

MODELOS DE VIVIENDAS

SOSTENIBLES PARA EL
DESARROLLO SOCIAL
CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
IMPRESIÓN 3D



Universidad de Panamá
Facultad de Arquitectura y Diseño
Escuela de Arquitectura

**MODELO DE VIVIENDAS SOSTENIBLES PARA EL DESARROLLO SOCIAL
CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D**

Tesis de Grado para optar por el título de
Licenciatura en Arquitectura

Autora:
Adriana Aili Guzmán Vásquez

C.I.P. 8-928-1232

Asesora:
Profesora Linette Yanisselly

Panamá

2022



Jurado Examinador

Prof. Linette Yanisselly _____
(Asesora)

Prof. Rosnery Castillo D-R _____

Prof. Ernesto Blanco Morales _____

Dedicatoria

Le ofrezco este trabajo y sus resultados a Dios, Todopoderoso, quien me encaminó, trazó cada uno de mis pasos y le dio propósito a mi vida.

CRESCENDO 



Agradecimientos

A **Dios, El Creador**, por darme vida, por presentarme a las personas correctas, por darme inspiración y llenarme de bendiciones incontables.

A **Cristo**, por salvarme y darme una razón por la cual vivir.

A mi **mamá** y a mi **papá**, por siempre apoyarme, por ser mi refugio y mostrarme su amor incondicional.

A mi **familia**, por siempre alentarme y estar pendiente de mis avances.

A **David**, por siempre estar presente y apoyarme.

A la **profesora Linette Yanisselly**, por haberme dirigido, animarme y acompañarme en este trayecto.

A mis **amigos** y **compañeros**, quienes siempre están al pendiente y ofreciendo su ayuda constante.

A mis **profesores**, por impartir sus conocimientos que me forman como profesional.

Y por **cada una de las personas** que no paraban de recordarme que podría culminar la tesis, sin importar lo difícil que pareciera.

Índice

Resumen.....	i
Marco Teórico.....	v
Introducción.....	v
Justificación.....	vi
Objetivos	ix
Marco Metodológico.....	ix
1. Antecedentes.....	2
1.1. Memoria de la vivienda social	2
1.1.1. Alcance global de la arquitectura de la vivienda social	2
1.1.2. Alcance nacional de la arquitectura de la vivienda social	12
1.2 Evolución de la arquitectura sostenible en la vivienda	16
1.3. Desarrollo de la impresión 3D en la arquitectura	19
2. Definiciones y referencias	26
2.1 ¿Qué es la vivienda social?.....	26
2.2. ¿Qué es la vivienda digna?.....	26
2.3. ¿Qué es la vivienda adecuada?.....	27
2.3.1. Criterios para una vivienda adecuada.....	27
2.4. ¿Qué es el desarrollo social?.....	29
2.5. Referencias de la vivienda social en el mundo.....	30
2.5.1. Quinta Monroy	30
2.5.2. Proyecto Villa Verde.....	34
2.5.3. Casa Cubierta	37
2.5.4. Plan B Guatemala.....	39
2.5.5 Casa Ampliable	42
2.6. Casos de la vivienda social en Panamá.....	45
2.7. ¿Qué es la arquitectura sostenible?.....	50
2.7.1. Lineamientos y estándares de la arquitectura sostenible.....	51
2.7.2. Estrategias de diseño para la arquitectura sostenible	54
2.7.3. Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá.....	57
2.7.4. Usos de la arquitectura sostenible para la vivienda social.....	60

2.7.4.1 Casa S ³	61
2.7.4.2. Casa Cebolla	64
2.7.4.3. Casa SMART: Un aporte panameño	67
2.8. ¿Qué es el desarrollo sostenible?.....	68
2.8.1. Criterios del desarrollo sostenible	69
2.9. ¿Qué es la impresión 3D en la arquitectura?.....	74
2.9.1. Uso y funcionamiento del sistema constructivo.....	75
2.9.2. Métodos de impresión 3D	78
2.9.3 Tipos de impresora	80
2.9.3. Sección de pared.....	82
2.9.4. Electricidad y tuberías.....	85
2.9.5. Refuerzos.....	85
2.9.6. La sustentabilidad en la impresión 3D	87
2.9.7. Tipos de impresoras 3D en el mercado.....	97
2.9.8. Ejemplos de la integración de la impresión 3D en la arquitectura.....	98
2.9.8.1. “Community First!”: Casas para personas sin hogar de ICON.....	98
2.9.8.2. Casa TECLA de WASP.....	101
2.10. BOD 2: La impresora y sus características	105
2.10.1. Funcionamiento de la impresora.....	106
2.10.2. Instalación.....	107
2.10.3. Boquillas	108
2.10.4. Material	109
2.10.5. Tiempo de impresión	112
2.10.6. Expectativa de Vida.....	112
2.10.7. Costos adicionales.....	113
2.10.8. COBOD Slice	113
2.10.9. Especificaciones de la BOD 2.....	113
3. Estudio del Sitio.....	116
3.1. Aspectos geográficos y ecológicos	116
3.1.1. Localización y superficie.....	116
3.1.2. Límites.....	117
3.1.3. Clima.....	118

3.1.4. Hidrografía.....	120
3.1.5. Suelos.....	123
3.1.6. Cobertura Vegetal.....	124
3.2. Aspectos históricos y demográficos.....	127
3.2.1. Antecedentes históricos.....	128
3.2.2. Población.....	129
3.2.3. Densidad.....	130
3.2.4. Composición de la población.....	131
3.3. Aspectos sociales y económicos.....	132
3.3.1. Vivienda.....	132
3.3.2. Educación.....	135
3.3.3. Población económicamente activa.....	136
3.3.4. Transporte y vialidad: un reto, una visión del futuro.....	140
3.3.5. Equipamientos urbanos.....	145
3.3.6. Infraestructura y deficiencias de la zona.....	150
4. Análisis del Sitio.....	152
4.1. Factores naturales forma y superficie.....	153
4.1.1 Situación actual.....	154
4.1.2. Topografía y superficie.....	157
4.1.3. Vientos.....	160
4.1.4. Asoleamientos.....	161
4.1.5. Agua pluvial y escorrentías.....	161
4.1.6. Vegetación existente.....	162
4.1.7. Tipo de suelos.....	162
4.1.8. Vistas de calidad y vecinos.....	163
4.2. Factores urbanos.....	166
4.2.1. Vialidad y accesos.....	166
4.2.2. Edificaciones colindantes.....	167
4.2.3. Redes de suministro.....	168
4.2.4. Normas de zonificación y uso de suelo.....	170
4.2.5. Ruidos.....	171
4.2.7. Suministros y escasez.....	171

4.2.9. FODA.....	173
5. Propuesta arquitectónica	175
5.1 Descripción del proyecto	175
5.2 Desarrollo de espacios.....	176
5.3. Diagrama de relaciones espaciales.....	178
5.4. Programa arquitectónico.....	181
5.5. Criterios de diseño	182
5.6. Concepto de diseño	183
5.7. Propuesta arquitectónica.....	185
5.7.1 Plan Maestro.....	187
5.7.2 Paisajismo	188
5.7.3 Movilidad.....	191
5.7.4. Desglose y ampliaciones por área	192
5.7.5 Casa Allegro	194
5.7.6 Casa Acorde.....	204
5.7.7 Casa Presto.....	214
5.7.8. Crecimiento.....	223
5.7.9. Andante: Plaza y Centro Comercial.....	225
5.7.10 Secciones del Conjunto	229
5.7.11. Vistas del Proyecto	231
5.7.12. Materialidad	248
5.7.13. Equipamientos y sistemas	249
5.8 Detalles Constructivos.....	253
5.8.1. Despiece de modelos	259
6. Análisis de Costos.....	264
6.1. Costos del Proyecto	267
6.2. Comparación de Costos con el Método de Construcción Convencional	271
Anexo	263
Conclusiones.....	266
Recomendaciones.....	267
Bibliografías.....	268

Índice de Cuadros

Tabla_01.....	57	Tabla _18.....	250
Tabla_02.....	58	Tabla _19.....	251
Tabla_03.....	60	Tabla _20.....	252
Tabla_04.....	82	Tabla _21.....	264
Tabla_05.....	89	Tabla _22.....	265
Tabla_06.....	97	Tabla _23.....	266
Tabla_07.....	111	Tabla _24.....	266
Tabla_08.....	111	Tabla _25.....	267
Tabla _09.....	114	Tabla _26.....	268
Tabla _10.....	130	Tabla _27.....	269
Tabla _11.....	134	Tabla _28.....	271
Tabla _12.....	137	Tabla _29.....	273
Tabla _13.....	143	Tabla _30.....	275
Tabla _14.....	147	Tabla _31.....	277
Tabla_15.....	157	Tabla _32.....	278
Tabla_16.....	171	Tabla _33.....	278
Tabla_17.....	173		

Índice de Fotografías

Foto_01.....	154	Foto_08.....	163
Foto_02.....	154	Foto_09.....	159
Foto_03.....	155	Foto_10.....	164
Foto_04.....	155	Foto_11.....	165
Foto_05.....	156	Foto_12.....	165
Foto_06.....	156	Foto_13.....	165
Foto_07.....	162	Foto_14.....	167

Índice de Gráficos

Gráficos_01.....	129
Gráficos _02.....	131
Gráficos _03.....	132
Gráficos _04.....	133
Gráficos _05.....	135
Gráficos _06.....	139

Índice de Diagramas

Diagrama_01.....	19	Diagrama_12.....	162
Diagrama_02.....	29	Diagrama_13.....	163
Diagrama_03.....	31	Diagrama_14.....	166
Diagrama_04.....	54	Diagrama_15.....	179
Diagrama_05.....	55	Diagrama_16.....	180
Diagrama_06.....	59	Diagrama_17.....	183
Diagrama_07.....	157	Diagrama_18.....	184
Diagrama_08.....	160	Diagrama_19.....	185
Diagrama_09.....	160	Diagrama_20.....	191
Diagrama_10.....	161	Diagrama_21.....	223
Diagrama_11.....	161	Diagrama_22.....	248

Índice de Figuras

Figura_01.....	3	Figura_23.....	16
Figura_02.....	3	Figura_24.....	16
Figura_03.....	4	Figura_25.....	17
Figura_04.....	4	Figura_26.....	18
Figura_05.....	5	Figura_27.....	18
Figura_06.....	5	Figura_28.....	21
Figura_07.....	6	Figura_29.....	21
Figura_08.....	7	Figura_30.....	22
Figura_09.....	7	Figura_31.....	22
Figura_10.....	8	Figura_32.....	23
Figura_11.....	9	Figura_33.....	30
Figura_12.....	9	Figura_34.....	30
Figura_13.....	9	Figura_35.....	32
Figura_14.....	10	Figura_36.....	32
Figura_15.....	10	Figura_37.....	33
Figura_16.....	11	Figura_38.....	33
Figura_17.....	11	Figura_39.....	34
Figura_18.....	13	Figura_40.....	34
Figura_19.....	13	Figura_41.....	34
Figura_20.....	13	Figura_42.....	34
Figura_21.....	14	Figura_43.....	35
Figura_22.....	15	Figura_44.....	35

Figura_45.....	36	Figura_69.....	61
Figura_46.....	37	Figura_70.....	61
Figura_47.....	37	Figura_71.....	62
Figura_48.....	38	Figura_72.....	62
Figura_49.....	39	Figura_73.....	64
Figura_50.....	39	Figura_74.....	64
Figura_51.....	39	Figura_75.....	65
Figura_52.....	40	Figura_76.....	67
Figura_53.....	41	Figura_77.....	67
Figura_54.....	42	Figura_78.....	68
Figura_55.....	42	Figura_79.....	74
Figura_56.....	43	Figura_80.....	75
Figura_57.....	44	Figura_81.....	76
Figura_58.....	45	Figura_82.....	77
Figura_59.....	46	Figura_83.....	78
Figura_60.....	46	Figura_84.....	78
Figura_61.....	47	Figura_85.....	79
Figura_62.....	47	Figura_86.....	79
Figura_63.....	48	Figura_87.....	80
Figura_64.....	49	Figura_88.....	80
Figura_65.....	49	Figura_89.....	81
Figura_66.....	49	Figura_90.....	81
Figura_67.....	49	Figura_91.....	83
Figura_68.....	58	Figura_92.....	83

Figura_93.....	84	Figura_114.....	102
Figura_94.....	84	Figura_115.....	102
Figura_95.....	84	Figura_116.....	103
Figura_96.....	84	Figura_117.....	103
Figura_97.....	85	Figura_118.....	104
Figura_98.....	85	Figura_119.....	104
Figura_99.....	86	Figura_120.....	104
Figura_100.....	86	Figura_121.....	105
Figura_101.....	86	Figura_122.....	108
Figura_102.....	92	Figura_123.....	108
Figura_103.....	93	Figura_124.....	110
Figura_104.....	94	Figura_125.....	118
Figura_105.....	96	Figura_126.....	184
Figura_106.....	98	Figura_127.....	249
Figura_107.....	98	Figura_128.....	250
Figura_109.....	99	Figura_129.....	251
Figura_110.....	99	Figura_130.....	251
Figura_111.....	100	Figura_131.....	252
Figura_112.....	101	Figura_132.....	265
Figura_113.....	101	Figura_133.....	265

Índice de Mapas

Mapa_01.....	116
Mapa_02.....	117
Mapa_03.....	122
Mapa_04.....	122
Mapa_05.....	123
Mapa_06.....	124
Mapa_07.....	125
Mapa_08.....	127
Mapa_09.....	141
Mapa_10.....	144
Mapa_11.....	146
Mapa_12.....	153
Mapa_13.....	158
Mapa_14.....	167
Mapa_15.....	170

Índice de Portadas

Portada_01.....	01
Portada_02.....	25
Portada_03.....	115
Portada_04.....	152
Portada_05.....	174
Portada_06.....	263

Resumen

La ciudad de Panamá ha cursado un crecimiento acelerado sin una debida planeación a lo largo de los últimos años. La búsqueda de empleo, una mejor calidad de vida y de servicios básicos, obligan a los habitantes de las distintas zonas del país a asentarse dentro de los perímetros de la capital. Causando establecimientos de viviendas informales que no proveen un vivir digno y atenta contra la seguridad física y mental del habitante.

