy, H., Wandl, A., Ceric, D., & Timmeren, A. V. (2019). Facilitating circular economy in urban planning. Urban Planning.
- o Resende, E. B., Faria, L. C. S., Freitas-Ferreira, E., & Aversí-Ferreira, T. A. (2021). Uso de wood frame na construção civil no Brasil. Research, Society and Development.
- o Robles Garrote, P., & Rojas, M. del C. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. Revista Nebrija De Lingüística Aplicada a La Enseñanza De Lenguas, 9(18), 124-139. <https://doi.org/10.26378/rnlael918259>
- o Rocha-Tamayo, E.. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. Revista NODO. <http://186.28.225.70/index.php/nodo/article/view/64>
- o Rodríguez Agudelo, N. (2020). Economía circular una solución al impacto ambiental.
- o Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., y Zickfeld, K. (2018). Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development. In Global warming of 1.5 C. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- o Roldan, M. J. (2020, 27 octubre). Fibrocemento: qué es y para qué sirve. Decoora. <https://www.decoora.com/fibrocemento-que-es-y-para-que-sirve/>
- o Sánchez, N. L. (2013). Elementos tipo cercha. <https://docplayer.es/37748952-Elementos-tipos-cercha.html>
- o Santos, M. M. L. dos, Cruz, A. C. P. da, Terra, I. C. de C., & Pereira, C. O. V. R. (2022). Integrative review of the use of wood through the wood frame constructive system in Brazil. Research, Society and Development.
- o Santos, S. (2019, 11 octubre). Arup designs prototype building based on circular economy principles. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/868121/arup-designs-prototype-building-based-on-circular-economy-principles>
- o Sauvé, S., Bernard, S., Sloan, P., 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. Environmental Development.
- o Shrivastava, A., & Bhardwaj, A. (2021). A Review on Structural Wood I-Joists Section. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 8, 1.
- o SICON. (2014). Ficha técnica placas de fibrocemento dryboard. <https://siconecuador.com/wp-content/uploads/2022/05/FICHA-FIBROCEMENTO-DRYBOARD.pdf>
- o Slow Studio. (2022, 17 marzo). Economía circular en arquitectura. <https://www.slowstudio.es/research/economia-circular-en-arquitectura>

Bibliografía

- o Subsecretaría de vivienda y ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2018, julio). Banco de registro y validación de tipologías de vivienda validadas para el programa Casa para todos. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/001-banco-de-validaciones-Tipologia-de-vivienda.pdf>
- o Tenorio, C., Moya, R., Saenz, M., Navarro, A., Carranza, M., & Paniagua, V. (2017). Diseño, resistencia, tablas de diseño, propuesta de empaque y manuales de uso de cerchas construidas con madera de Gmelina arborea e Hieronyma alchorneoides de plantaciones forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), 55-67.
- o Termiser. (2016, 2 marzo). Las características del hormigón o concreto. <https://www.termiser.com/las-caracteristicas-del-hormigon-concreto/>
- o Toyos Álvarez, B. (2020). Aplicación de los métodos de decisión multicriterio a la ingeniería de la construcción.
- o Tukker, A., 2015. Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *J. Clean. Prod.*
- o Ugalde Serrano, D. E. (2014). Anteproyecto arquitectónico de una vivienda social para la ciudad de cuenca, en base a un módulo que permita su crecimiento evolutivo.
- o Uriarte, J. M. (2021). Zinc: descubrimiento, propiedades, usos y características. *Enciclopedia Humanidades*. <https://humanidades.com/zinc/>
- o U.S Department of energy building technologies office. (2015, agosto). Guide to determining climate regions by county (N.o 3). Pacific Northwest National Laboratory. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/ba_climate_region_guide_7.3.pdf
- o Vaca, A. (2017). Modelo de vivienda progresiva sostenible. <https://core.ac.uk/download/pdf/226151717.pdf>
- o Valencia, N. (2017). Esta es la vivienda propuesta ganadora del Premio Corona Pro Habitat 2017. *ArchDaily Colombia*. https://www.archdaily.co/co/877251/esta-es-la-vivienda-propuesta-ganadora-del-premio-corona-pro-habitat-2017?ad_medium=office_landing
- o Vásquez, V., Reyes Riquelme, C., Catalán, L., Campos, P., Hernández, C., & Elgueta, M. (2019). Caracterización mecánica de vigas I fabricadas con tableros OSB y madera aserrada estructural de Pino radiata.
- o Villafuerte Benítez, P. S. (2021). Avalúo de los costos de reposición de una vivienda con una tipología de pórticos con estructura metálica para edificaciones de 1 piso y de una vivienda con una tipología de mampostería confinada para edificaciones de 2 pisos de la ciudad de Quito (Bachelor's thesis, Quito).
- o Wan Abdul Rahman, W. M. N., Mohd Yunus, N. Y., Mohd Khaidzir, M. O., & Mohd Sani, M. S. H. (2022). Bending Behaviour of Different Types of Timber I-Joist. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(5), 2202-2211.