El proyecto que se propone es de un modelo de vivienda sostenible para el desarrollo social con la implementación de la impresión 3D. Este busca ofrecer una solución repetible ante la problemática de la vivienda social en el país, ofreciendo espacios flexibles y de futuro crecimiento, basándose en diseños exitosos como Quinta Monroy de la firma ELEMENTAL; dirigido por el arquitecto Alejandro Aravena. De igual manera integrando las casas dentro de una urbanización con parque central equipado con distintos servicios como huerto urbano, centro comercial, anfiteatro, zonas de juegos y de deporte para acrecentar la economía, cultura y recreación de los usuarios.

Para la asequibilidad y rápida elaboración de las viviendas se propone utilizar la fabricación aditiva en la construcción - la impresión 3D en concreto. Este método constructivo al combinarse con un diseño modular ofrece una alternativa factible para utilizarse dentro del diseño y construcción de la arquitectura social.

Palabras clave: Vivienda social, sostenibilidad, vivienda digna, vivienda adecuada impresión 3D, fabricación aditiva en la construcción, asentamiento informal, desarrollo sostenible, urbanización.

Abstract

The city of Panama experienced rapid growth throughout the last years, without proper urban planning. The job search, a better life quality, and basic services, forces the habitants from different areas of the country to settle between the capital perimeters. Causing informal housing establishments that do not provide a decent living and threaten the inhabitant's physical and mental safety.

The proposed project is a sustainable housing model for social development with the implementation of 3D printing. This seeks to offer a repeatable solution to the social housing problem in the country, offering flexible spaces and the possibility of future growth, based on successful designs such as Quinta Monroy from the ELEMENTAL firm; directed by the Senior Architect Alejandro Aravena. In the same way, integrating the houses within an urbanization with a central park equipped with different services such as an urban garden, a shopping center, an amphitheater, playgrounds and sports areas to increase the economy, culture and recreation of the users.

For affordability and rapid housing development it is proposed to use additive manufacturing in construction - 3D printing in concrete. This construction method, when combined with a modular design, offers a feasible alternative to be used within the design and construction of social architecture.

Key Words: Social housing, sustainability, decent housing, adequate housing, 3D printing, additive manufacturing in construction, informal settlement, sustainable development, urbanization.

Glosario de Términos Arquitectónicos

- **Ciclovía:** “En una vía pública, carril destinado exclusivamente a la circulación de bicicletas.” (Real Academia Española, 2021).
- **Cimentaciones:** “Cimiento. Base sólida de la estructura de un edificio, construida bajo tierra; reparte las cargas sobre el terreno sirviendo de soporte y apoyo.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Construcción:** “1. Acción y resultado de edificar o levantar estructuras. 2. Obra edificada.” (Real Academia Española, 2021).
- **Cota:** “Altura o nivel en una escala.” (Real Academia Española, 2021).
- **Desnivel:** “Diferencia de altura entre dos o más puntos.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Diagrama:** “Representación gráfica, generalmente esquemática, de algo.” (Real Academia Española, 2021).
- **Elevación:** (Alzado) Dibujo de la sección vertical o fachada de un edificio sin proyección en perspectiva.(Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Equipamiento:** “Conjunto de todos los servicios necesarios en industrias, urbanizaciones, ejércitos, etc.” (Real Academia Española, 2021).
- **Escala:** “Relación que tiene un objeto en el plano, dibujo, maqueta o mapa y su dimensión real, representada por medio de una línea dividida en partes iguales que simboliza las proporciones del objeto.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Fachada:** “Parte anterior y generalmente principal de un edificio u otra obra. Las otras caras del edificio se llaman también fachadas, pero suelen indicarse siempre mencionando el frente a qué corresponden, como fachada posterior o fachada lateral.” (Ware & Beatty, 2010).
- **Maqueta:** “Modelo a escala reducida de una construcción.” (Real Academia Española, 2021).
- **Nivel:** “Altura que algo alcanza, o a la que está colocado.” (Real Academia Española, 2021).

- **Perspectiva:** “Representación de un objeto en una superficie plana como aparece a los ojos de un observador, desde un cierto punto de vista.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Pendiente:** “Ángulo que forma la línea horizontal con el plano inclinado.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Pilastra:** “Elemento vertical, rectangular o poligonal que sobresale de una pared, a veces de soporte y otras, sólo ornamental; en los órdenes clásicos sigue las proporciones y líneas correspondientes.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Polígono:** “Unidad urbanística constituida por una superficie de terreno, delimitada para fines de valoración catastral, ordenación urbana, planificación industrial, comercial, residencial, etc.” (Real Academia Española, 2021).
- **Planta arquitectónica:** “Representación gráfica a escala de una sección horizontal de una edificación a un determinado nivel.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Plano:** “Dibujo que representa la sección horizontal de un edificio, generalmente a la altura de las ventanas; indica su disposición sobre el terreno o las habitaciones, etc. en los diferentes pisos.” (Ware & Beatty, 2010).
- **Sección:** “Plano que resulta de la división imaginaria de un edificio. En esta superficie plana, sea vertical u horizontal se pueden representar perfiles y detalles.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Topografía:** “1. Técnica de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno. 2. Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.” (Real Academia Española, 2021).
- **Urbanización:** “Núcleo residencial urbanizado.” (Real Academia Española, 2021).
- **Vivienda:** “Estructura arquitectónica destinada para ser habitada por personas. Morada. Casa.” (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador, 2010).
- **Volumetría:** “Distribución de volúmenes de un edificio o conjunto arquitectónico.” (Real Academia Española, 2021).

Marco Teórico

Introducción

La ciudad de Panamá ha pasado por un crecimiento apresurado, ocasionando que numerosas personas de distintas provincias del país migren hacia los perímetros de la ciudad; en busca de una mejor calidad de vida y oportunidades de empleo. De esta manera, causando asentamientos informales a la periferia de la ciudad, muchas veces adecuándose en sitios con alta vulnerabilidad ante desastres naturales en donde ninguna promotora desea construir en esos espacios; lo cual es de suma importancia ofrecer un techo digno a estas familias de la manera más segura y rápida que sea posible.

El cambio climático es una consecuencia de la mala administración que se le ha dado al planeta sobre sus recursos naturales, y estamos viviendo sus últimos años relativamente saludables. La arquitectura juega un papel crucial en la seguridad de los espacios ante vulnerabilidades y la conservación del ambiente natural.

De estos problemas nace la idea de poder brindar **un modelo de viviendas sostenibles con la implementación de la impresión 3D**, ofreciendo no solo una vivienda digna a las familias en situación de vivienda informal, sino también proporcionando un sistema arquitectónico sostenible, que sea de ayuda para las familias, la futura población de la zona y del planeta Tierra.

El proyecto se ubica en el corregimiento de Tanara, Chepo; dado a la gran cantidad de asentamientos informales ubicados en la zona. A la vez, la elección del terreno en Tanara se dio por medio de consultas a la Dirección Nacional de Asentamientos Informales del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Panamá. El departamento proporcionó el sitio para desarrollar la investigación y propuesta arquitectónica del Trabajo de Grado. Lo que busca la propuesta no es solo solucionar la vivienda informal en el sitio, sino que al mismo tiempo sea una solución rápida y accesible para ser repetida en distintos sectores del país.

Justificación

El problema

Desde los inicios de la construcción del Canal de Panamá¹, el crecimiento de la ciudad de Panamá se ha dado de maneras exponenciales a lo largo de los años. Actualmente, la densidad ha aumentado al llegar a poblar los alrededores de la urbe. Personas de diferentes provincias del país han migrado a lugares más cercanos al centro para mejorar, de alguna manera, la economía familiar y buscar una mejor calidad de vida. Lastimosamente, la capital no había sido planificada para recibir estos crecimientos apresurados, aumentando el valor del suelo. De igual manera, en otras provincias carecen de centros educativos y de salud entre otros casos más. Dado a este aumento de la población, cada año un mayor número de asentamientos informales se establecen dentro y fuera de la periferia de la ciudad de Panamá.

Unas de las razones por las cuales se dan estas invasiones de vivienda es porque sus huéspedes no poseen trabajo fijo ni capacidad de pago para que un banco le dé crédito para comprar una casa o apartamento, así que tristemente no califican para los bancos.

La magíster en Política, Promoción e Intervención Familiar, Bella María Rodríguez Escobar, resalta que *“entre 1950 a 1980, se incrementó exponencialmente el problema de los asentamientos informales, extendiéndose hacia Tocumen, de tal manera que ya en 1959 los asentamientos informales representaban un 7% de la población y 6.7% de la superficie de la ciudad. En 1980, representaban el 25% y 19% respectivamente.”* (Rodríguez, 2018).

Los residentes de asentamientos informales no solo son carentes de los sistemas básicos de una casa contemporánea y una infraestructura íntegra, sino que también son potencialmente más vulnerables a ser afectados ante un desastre natural, ya que la mayoría de estos asentamientos no poseen la suficiente rigidez y mucho menos las fundaciones adecuadas para cualquier percance climático (tales como vendavales,

¹ El tema de la vivienda precaria en Panamá surge a inicios del siglo XX, a partir del problema del inquilinato y los conflictos ocasionados por las precarias condiciones de la vivienda para los trabajadores del Canal de Panamá a inicios de siglo (Uribe, 1989; Regales de Wolfschoon, J y Jaramillo, B, 1980; Cabrera, 2013; Herrera,2000).

inundaciones, huracanes, temblores...etc.). Las características generales de este tipo de viviendas son de alto riesgo, ya que no posee una estructura capaz de soportar fuertes vientos, están contruidos con materiales de muy baja calidad inclusive de segunda mano. Dentro de estos materiales se aprecia comúnmente el zinc, la madera, el cartón... entre otros no calificado para el tipo de construcción.

El ministro de Vivienda, Rogelio Paredes, comparte en una entrevista para el artículo: “En Panamá, 53,479 familias viven en asentamientos informales” que *“la mayor cantidad de asentamientos informales se ubican en las periferias de las grandes ciudades. En el caso de la gran ciudad de Panamá los encontramos en el este, corregimiento de Pacora hasta el distrito de Chepo es donde más se ubican los asentamientos informales.”* (Guerrel, La Estrella Panamá, 2020). Si hablamos específicamente del distrito de Chepo, la Magister Escobar informa que *“según datos de la Oficina de Enlace de Chepo del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial este distrito tiene siete (sectores) asentamientos informales en propiedades privadas con una población aproximada de 1,500 familias/casas. En el corregimiento de Tanara cuenta con 341 familias sin una casa formal.”* (Rodríguez, 2018). Se hace de mucha notoriedad la necesidad de techos para las familias de Chepo, siendo más específicos en el corregimiento de Tanara. La atención a este problema requiere mejorar y ofrecer métodos novedosos de construcción para acudir a una instalación rápida, segura y de precios asequibles.

Cabe destacar que las soluciones de parte del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial ofrecen techo y seguridad estructural para las familias necesitadas, pero lastimosamente no cumplen con muchos de los criterios del desarrollo sostenible. Ya sea por motivos económicos o de planeación, este sector valioso de la arquitectura ha sido dejado en segundo plano.

Dado a los drásticos cambios en el clima, el incremento masivo de la humanidad al consumo desenfrenado y falta de desarrollo de planes de preservación natural, estamos viviendo los últimos años de vida útil de nuestro planeta Tierra. Los expertos en el tema estiman que para el 2050 (solo 29 años más) con el ritmo actual, se necesitarán tres planetas Tierras y media, para aportar los recursos que necesitamos, absorber

nuestros residuos y el CO2 que generamos, (actualmente necesitamos una Tierra y media).²

Analizando esto, es de gran necesidad tener en Panamá, un modelo de vivienda social que responda a los lineamientos sostenibles para poder dar rápida respuesta ante la necesidad de la vivienda por asentamientos informales o familias afectadas por desastres naturales. Y, por el otro lado, contribuir al ambiente sin ser dañinos con él y generando energía limpia. Al proporcionar un modelo sostenible a la población más necesitada, puede abrir puertas en el futuro para que se desarrollen otros modelos sostenibles para los diferentes estratos sociales, ya que es un problema que aún estamos a tiempo de revertir.

La Propuesta

El proyecto de un **“Modelo de Vivienda Sostenible para el Desarrollo Social con Implementación de la Impresión 3D”** ubicado inicialmente en Tanara, Chepo; es una respuesta ante la problemática ya establecida. No solo atiende el problema de vivienda en Tanara, sino también puede ser utilizado para otros sectores con necesidades parecidas; siendo un modelo replicable y de rápida respuesta para la situación en la periferia de las ciudades. La implementación de la impresión 3D como método constructivo, aparte de ser innovadora, acelerará la producción de las casas, al mismo tiempo que se disminuyen los costos en obra, ya habiendo dado buenos resultados en lugares como Estados Unidos y Tabasco, México.³

El proyecto influye en el ámbito económico, social, comunitario y medioambiental. Parte fundamental del proyecto es que establece áreas de trabajo comunitario, como huertos comunales, para impulsar la economía de los residentes del modelo. Esperando no solo proporcionar una casa a las familias necesitadas, sino también una oportunidad de empleo para mejorar sus estilos de vida. Dicho esto, el valor y la justificación del

² Página 10 del libro *101 Reglas Básicas para Edificios y Ciudades Sostenibles* por Huw Heywood - Arquitecto con más de veinte años trabajando e investigando en el urbanismo y la arquitectura sostenibles.

³ La compañía de impresión 3D *ICON*, ofrece programas de apoyo y construcción de viviendas sociales. Han sido los pioneros en construir mediante impresión 3D de cemento, la primera comunidad de viviendas sociales ubicada en Tabasco, México.

proyecto es más que apto y es un deber con la sociedad y el planeta poder desarrollarlo.

Objetivos

General:

- Ofrecer un modelo de vivienda sostenible, digna y en comunidad a un grupo de personas sin hogar que sea de ayuda para su desarrollo social.

Específicos:

- Investigar y aplicar como la arquitectura puede dar un sentido de comunidad entre los residentes del proyecto.
- Incentivar la economía de los residentes mediante espacios de trabajo comunitarios.
- Aplicar los criterios de arquitectura sostenible en el diseño del conjunto de viviendas y sus componentes urbanos.
- Implementar la impresión 3D y métodos afines como solución constructiva del modelo.

Marco Metodológico

La metodología realizada en el trabajo de graduación está compuesta por los siguientes puntos:

Paso 1: Recopilación de Información.

- Investigación profunda por todos los diferentes recursos y canales relacionados al tema a desarrollar.
- Buscar referencias de proyectos similares.

Paso 2: Análisis de sitio.

- Estudio de las características físicas, climáticas y sociales del sitio y sus alrededores.
- Análisis de la calidad de vida de los residentes de los alrededores.
- Solicitar la información topográfica del sitio.

Paso 3: Inicio de redacción del libro de la Tesis.

- Recolección y selección de la información obtenida.
- Redacción de los capítulos del marco teórico.

Paso 4: Anteproyecto Arquitectónico.

- Desglose del programa arquitectónico.
- Análisis de relación de espacios y distribución.
- Desarrollo de propuesta conceptual de diseño.
- Desarrollo de dibujos arquitectónicos.
- Modelado tridimensional de la propuesta.
- Renderizado del modelo.
- Animación de la propuesta.

Paso 5: Desglose de Método constructivo.

- Explicación y sustentación del método constructivo y sus materiales.
- Desarrollo de secciones constructivas y fichas técnicas.
- Descripción de la construcción con metodología de impresión 3D.

Paso 6: Estudio de costos y presupuesto del anteproyecto.

- Presupuesto.
- Comparación de presupuesto entre método constructivo convencional y con impresión 3D.

Paso 7: Redacción, revisión y sustentación del Trabajo de Graduación.

- Redacción de todos los capítulos faltantes.
- Revisión ortográfica del borrador.
- Corrección del documento.
- Post producción de láminas arquitectónicas del anteproyecto.
- Creación de presentación digital para la sustentación.
- Sustentación del Trabajo de Graduación



1. Antecedentes

1.1. Memoria de la vivienda social

Para comprender la vivienda social, es necesario conocer su origen y cómo fue cambiado a través del tiempo. Para esta sección nos concentraremos en la arquitectura que ha sido la más relevante en aportar a los distintos modelos de vivienda popular. Para este punto se hablará sobre las historia global y nacional de la vivienda social.

1.1.1. Alcance global de la arquitectura de la vivienda social

La tipología de la vivienda social ha pasado por varios cambios a través de los años. Nace tras la necesidad de albergar a grupos de trabajadores, principalmente de fábricas, dado al auge que ocurre durante la revolución Industrial. Las ciudades empiezan a crecer apresuradamente y el problema de la vivienda informal es cada vez más predominante.

Se habían dado soluciones habitacionales por filantrópicos como, Jakob Fugger, siendo uno de los hombres más adinerados de Europa en ese entonces. En 1516, promueve el conjunto urbano de Fuggerei en Alemania, para alojar a trabajadores con pocos recursos. El conjunto contaba con 67 casas de 147 viviendas una muralla, una fuente, una iglesia y tres puertas, todo formado de ocho calles. Hay que destacar que estos casos eran aislados y hechos de iniciativas privadas, es hasta más adelante que se proponen otro tipo de soluciones.⁴

⁴ Información extraída de Jitasg. (21 de diciembre de 2015). münchenparallear / münchenzummitnehmen. Obtenido de "Fuggerei", proyecto social histórico: <https://munichparallear.wordpress.com/2015/12/21/fuggerei-en-augsburg-el-complejo-de-viviendas-sociales-mas-grande/>

Figura 1

Conjunto urbano de Fuggerei



Nota. Vista Aérea del Conjunto. Tomado de *Conjunto Urbano Fuggerei*. (2015, 21 diciembre). [Fotografía]. Múnichparallevar.

Figura 2

Conjunto urbano de Fuggerei



Nota. Vista de avenida del conjunto. Tomado de *Conjunto Urbano Fuggerei*. (2015, 21 diciembre). [Fotografía]. Múnichparallevar.

Una de las primeras evidencias de intento para resolver la vivienda popular se da en 1842 cuando E. Chadwick presenta al parlamento de Gran Bretaña el Poor Law Board Report (Informe de la Junta de Derechos de los Pobres). En este documento se informa las malas condiciones de vida que padecían la población con escasos recursos. Entre los problemas estaban la propagación de enfermedades, la falta de higiene, la descomposición y falta de agua potable. Estos incidentes también afectaban a las clases con más recursos. Pero es hasta 1848 que se aprueba el Public Health Act (El acta de Salud Pública) donde se trabaja en el orden urbano y se solucionan problemas como la pavimentación, el suministro de agua, la limpieza urbana y el saneamiento.⁵

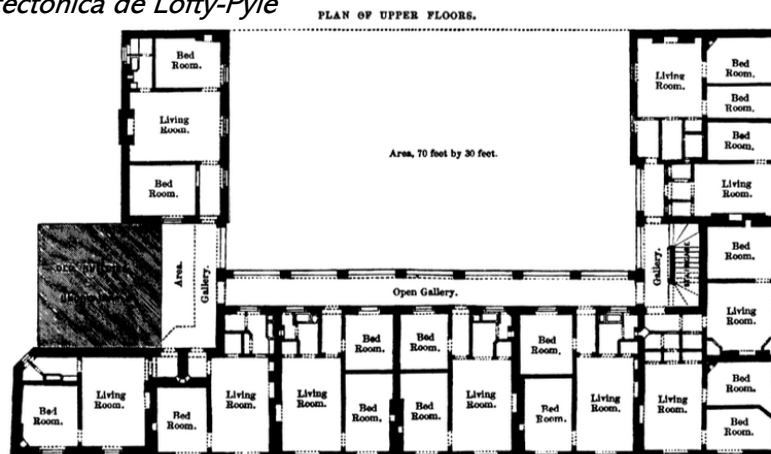
En 1844, es fundada la SICLC: Society for Improving the Condition of the Labouring Classes (Sociedad para la Mejora de la Condición de las Clases Obreras) cuyas labores eran del arquitecto y promotor Henry Roberts. Esta promotora fue reconocida por elaborar una tipología de vivienda pequeña para el obrero basadas en la salubridad, habilidad y economía.

⁵ Toda la información obtenida del punto 1.1.1 Historia Global (a partir de este párrafo), ha sido resumida de la Tesis: "Vivienda Social -El programa en la vivienda mínima del siglo XXI" por Diego Martínez Benito.

La sociedad Peabody Trust fundada en 1860, cuyo encargado de proyecto era Henry A. Darbishire, desarrolló junto a las propuestas de H. Roberts una tipología de vivienda con el nombre de Lofty Pyle, siendo este un modelo de 4 a 5 plantas de forma compacta localizado en el centro de la ciudad. La tipología constaba con ventilación, dos a tres habitaciones, sala, espacio para el inodoro, zona de lavado, lavabo, una pequeña cocina y talleres en el sótano.

Figura 3

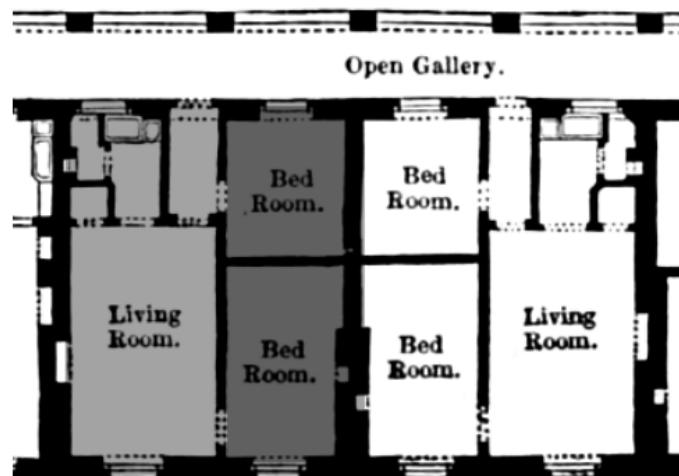
Planta arquitectónica de Lofty-Pyle



Nota. Planta de los pisos superiores, edificio Streatham Street. Tomado de Martínez, D. (2019). *Lofty-Pyle* [Ilustración]. En *Vivienda Social : El programa en la vivienda mínima del siglo XXI* (Universidad Politécnica de Valencia ed., pp. 9–10).

Figura 4

Ampliación arquitectónica de Lofty-Pyle

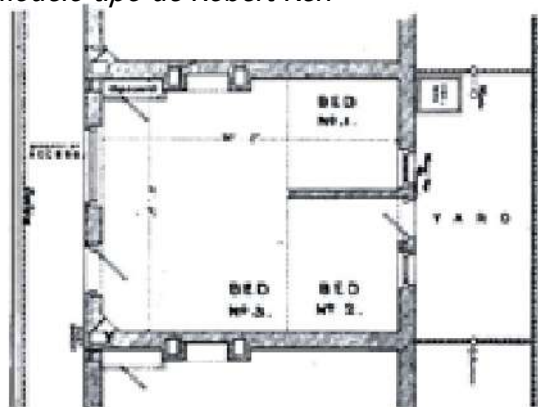


Nota. Ampliación de apartamento tipo de Lofty-Pyle, edificio Streatham Street. Tomado de Martínez, D. (2019). *Lofty-Pyle* [Ilustración]. En *Vivienda Social : El programa en la vivienda mínima del siglo XXI* (Universidad Politécnica de Valencia ed., pp. 9–10).

Aunque el modelo del Lofty-Pyle a simple vista parecía en satisfacer las necesidades de las familias obreras, no era una solución factible. Ya que el costo de dos a tres habitaciones eran bastantes altos, y solo era el menos del 30% de la población obrera capaz de adquirirlo. Es así como Robert Kerr en 1866 ofrece una propuesta referida “un experimento de habitaciones simples.” Se componía de espacios idénticos de 6.00 x 5.10 metros, apilados en hileras, unido por un pasillo de 1.20 metros de ancho. Dichos espacios no poseían muchas divisiones (pudiéndose dividir con compartimiento móviles, dando un diseño flexible) y en la parte trasera poseían un pequeño balcón como patio para diversos usos, como área de juegos, secado de ropa, entre otras actividades. El modelo llegaba hasta cuatro plantas. Los elementos de servicio como los baños eran colocados por planta como un equipamiento público.

Figura 5

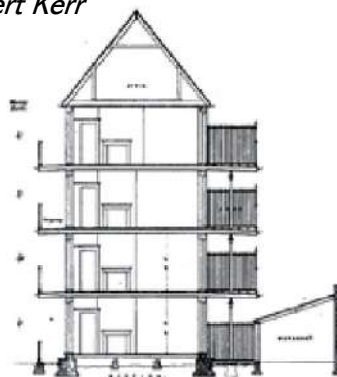
Planta arquitectónica de modelo tipo de Robert Kerr



Nota. Tomada de Martínez, D. (2019). *Modelo de Robert Kerr* [Ilustración]. En *Vivienda Social : El programa en la vivienda mínima del siglo XX* (Universidad Politécnica de Valencia ed., p. 12).

Figura 6

Sección típica de modelo de Robert Kerr



Nota. Tomada de Martínez, D. (2019). *Modelo de Robert Kerr* [Ilustración]. En *Vivienda Social : El programa en la vivienda mínima del siglo XX* (Universidad Politécnica de Valencia ed., p. 12).

Posteriormente, aparece en Peabody Square en Blackfriars, un modelo de edificio de viviendas con corredor central y habitaciones en los lados, al lado de las escaleras se encontraban los baños comunales por piso.

Figura 7

Planta arquitectónica de Peabody Square



Nota. Martínez, D. (2019). *Planta tipo de viviendas con servicios centralizados en Blackfriars* [Ilustración]. En *Vivienda Social : El programa en la vivienda mínima del siglo XX* (Universidad Politécnica de Valencia ed., p. 13).

En Viena, Austria, se desarrolla durante 1918-1934 la “Viena Roja” que bajo una política socialista se impulsa la creación de las viviendas obreras que llegan a ser aproximadamente 65.000 viviendas que fueron hogar de unas 220.000 personas. Entre las diversas obras, entre unas de las más destacadas está Karl-Marx-Hof (1926). Esta construcción diseñada por Otto Wagnerr, era un conjunto residencial para 5,000 personas de 1,382 apartamentos, estando escalonada para el asolamiento, contaba con diversos equipamientos públicos como lavanderías, biblioteca, guarderías, dentista, consultorio médico, 25 áreas para negocios, baños públicos y centro juvenil. Las residencias iban de los 21.00 m² a los 57.00 m² con alteraciones de 1 a 3 recámaras.

Figura 8

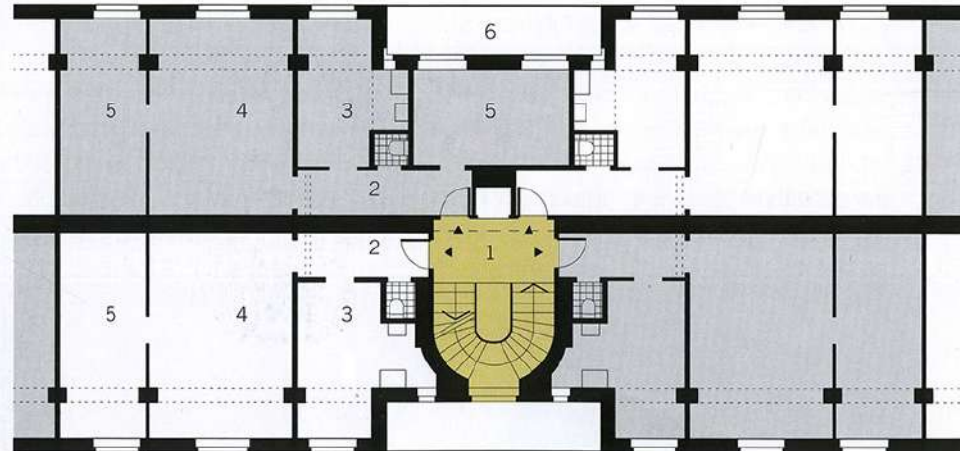
Modelo Karl-Marx-Hof



Nota. Vista de modelo del Karl-Marx-Hof. (s.f.). [Fotografía]. Casa Abierta. <https://casa-abierta.com/post.php?t=591065238dc7c>

Figura 9

Planta tipo de modelo del Karl-Marx-Hof



- | | | |
|------------------------|-----------------|--------------|
| 1 Acceso y circulación | 3 Cocina | 5 Dormitorio |
| 2 Entrada / vestíbulo | 4 Sala de estar | 6 Balcón |

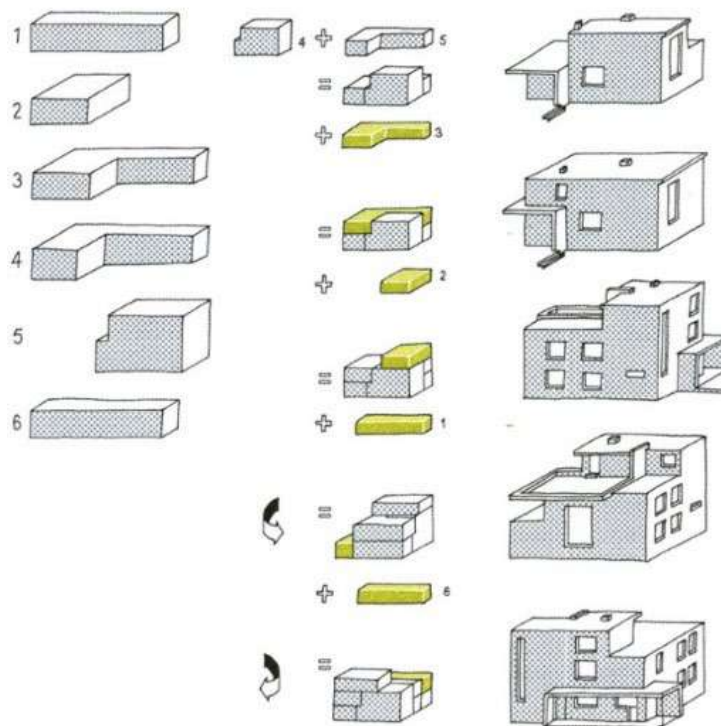
Nota. Viena Viviendas. (s.f.). [Ilustración]. Casa Abierta. <https://casa-abierta.com/post.php?t=591065238dc7c>

En 1929, se construye en Berlín el edificio Narkomfin, siendo uno de los modelos de “casas comunas” una tipología de vivienda obrera en Alemania. Este modelo se dirigía en tener habitaciones individuales, dormitorios, espacios de comida colectiva, locales de servicios, clubes, entre otros servicios.

Tras la búsqueda de abaratar costos para la vivienda y gracias a la revolución industrial, aparece uno de los sucesos más impactante para el hábitat y el diseño flexible: La prefabricación. Un ejemplo muy claro fue el Baukasten (1922). El “Bloque de construcción” fue sistema credo por Adolf Meyer y Walter Gropius. Este se componía de bloques modulares que al juntarse cambiaban la configuración de la casa, así permitiendo un diseño cambiante según las necesidades del usuario. Aunque no fue construido fue tomado como referencia para futuros poryectos.

Figura 10

Esquema explicativo de la Baukasten

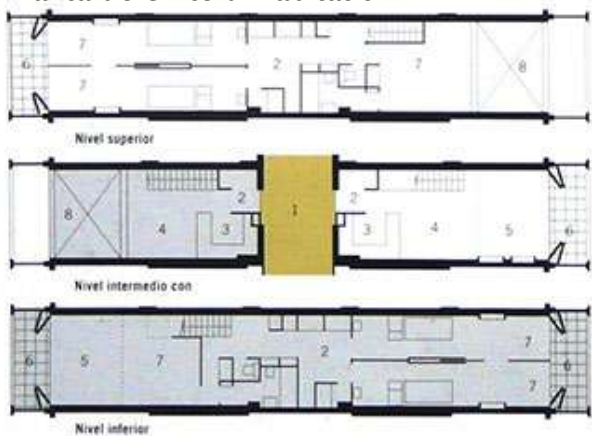


Nota. Gropius, W., & Mayer, A. (1922). Baukasten Esquema [Ilustración]. Casa Abierta. <https://casa-abierta.com/post.php?t=5a5ca8f1c3e32>

En el Unité d`Habitation (1947), Le Corbusier crea un modelo de esquema estructural utilizando como referente una vinoteca. Compara la organización del botellero como una estructura prefabricada de hormigón y las botellas como apartamentos de dos alturas, en donde son insertados en la cuadrícula, se encajaban de forma opuesta con su vecino, otorgándole a este desplazamiento como sección tijera. Este concepto de estantería sería utilizado en futuras ocasiones para implementar las megas estructuras.

Figura 11

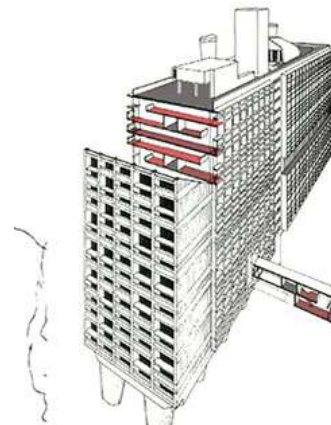
Planta de Unité d`Habitation



Nota. Corbusier, L. (1952). *Sección y plantas de las viviendas* [Ilustración]. Casa Abierta. <https://casa-abierta.com/post.php?t=5a9d7ff8281af>

Figura 12

Planta de Unité d`Habitation



Nota. Corbusier, L. (1952b). *Unité d`Habitation* [Ilustración]. Casa Abierta. <https://casa-abierta.com/post.php?t=5a9d7ff8281af>

Figura 13

Planta de Unité d`Habitation



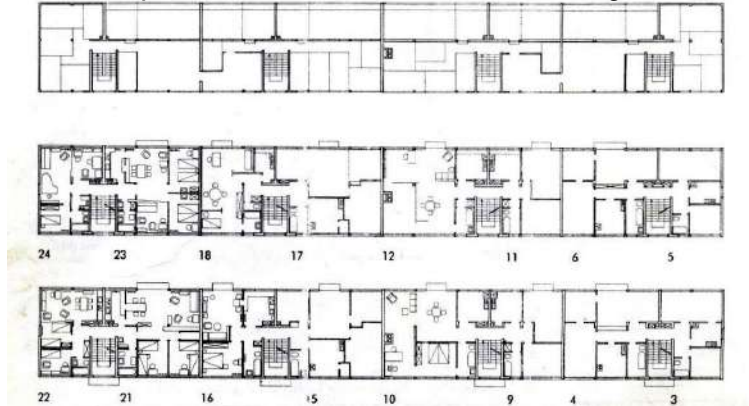
Nota. Savin, A. (2017, 26 junio). *Unité de Berlín de Corbusier* [Fotografía]. Le Corbusier's apartment house in Berlin (Germany).

https://es.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A9_d%27Habitation#/media/Archivo:Corbusierhaus_B- g

Mies van der Rohe en la Weissenhofsiedlung (1927) experimenta con la reconfiguración del espacio. En este edificio ordena los espacios en los apartamentos de maneras diferentes en todos utilizando la misma arquitectura, pero con muy pocas divisiones, el secreto es demostrar que el espacio vacío es flexible, ya que puede ser utilizado de distintas maneras por el usuario.

Figura 14

Plantas arquitectónicas de apartamentos de la Weissenhofsiedlung



Nota. Apartamentos de Weissenhof. (s.f.). [Ilustración]. Colonia Weissenhof. <http://historia1-weissenhof.blogspot.com/2011/02/el-arquitecto-ludwig-mies-van-der-rohe.html>

Moshe Safdie con su tesis Habitat '67 (1962-67) es influenciado grandemente por el movimiento metabolista, diseña una unidad de viviendas prefabricadas compuestas por módulos que al juntarse se obtienen distintas configuraciones de una casa. La infraestructura no es necesaria, ya que la interconexión de los módulos permite crecer la vivienda.

Figura 15

Vista de Habitat '67



Nota. Rezendi. (s.f.). Habitat 67 [Fotografía]. Anquiscopio.

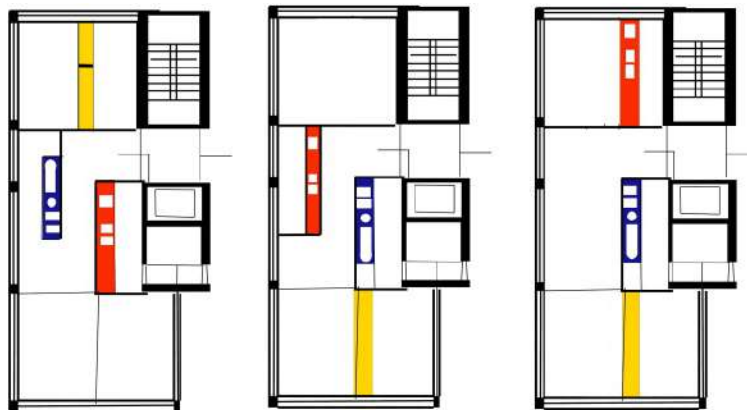
<https://arquiscopio.com/archivo/2012/04/19/habitat-67/>

Durante los noventa, el Equipo ACTAR ofrecen dos soluciones para la vivienda flexible: El sistema ABC y el sistema Rail.

El sistema ABC, de sus siglas A: Armario, B: Baño y C: Cocina; ofrecen mediante un núcleo prefabricado de armario, baño y cocina, la oportunidad de darle al usuario la libertad para acomodar mediante persianas las distintas áreas de la casa, así otorgando comodidad y el constante cambio de la vivienda.

Figura 16

Planta arquitectónica de sistema ABC

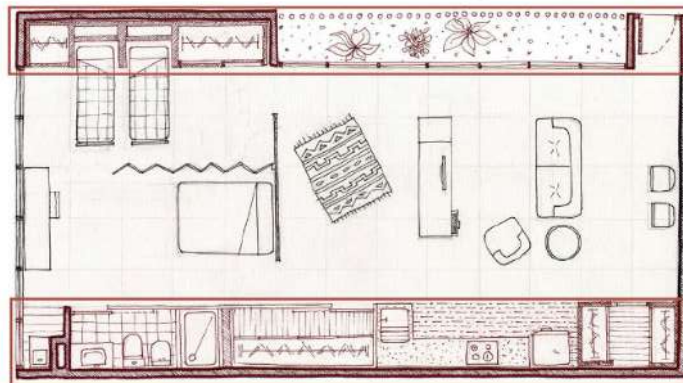


Nota. Planta de sistema ABC, amarillo: armarios, azul: cocina y rojo: baños Tomado de *Sistema ABC*. (s. f.). [Ilustración]. Taller Velázquez. <http://tallervelazquez.edu.uy/index.php/cursos/p2-habitarse/dimension-organizacion-1-tipos-edilicios/>

En el sistema RAIL, siendo bastante parecido, a diferencia que los servicios como los baños y cocina se encuentran en un lado de la vivienda, así un costado puede usarse de pasillo y entrada de luz, el centro del espacio como habitaciones y sala (dependiendo de las necesidades de los habitantes) y al otro extremo los servicios.

Figura 17

Planta arquitectónica de sistema RAIL.



Nota. Tomada de Lorenzo, P. (2012). Sistema RAIL [Ilustración]. En Tesis Doctoral la Casa Abierta. ||

Tras haber investigado la línea del tiempo de la arquitectura social para la vivienda, se puede concluir que dichas construcciones evolucionaron, de ser espacios intencionalmente comunales; donde los servicios personales como baños y cocinas eran compartidos y no se proveía mucha privacidad, cambia a integrar los servicios dentro de la unidad unifamiliar. Cabe destacar que las áreas comunes para la socialización era un punto favorable para la comunidad, pero es importante brindar a la familia un espacio flexible en donde ellos tomen decisión de su hábitat y puedan tener un sentimiento de pertenencia y privacidad.

1.1.2. Alcance nacional de la arquitectura de la vivienda social

Durante 1940, la ciudad de Panamá pasó por un crecimiento demográfico dado a las repetitivas migraciones del interior hacia la ciudad por las plazas de empleo que había traído el Canal de Panamá. La poca estabilidad económica, y su impedimento a poder pagar un alquiler, obliga a los migrantes asentarse en tierras nacionales y privadas de manera informal. Es por esto por lo que el Instituto de Vivienda y Urbanismo (IVU) realizó el proyecto de la construcción de 15mil viviendas en Panamá durante los años 1958 al 1970.

Una de las primeras acciones de parte del IVU fue el cambio de las casas existente de urbanizaciones de madera en mal estado por un nuevo tipo de arquitectura. En 1971, se demuelen las viviendas de madera del El Marañón y son remplazados por edificios multifamiliares de apartamentos. Otro proyecto para intervenir fueron la edificación de multifamiliares en Barraza que según Carlos A. Gordón en La Estrella de Panamá: *“consistían en edificios de 13 plantas, con apartamentos de 24 metros cuadrados de área, con servicio, para ser divididos de acuerdo con sus gustos y posibilidades.”* (Gordón, 2020)

Figura 18

Casas de Madera de El Marañón.



Nota casas durante los años 50 (antes de intervención). Tomada de Panamá Vieja Escuela. (2018, 12 julio). *Una mirada al pasado: el barrio de El Marañón en la década de 1950* [Fotografía]. Panamá Vieja Escuela. <https://www.facebook.com/PanamaViejaEscuela/photos/una-mirada-al-pasado-el-barrio-de-el-mara%C3%B1n-en-la-d%C3%A9cada-de-1950->

Figura 19

Multifamiliares de El Marañón.

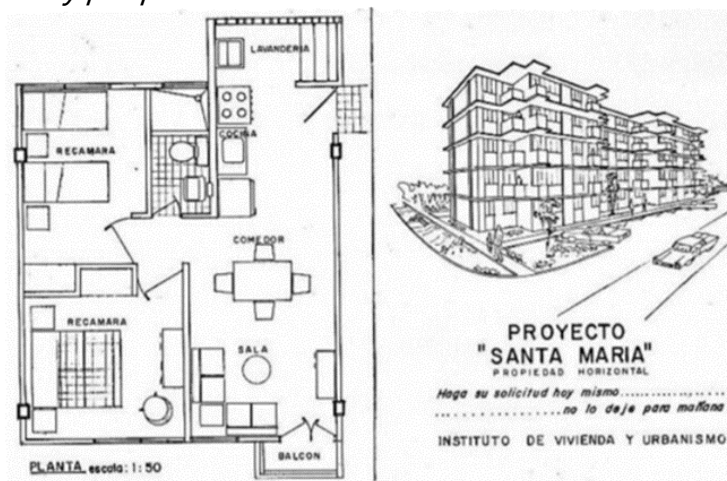


Nota Tomada de Arquilogica. (2016, 12 agosto). *Ciudad de Panamá. Barrio del Marañón. Multifamiliares.* [Fotografía]. Arquilogica. <https://www.facebook.com/arquilogicapanamia/photos/a.1467298836886729/1769632426653367/?type=3>

Durante esta misma década se construyen edificios de vivienda en Betania, para ese entonces, se estaba integrando como un suburbio en el centro urbano dadas a las numerosas residencias que seguían en este sector. Dichas edificaciones multifamiliares fueron Santa María, Los Libertadores, Tuirá, Chucunaque y los edificios de La Locería.

Figura 20

Planta arquitectónica y perspectiva del edificio Santa María.



Nota. Tomado de MIVI. (1970). *Proyecto Santa María* [Ilustración]. La Estrella Panamá. <https://www.laestrella.com.pa/nacional/201031/vivienda-social-ciudad-panama-decada>

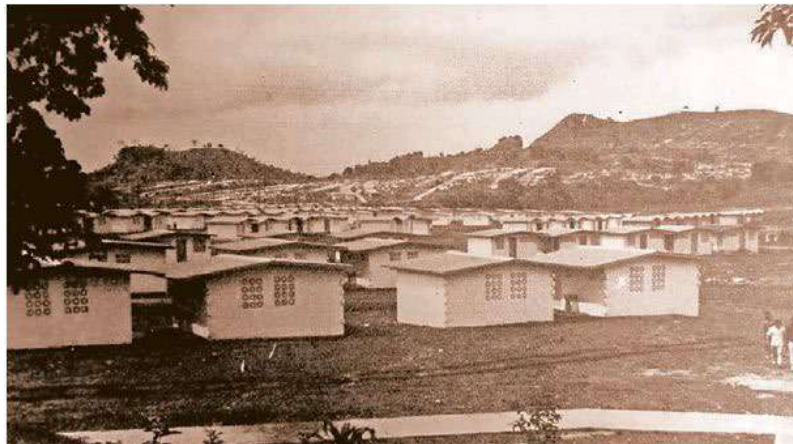
Entre otros proyectos, también se realizaron la “erradicación y traslado de barrios marginales” donde se reubicaban familias en asentamientos informales (como invasores de La Pava) o que anteriormente vivían en casas de madera (tal como El Marañón), se reubicaban a lugares como Cerro Batea y Nuevo San Isidro.

Hacia el área del este resaltaban proyectos como Pedregalito, General Remón, Don Bosco y Villa Lorena. Por el norte, edificios como Cerro Batea, San Isidro, Torrijos Carter y Santa Librada.

Los proyectos de San Miguelito (Torrijos Carter) y Don Bosco (antes de Juan Diaz) fueron uno de los más grandes realizados en la ciudad, ya que Torrijos-Carter contaba con 9,000 viviendas de 24.00 m² y 353 hectáreas de terreno. Don Bosco contaba con 3,300 casas entre los 76.00 y 56.00 m² en 130 hectáreas, aunque este proyecto poseía viviendas para personas con mayores ingresos.

Figura 21

Conjunto de viviendas en Torrijos Carter.



Nota. Tomada de MIVI. (s.f.). Urbanización Montería [Fotografía]. La Estrella Panamá. <https://www.pressreader.com/panama/la-estrella-de-panama/20201031/281513638660214>

A partir del 2010, El Gobierno de Panamá desarrolló políticas en donde se legalizaban y adecuaban asentamientos informales, así mismo otorgando materiales o haciendo

mejoras en barrio marginales. Para el 2014 se realizó la construcción del proyecto de vivienda en Curundú otorgando edificios multifamiliares.⁶

En el 2019, se termina la construcción de Altos de Lago en Colón, donde se beneficiarían 5,000 familias. El proyecto cuenta con 167 edificios de 4 alturas, adecuados para personas con discapacidad motriz, con 5,000 apartamentos de 2 y 3 recamaras de 48.00 a 57.00 m². Las edificaciones incluyen una subestación de policía, un cuartel de bomberos, áreas comerciales, la corregiduría de Cristóbal, centros educativos, Infoplaza, centro de atención médica y las mejoras de las zonas sociales como áreas verdes y recreativas.⁷

Figura 22

Altos de Los Lagos.



Nota. Tomado de [Altos de Los Lagos, en Colón]. (s.f.). Arquitectura y Construcción. [https://arquitecturayconstruccion.com.pa/altos-de-los-lagos-en-colon-el-proyecto-arquitectonico-que-](https://arquitecturayconstruccion.com.pa/altos-de-los-lagos-en-colon-el-proyecto-arquitectonico-que)

⁶ Información extraída de Gordón, C. A. (31 de octubre de 2020). *La Estrella de Panamá*. Obtenido de La vivienda social en ciudad de Panamá: la década de 1970:

<https://www.laestrella.com.pa/nacional/201031/vivienda-social-ciudad-Panamá-decada>

⁷ Información obtenida de Arquitectura y Construcción. (s.f.). Arquitectura y Construcción. Obtenido de Altos de Los Lagos, en Colon: el proyecto arquitectónico que renueva Panamá: <https://arquitecturayconstruccion.com.pa/altos-de-los-lagos-en-colon-el-proyecto-arquitectonico-que-renueva-Panamá/>

1.2 Evolución de la arquitectura sostenible en la vivienda

La arquitectura ha sido una de las más viejas intervenciones hecha por los humanos a través de la historia. La búsqueda de la integración de estructuras hechas por el hombre con la naturaleza no ha sido un elemento nuevo, un ejemplo de estos son las ruinas en Machupichu, Perú. Oscar Andrade y Oscar Benítez en su escrito *“La Arquitectura sostenible en la formación del Arquitecto”*, comentan: *“ciudades Incas como el Machu Pichu, donde la arquitectura encuentra ese equilibrio de materiales, acoplación a su entorno y no, invadir un ecosistema, al contrario, ser amigable con este y vivir en armonía...”* (Andrade y Benítez, 2009). Y Así mismo se pueden encontrar infinidad de pueblos ancestrales como Grecia o Roma que utilizaban la iluminación natural para ser elementos fundamentales del diseño. Aunque realmente no se le puede considerar una obra sostenible o sustentable, estos históricos proyectos se dirigían hacia la dirección correcta.

En 1926, le Corbusier desarrolla los “5 Puntos de la Arquitectura Moderna” en donde dos de estos puntos están centrados en la planta libre y las terrazas ajardinadas, permitiendo poder crear áreas verdes en planta baja y vegetación en la azotea. En 1929 crea la “Villa Savoye” en donde se materializan estos 5 puntos.

Figura 23

Maqueta de Villa Savoye.



Nota. Tomado de Artists Rights Society. (2012). Villa Savoye Poissy-sur-Seine [Fotografía]. MoMA: Le Corbusier. <https://spa.architecturaldesignschool.com/moma-le-corbusier-an-atlas-modern-landscapes-72310>

Figura 24

Vista del jardín de Villa Savoye



Nota. Gary, K. (2009, 4 julio). Villa Savoye, Roof Terrace [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/garyku/3727882670>

Este edificio se considera distante en relación con el ambiente que lo rodea, no proporcionando mucha interacción, siendo uno de los mayores problemas del movimiento moderno.⁸

Unos de los primeros pioneros en incursionar la arquitectura ambiental fue el arquitecto George Fred Keck, donde en su proyecto “La Casa del Mañana,” mediante superficies envolventes de vidrio, proporciona una calefacción natural a la vivienda presentada para la Exposición Universal de Chicago (Century of Progress) en 1933. La casa fue una dirección inicial para el diseño pasivo, ya que se reducía energía al no utilizar algún mecanismo para proporcionar calor, y al mismo tiempo obteniendo en el interior una iluminación natural.⁹

Figura 25

Fotografía exterior de “La Casa del Mañana.”



Nota. Tomado de Chicago History Museum. (s.f.). The House of Tomorrow [Fotografía]. ADPRO. <https://www.architecturaldigest.com/story/george-fred-kecks-house-of-tomorrow-from-chicago-worlds-fair-seeks-restoration>

⁸ Extraído de **Oscar Andrade**, O. B. (2009). La Arquitectura sostenible para el Arquitecto. El Salvador: Universidad de El Salvador.

⁹ Información extraída de Wikipedia. (21 de enero de 2021). Wikipedia: Enciclopedia Libre. Obtenido de Arquitectura sustentable: https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_sustentable#Arquitectos_que_contribuyen_a_la_arquitectura_sostenible

El arquitecto Frank Lloyd Wright, pionero de la Arquitectura Orgánica, en 1935 diseña “La casa de la Cascada” (The Falling Water) en donde según Andrade y Benítez (Ver Figura 26), *“genera una unión entre el entorno natural y el entorno artificial lo cual es una antesis de lo que el modernismo género...”* (Andrade y Benítez, 2009). El arquitecto logra con esta casa, integrarse a la naturaleza existente y aprovechando los elementos naturales para ser incluidos en el diseño.

En 1940, George Keck hace nuevamente un aporte al diseño ambiental con la Casa Solar o casa Sloan (Sloan House), siendo la primera vez que se utiliza este término, ubicado en Illinois, Estados Unidos. Esta casa utilizaba un sistema acumulador térmico que lograba su calentamiento a lo largo del todo el año.

Figura 26

Fotografía exterior de “Casa de la Cascada.”



Nota. Tomado de Du, Y. (s. f.). [Casa de la Cascada]. Unsplash.
<https://www.traveler.es/experiencias/articulos/edificios-icosos-frank-lloyd-wright-recorridos-virtuales-fallingwater/18192>

Figura 27

Fotografía exterior de “Casa de la Cascada.”



Nota. VHT Studio. (s. f.). [Keck Solar House]. Modern Illinois.
<http://modernil.com/properties/keck-kecks-first-solar-house-in-glenview/>

Más adelante con el movimiento posmodernista, alrededor de la década de 1950, se da un gran paso para la arquitectura sostenible con la entrada de High Tech o Arquitectura alta en tecnología, donde se utilizan los nuevos avances tecnológicos para el ahorro de energía, buscando la mejora externa e interna del edificio. De este movimiento sale el Eco-Tech, en donde se aplica la tecnología para que las edificaciones

convivan respetuosamente con el medioambiente ofreciendo soluciones eficientes y ecológicas. Esta corriente fue precursora de la Arquitectura Bioclimática, como comentan en su escrito *“este movimiento es uno de los que abrió el camino a la Arquitectura Bioclimática que fue el paso más próximo a una sostenibilidad en Arquitectura...”* (Andrade y Benítez, 2009).

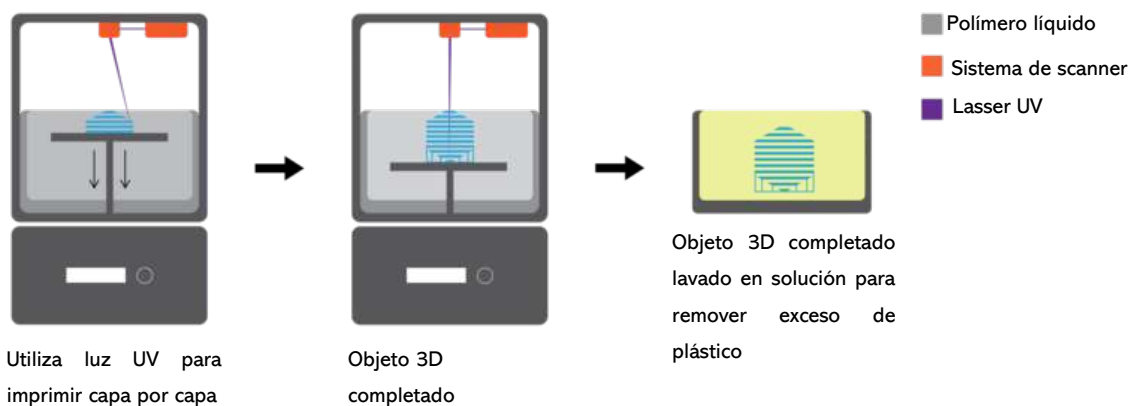
Durante la década de 1990, con la cumbre de Río y la agenda 21, se desarrolla el tema del cambio climático, el impacto en la tierra y el calentamiento global. Dados a estos eventos se hacen esfuerzos para generar bases y criterios para que la arquitectura naciente fuese de impacto positivo para el ambiente, encontrando soluciones y alternativas para preservar el entorno natural.

1.3. Desarrollo de la impresión 3D en la arquitectura

En 1984, el estereolitografía, por sus siglas SLA, fue creado por Charles Hull. Este aparato consistía en la impresión de capa por capa hasta la formación de un sólido. Esto se debía a que el polímero que se utilizaba para las capas era secado mediante rayos UV, permitiendo tener la primera impresión en 3D. A partir de este suceso, la impresión 3D fue evolucionando hasta llegar al punto de poder utilizarse para la construcción de edificaciones.¹⁰

Diagrama 01

Funcionamiento del estereolitografía.



Nota: Tomado de Cyant. (s.f.). The first steps of SLA printing [Ilustración]. Cyant. <https://www.cyant.co/lexicon/2017/9/2/stereolithography-apparatus-sla>

¹⁰ Información extraída de Wikipedia. (8 de enero de 2021). Wikipedia Enciclopedia Libre. Obtenido de Construction 3D printing: https://en.wikipedia.org/wiki/Construction_3D_printing

Desde 1995 se estuvieron haciendo estudios para la impresión 3D en la construcción, en donde se destacaron dos métodos: el primero era de Joseph Pegna, la técnica se caracterizaba en unir con vapor el material (arena o cemento) en capas, pero lastimosamente esta técnica quedó en solo la teoría. Sin embargo, hubo una investigación que fue pilar en la construcción 3D, el segundo método, siendo la técnica de Behrokh Khoshnevis llamada Contour Crafting (Elaboración de Contornos), patentada en 1995. Esta técnica se basa en la adición de material por máquinas, en donde capa por capa se va formando el contorno de las paredes, y al ser posible, colocar las instalaciones, puertas y ventanas por medio de ayuda robotizada. En el 2000, el laboratorio del equipo de Khoshnevis se centró en la impresión de cerámica y cemento de la construcción en escala, así perfeccionando el método.

En el 2013, la compañía creada por Jame Gardiner y Steven Janssen, FreeFab, desarrolló una técnica de impresión 3D que permitía imprimir grandes volúmenes de cera de ingeniería para la producción de moldes, en donde el concreto reforzado con fibra de vidrio y otros materiales sería vertido. Así creando una forma rápida y eficiente de hormigón prefabricado.

En el 2014, la compañía china Winsun Decoration Design Engineering instalan 10 casas prefabricadas impresas en 3D en tan solo 24 horas. Las casas consistían en una sola planta con un costo por unidad de unos B/. 5,000.00¹¹

Para el 2015, esta misma empresa construye el edificio impreso más alto del mundo, en ese entonces. Consiste en un edificio de 5 pisos de apartamento, ensamblado utilizando piezas impresas prefabricadas de una mezcla de cemento, fibra de vidrio, acero y agentes de endurecimiento.¹²

¹¹ Información extraída de Stott, R. (11 de septiembre de 2014). ArchDaily. Obtenido de Empresa china exhibe 10 casas impresas en 3D: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/627121/empresa-china-exhibe-10-casas-impresas-en-3d?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

¹² Resumido de Stott, R. (04 de febrero de 2015). ArchDaily. Obtenido de Compañía china construye el edificio impreso en 3D más alto del mundo: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761458/compania-china-construye-el-edificio-impreso-en-3d-m%C3%A1s-alto-del-mundo?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Figura 28

Edificio de apartamento impreso más alto del 2015.



Nota. [Edificio impreso por WinSun]. (s.f.). Australian Design. <https://australiandesignreview.com>

En ese mismo año, la compañía rusa SPECAVIA anunció el primer modelo comercial de impresora 3D de construcción. Ya para el 2018 está contando con 7 modelos diferentes para la venta al público, variaban de impresoras pequeñas hasta de gran escala, como para construir 3 pisos de alto.

En el 2016, se inauguró el primer edificio de oficina en el mundo, el lugar contaba con 250 metros cuadrados. Para su construcción se realizaron las piezas de hormigón prefabricado mediante la impresión 3D y se ensamblaron en el sitio.

Figura 29

Primer edificio impreso en 3D de oficinas en el mundo



Nota. Tomado de Agencia Xinhua. (s.f.). [Primer edificio de oficinas impreso]. América Economía. <https://www.americaeconomia.com/articulos/fotos-dubai-inaugura-el-primer-edificio-multifuncional-del-mundo-impreso-en-3d>

Ese mismo año en España, se construye el primer puente peatonal impreso en 3D por ACCIONA, de igual manera, fue ensamblado mediante partes prefabricadas impresas.

La compañía 3DPrinthuset, en el 2017, imprimió la primera casa en Europa. Este edificio se utiliza como una oficina para un hotel. Su diseño en planta es curvo y cuenta con una sala de reuniones y un baño. Es importante mencionar que esta impresión se realizó in situ y no mediante uniones prefabricadas.

Figura 30

Primera casa impresa en 3D en Europa.



Nota. Tomado de 3D Printing Media Network. (s.f.). [Casa impresa por COBOD]. Inarquia. <https://inarquia.es/todo-necesitas-saber-fabricacion-aditiva/>

En el 2018, la compañía MX3D Metal, fundado por Loris Jaarman crearon mediante la impresión en acero inoxidable, el primer puente de acero inoxidable en el mundo, ubicado en Ámsterdam.

Figura 31

Primer puente impreso en 3D hecho con acero inoxidable.



Nota. Tomado de [Primer puente impreso de acero]. (2018). El Español. https://www.elespanol.com/omicro/tecnologia/20181022/primer-puente-acero-impreso-puede-usar/347466480_0.html

Para el proceso unos grandes brazos robotizados fundían y soldaban el metal, mientras iban esculpiendo las partes del elegante puente de 12.50 metros de largo.¹³

Benoit Furet, profesor de la Universidad de Nantes, en Francia ese mismo año construye con un equipo la primera casa impresa habitada por una familia. La solución utilizada era una especie de espuma que posteriormente era cubierta con una pasta para su acabado final. La construcción tomó casi 50 horas en levantarse. Los Ramdani, la familia hospedada, pagó el equivalente de B/. 233,000.00 para apropiarse de la construcción de 94.94 m².¹⁴

Figura 32

Primera casa impresa habitada.



Nota. Tomado de BBC News. (2018, 13 julio). [Primera vivienda impresa habitada]. BBC News. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-44754548>

¹³ Extraído de Baldwin, E. (01 de noviembre de 2018). ArchDaily. Obtenido de MX3D revela el primer puente de acero inoxidable del mundo impreso en 3D: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/904846/mx3d-revela-el-primer-puente-de-acero-inoxidable-del-mundo-impreso-en-3d>

¹⁴ Información obtenida de Trimaker. (s.f.). Trimaker. Obtenido de La Primera Familia en el Mundo en Vivir en una Casa Impresa en 3D: <https://trimaker.com/la-primera-familia-del-mundo-en-vivir-en-una-casa-impresa-en-3d/>

La impresión 3D continúa evolucionando, participando en futuros proyectos como la primera comunidad de casas sociales impresas por la Compañía New Story, la utilización de materiales eco amigables como el adobe, y la creación de edificios experimentales en la luna. No cabe duda de que esta tecnología permitirá grandes beneficios para la arquitectura contemporánea y la futura, porque a medida que la población crece se necesitarán métodos constructivos de rápida elaboración y produzcan poco desperdicio para así cuidar del ambiente.



02

2. Definiciones y referencias

2.1 ¿Qué es la vivienda social?

La Real Academia Española (RAE) define la vivienda social como: *“Adm. Vivienda que cumple una función social de habitación habitual o permanente de personas en una situación de necesidad”*

El Ministerio de Ambiente, ‘Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia en el Derecho de Petición No. 4120-E1-101503 del 1 de septiembre de 2009’, define este concepto como: *“Se entiende por viviendas de interés social aquellas que se desarrollen para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos.”*

De una manera más práctica en Panamá, se consideran proyectos de viviendas de interés social, las viviendas cuyo costo unitario de venta no supere de 70,000 balboas (esto según la ayuda financiera del MIVIOT), sin que incluyan los montos que corresponden a gastos de transacción o legales. Estas casas están diseñadas para familias que no sean propietarios de alguna vivienda.

2.2. ¿Qué es la vivienda digna?

La RAE define vivienda digna como: *“Adm. Concepto social que alcanza la idea de las condiciones generales del sitio en que se vive se pueden aceptar y usar sin desdoro o menoscabo de la estimación propia o ajena”.*

En el artículo “La Vivienda Digna y la Vivienda Adecuada”, la doctora en Arquitectura y Urbanismo, Mónica Mejía-Escalante, comparte en sus conclusiones esta definición sobre la dignidad en la vivienda:

“es más que acceso físico y económico a un abrigo, que tiene que ver con asuntos más cualitativos relacionados con la integridad del ser humano, en la que el bienestar de su cuerpo y de su mente debe ser protegido porque puede lesionarse cuando busca infructuosamente acceso a vivienda adecuada, o cuando habita espacios inadecuados a su condición física y mental.” (Mejía-Escalante, 2016)

Se puede observar que la dignidad en la vivienda afecta directamente el estado, comportamiento y la salud del individuo que reside en el lugar.

2.3. ¿Qué es la vivienda adecuada?

La organización “Hábitat para la Humanidad” define el concepto de vivienda adecuada como:

“Disponer de un lugar privado, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad de tenencia, estabilidad y durabilidad, iluminación, calefacción y ventilación suficientes. Una infraestructura básica que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud; todo ello a un costo razonable para que todos tengan acceso a esa garantía.” (Hábitat para la Humanidad, 2018)

Complementando esta definición, la Licenciada Esperanza Ferrando Nicolau en su artículo “El Derecho a una Vivienda Digna y Adecuada,” describe el término como: *“el sentido de «adecuado» podría relacionarse con el entorno en el que dicha vivienda se sitúa. Es decir, sería adecuada aquella vivienda adaptada al ambiente físico, social, cultural e histórico en el que surge (así tan adecuada sería un «igloo» esquimal, o un «tipos» indio, como una casa occidental)”*

Es muy importante mencionar en la vivienda adecuada se compone de elementos físicos para el bienestar de la persona, este es un derecho humano reconocido en la normativa internacional de los derechos humanos ya que es un elemento fundamental para un nivel de vida adecuado. (ONU Habitat, 2021)

2.3.1. Criterios para una vivienda adecuada

La ONU Hábitat formalizó 7 elementos que deben ser cumplidos para viviendas adecuadas, a continuación, se citarán:

1. *“Seguridad de la tenencia: Condiciones que garanticen a sus ocupantes protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.*

2. **Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura:** *Contempla la provisión de agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, así como para la conservación de alimentos y eliminación de residuos.*
3. **Asequibilidad:** *El costo de la vivienda debe ser tal que todas las personas puedan acceder a ella sin poner en peligro el disfrute de otros satisfactores básicos o el ejercicio de sus derechos humanos. Se considera que una vivienda es asequible si un hogar destina menos del 30% de su ingreso en gastos asociados a la vivienda (ONU, 2018).*
4. **Habitabilidad:** *Son las condiciones que garantizan la seguridad física de sus habitantes y les proporcionan un espacio habitable suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.*
5. **Accesibilidad:** *El diseño y materialidad de la vivienda debe considerar las necesidades específicas de los grupos desfavorecidos y marginados, particularmente de personas con discapacidad.*
6. **Ubicación:** *La localización de la vivienda debe ofrecer acceso a oportunidades de empleo, servicios de salud, escuelas, guarderías y otros servicios e instalaciones sociales, y estar ubicada fuera de zonas de riesgo o contaminadas.*
7. **Adecuación cultural:** *Es una vivienda adecuada si su ubicación respeta y toma en cuenta la expresión de identidad cultural.” (ONU Habitat, 2019)*

Estos mismos criterios son los que se han tomado a consideración para la propuesta arquitectónica que se explicará más adelante.

Diagrama 2

Primera casa impresa habitada.



Nota. Tomado de ONU Habitat. (2019). Elementos de una vivienda adecuada [Ilustración]. ONU Habitat. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

2.4. ¿Qué es el desarrollo social?

El desarrollo social se basa en el desarrollo del capital humano y el capital social dentro de la sociedad. Este debe ser de cambio positivo entre las relaciones entre grupos de personas e instituciones, para el bien social común actual y futuro.

El Banco Mundial describe este concepto como:

“El desarrollo social se centra en la necesidad de «poner en primer lugar a las personas» en los procesos de desarrollo. La pobreza no solo se refiere a los bajos ingresos; se trata también de la vulnerabilidad, la exclusión, las instituciones poco transparentes, la falta de poder y la exposición a la violencia. El desarrollo social promueve la inclusión social (i) de los pobres y vulnerables empoderando a las personas, creando sociedades cohesivas y resilientes, y mejorando la accesibilidad y la rendición de cuentas de las instituciones a los ciudadanos.” (Banco Mundial, 2019)

2.5. Referencias de la vivienda social en el mundo

Es muy importante al diseñar un proyecto arquitectónico obtener referencias de proyectos con utilidades parecidas. Se realizó una investigación profunda de distintos modelos de vivienda social y se seleccionaron los que más son de valor para el modelo propuesto en este trabajo de grado.

Los proyectos de estudio que se han seleccionado son los siguientes:

- Quinta Monroy de Elemental
- Proyecto Villa Verde de Elemental
- Casa Cubierta de Comunidad Vivex
- Plan B Guatemala de DEOC Arquitectos
- Casa Ampliable de Urban Rural Systems

A continuación, se explicarán los proyectos correspondientes.

2.5.1. Quinta Monroy

Figura 33

Quinta Monroy recién entregado.



Nota. Tomado de Jalocha, T. (s.f.). Quinta Monroy [Fotografía]. DW.
<https://www.dw.com/es/alejandro-aravena-un-arquitecto-sin-man%C3%ADas-de-estrella/a->

Figura 34

Quinta Monroy adaptado por el usuario.



Nota. Tomado de Palma, C. (s.f.). [Fotografía de Quintana Monroy en estado actual]. Divisare.
<https://divisare.com/projects/109887-elemental-alejandro-aravena-cristobal-palma-estudio-palma-quinta-monroy>

En Iquique, Chile el Arquitecto Alejandro Aravena junto su equipo llamado Elemental, construyen en el 2003 un modelo de viviendas que se convertiría en un ejemplo de la vivienda social en crecimiento.

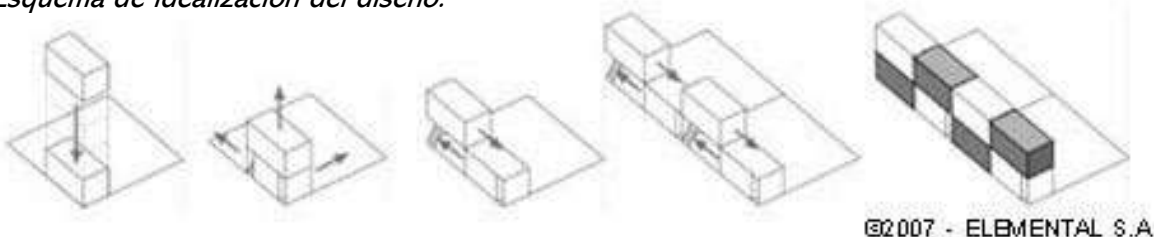
El proyecto busca la manera de proporcionar una vivienda digna con poco financiamiento. El equipo encontró la manera de hospedar 100 familias en una parcela de 0.5 hectáreas. La manera más eficiente que encontraron era negarse en parcelar las viviendas en lotes pequeños, ya que este dejaría espacio ineficiente que al final no sería útil para el crecimiento de las viviendas. Debían maximizar la densidad del área sin que la arquitectura cayera en el error de producir hacinamiento.

Notaron que en un edificio los únicos pisos que tienen posibilidad de crecer son la planta baja, que tiene la posibilidad de agrandarse a los lados, y el último piso, ya que puede crecer de manera vertical. Con esta premisa se diseñó un conjunto de casas dúplex en el que piso de abajo siendo una vivienda con posibilidad de crecimiento en el eje horizontal, y el segundo nivel, este teniendo dos alturas, podía igualmente crecer en horizontal junto por arriba de la primera vivienda.

La propuesta les otorgaba a las familias la mitad de una casa de nivel económico medio de 36m² proyectándose a ser el doble de este tamaño, edificando las instalaciones de mayor dificultad de construir para el habitante, como los baños, cocina, paredes divisorias y estructuras. Así el propietario al momento de ampliar su vivienda podría realizar este ejercicio con mayor facilidad. Una casa se convertía en el marco estructural de la siguiente, al mismo tiempo de marcar y delimitar las posibilidades de crecimiento convirtiendo al edificio en una construcción porosa. Si la familia, a medida que iba mejorando en sus niveles económicos y ampliaban la vivienda, esta podía alcanzar hasta los 70.00 m².

Diagrama 03

Esquema de idealización del diseño.



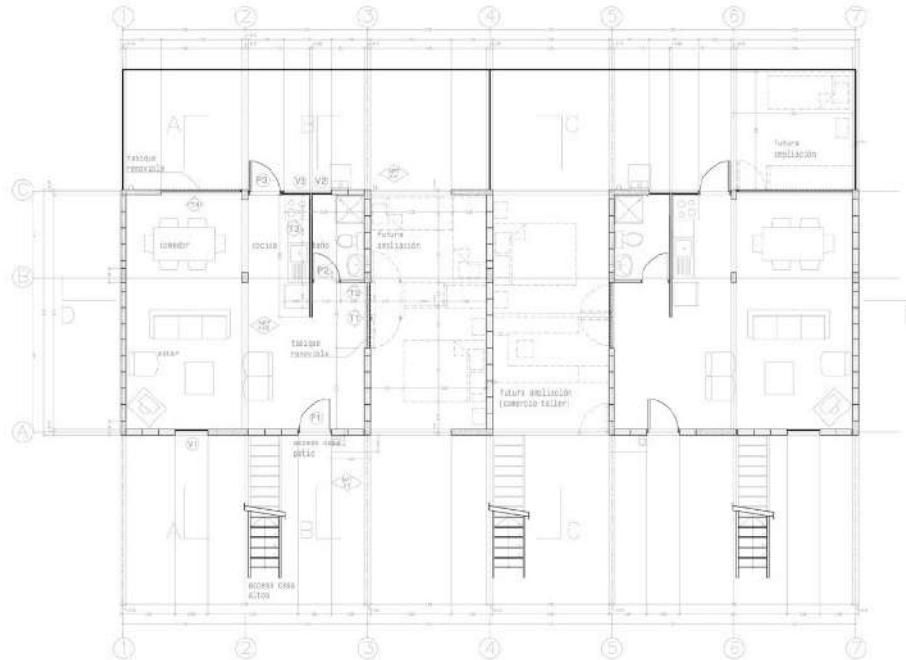
©2007 - ELEMENTAL S.A.

Nota. ELEMENTAL. (s.f.). [Diagrama de Quinta Monroy]. Red Fundamentos. <http://www.redfundamentos.com/blog/es/obras/detalle-143/>

El conjunto de 100 casas fue agrupado en 4 grupos de 20 familias, así se conseguía una escala urbana más pequeña con el tamaño suficiente para ponerse de acuerdo entre vecinos, pero no tan chica como para no relacionarse.

Figura 35

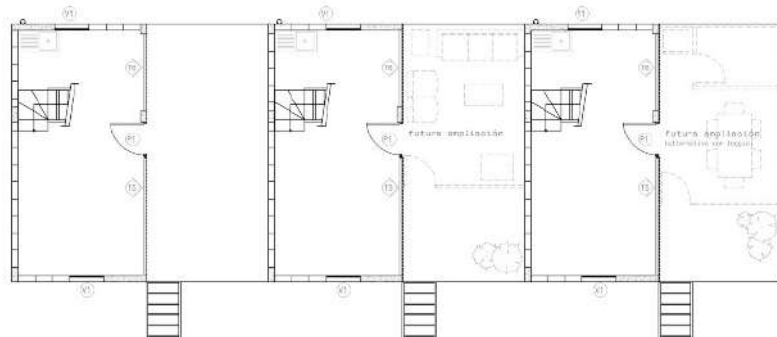
Planta arquitectónica N° 00



Nota. Tomado de ELEMENTAL. (s.f.). [Planta arquitectónica de Quinta Monroy]. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx>

Figura 36

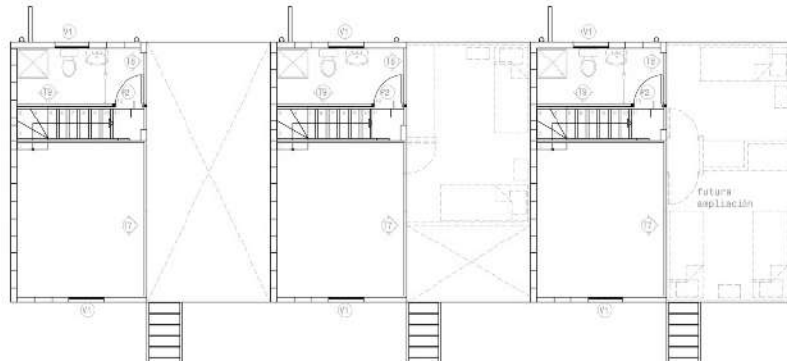
Planta arquitectónica N° 01



Nota. Tomado de ELEMENTAL. (s.f.). [Planta arquitectónica de Quinta Monroy]. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx>

Figura 37

Planta arquitectónica N°01



Nota. Tomado de ELEMENTAL. (s.f.). [Planta arquitectónica de Quinta Monroy]. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx>

Es importante destacar que el crecimiento de las viviendas quedaba en manos de los propietarios, y el valor de esto es que al trabajar en sus casas desarrollan un sentir de pertenencia y cariño a su propiedad, así se construye en la urbanización un espíritu de preservación y cuidado de la vivienda. Años después de su inauguración se puede apreciar el éxito de este modelo y como cada casa va adquiriendo una personalidad propia, pero al mismo tiempo construyendo un aspecto urbano colaborativo y visualmente único.

Figura 38

Plan Maestro



0 10 30



Nota. Tomado de ELEMENTAL. (s.f.). [Plan Maestro de Quinta Monroy]. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx>

2.5.2. Proyecto Villa Verde

Figura 39

Vista de casas de Villa Verde.



Nota. Tomado de: ELEMENTAL. (s. f.). [Villa Verde].
ELEMENTAL. <http://www.elementalchile.cl>

Figura 40

Vista actual de casas de Villa Verde.

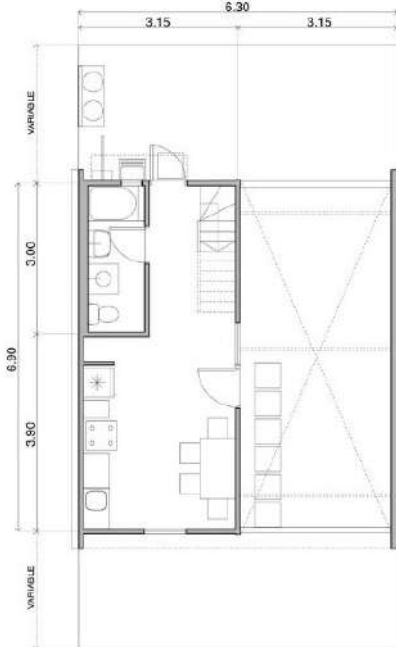


Nota. Tomado de [Villa Verde]. (s. f.). ArchDaily.
<https://www.ArchDaily.com>

En Constitución, Región del Maule, Chile el grupo ELEMENTAL nuevamente ofrece una solución innovadora ante el problema de la vivienda. Ofreciendo un conjunto de casas para 484 familias.

Figura 41

Planta N°00 Proyecto Villa Verde.



Nota. Tomado de [Villa Verde].
(s. f.). ArchDaily.
<https://www.ArchDaily.com>

Figura 42

Planta N°00 Proyecto Villa Verde.



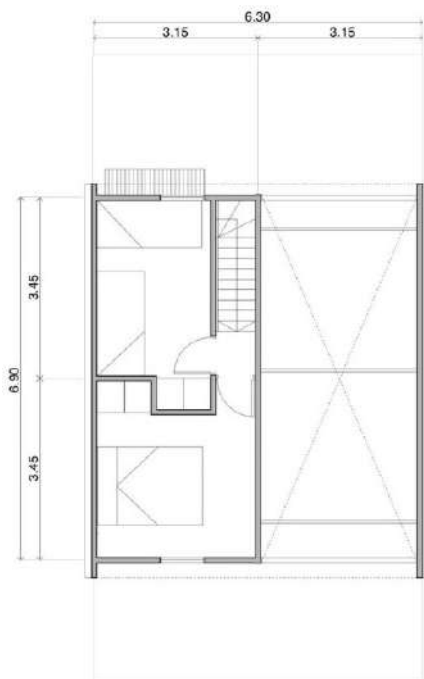
Nota. Tomado de [Villa Verde]. (s. f.).
ArchDaily.
<https://www.ArchDaily.com>

La propuesta es parecida al proyecto de Quinta Monroy solo que cada edificio es unifamiliar. Las casas se desarrollan de dos pisos de 56.44 m² para el modelo A y 56.88 m² para el modelo B.

En planta baja se ubican la cocina-comedor y el baño, en el segundo alto dos recamaras. La vivienda es enmarcada por un techo tipo marco en donde las vigas del lado no construidos se unen con la casa vecinal, dando así un espacio estructural para poder realizar las futuras ampliaciones. Al igual que en el proyecto anterior la casa tiene la posibilidad de crecer al lado y son limitados por la forma de la vivienda. Al ampliarse puede tener la capacidad de 64,90 m² (A) y 85.00 m³ (B).

Figura 43

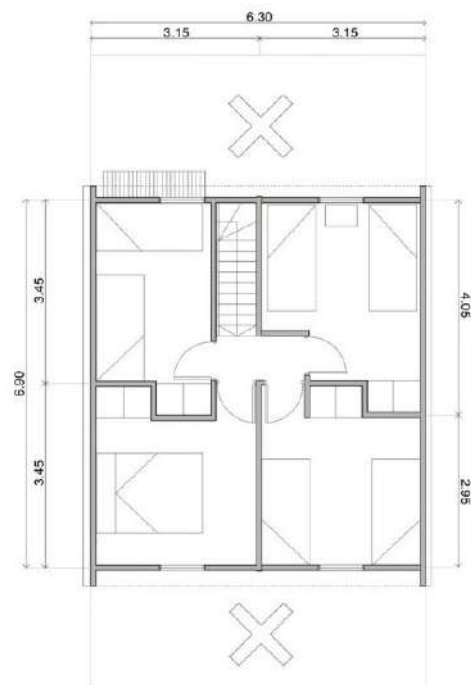
Planta N°00 Proyecto Villa Verde.



Nota. Tomado de [Villa Verde]. (s. f.). ArchDaily.
<https://www.ArchDaily.com>

Figura 44

Planta N°00 Proyecto Villa Verde.



Nota. Tomado de [Villa Verde]. (s. f.). ArchDaily.
<https://www.ArchDaily.com>

Este proyecto fue encargado por la empresa forestal “Arauco” en donde se quería desarrollar un plan para poder darles apoyos a sus contratistas y trabajadores dándoles la oportunidad de tener una vivienda permanente.

En la agrupación de la urbanización, las casas se van ordenando en grupos de 20 casas, muy parecido al proyecto anterior. Este proyecto se desarrolla en una escala más grande y aun así se admira el éxito del diseño arquitectónico empleado.

Figura 45

Planta N°00 Proyecto Villa Verde.



Nota. Tomado de [Villa Verde]. (s. f.). ArchDaily. <https://www.ArchDaily.com>

Figura 46

Casa Cubierta, vista exterior.



Nota. Tomado de Garza, A. (s. f.). Casa Cubierta de Comunidad Vivex [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d4ffe58ece9c4e000098-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex-foto>

Figura 47

Casa Cubierta, vista interior.



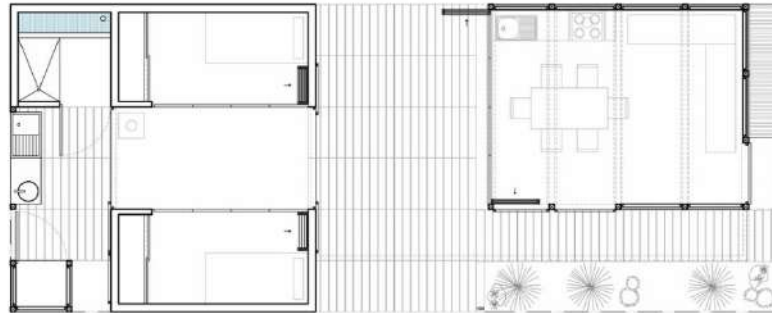
Nota. Tomado de Garza, A. (s. f.). Casa Cubierta de Comunidad Vivex [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d4ffe58ece9c4e000098-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex-foto>

2.5.3. Casa Cubierta

En el 2015, se construyó bajo el diseño del estudio “Comunidad Vivex” una propuesta prototipo de vivienda social dirigida a una familia mexicana, Familia Francisco Rivera, en Nuevo León México. El modelo busca proporcionar una vivienda digna en un terreno de 105.00 m² con dimensiones de 7.00 m x 15.00 m. La casa ofrece 56.00 m² construidos y una posibilidad de ampliarse a 89.00 m² con la implementación de una segunda altura sobre los dormitorios. Se plantea un diseño con un patio central, dividiendo la vivienda en dos zonas o núcleos. En el primero se ubica la cocina-comedor-sala, en el segundo se encuentran dos dormitorios, baño y lavandería. Al separar la edificación en dos partes y proporcionando un patio central se mejora la iluminación, ventilación e innova en la interrelación de los espacios interiores y exteriores a comparación a los diseños convencionales. El patio se convierte en el punto común y social de la vivienda.

Figura 48

Planta arquitectónica de Casa Cubierta



Nota. Tomado de Planta arquitectónica de Casa Cubierta. (s. f.). [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d4ffe58ece9c4e000098-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex-foto>

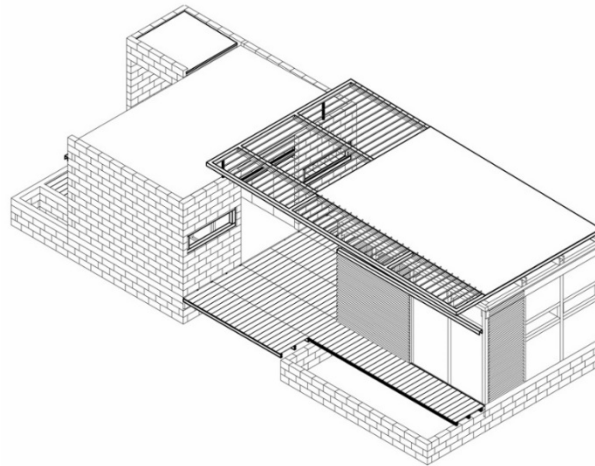
Una cubierta de losa aligerada de concreto armado es la que cubre el área de las habitaciones. El núcleo de la cocina cubierto se compone de una estructura mixta de vigas de concreto, base de madera, un aislante térmico y empastado de cemento. (Cruz, 2015). Añadiéndole una segunda cubierta metálica que cubre el primer núcleo (cocina) y parte del segundo núcleo de la casa. Con esta intervención se genera un aislamiento térmico natural y buenas corrientes de aire. Igualmente, la inclinación permite recoger aguas de lluvia en donde es recolectada en un tanque en el segundo módulo. Al mismo tiempo la cubierta proporciona sombra para el patio central.

El costo de construcción de la vivienda fue de B/. 5,900.00 en el precio se incluye *“la cimentación, estructura, muros, losas, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, carpintería, herrería y metales, tarjas, vidrios, banquetas, enlucido de losas interiores, pintura e impermeabilización de una vivienda de 1 nivel de 56 m² de construcción y aún con opción de crecimiento en un segundo piso.”* (Cruz, 2015)

Es importante mencionar, que, para la edificación de la vivienda, gran parte de su construcción fue hecha por uno de los miembros de la familia beneficiada con ayuda de sus allegados. Este gesto redujo significativamente el costo de la producción del inmueble.

Figura 49

Isométrico de Casa Cubierta



Nota. Tomado de Isométrico de Casa Cubierta. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d1eee58ece3c0600008c-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex>

2.5.4. Plan B Guatemala

En el 2018, se le da una solución de vivienda a los afectados de la catástrofe por el Volcán de Fuego en El Paredón Buena Vista, Guatemala. El equipo de “DEOC Arquitectos” ofrecen una solución de una vivienda integrada con la naturaleza. A primera vista, el diseño es parecido al proyecto de Casa Cubierta.

Figura 50

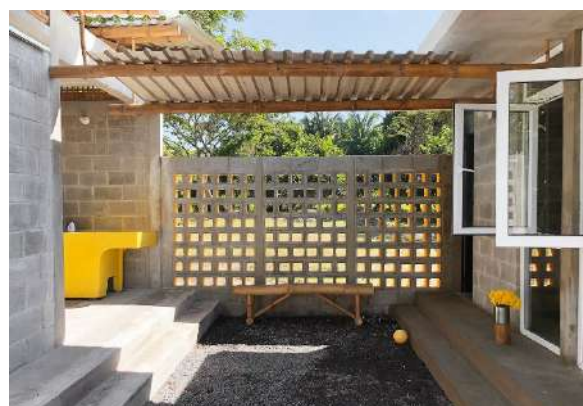
Casa Plan B Guatemala, vista exterior.



Nota. Tomado de DEOC Arquitectos. (s. f.). Plan B Guatemala [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc->

Figura 51

Casa Plan B Guatemala, vista interior.



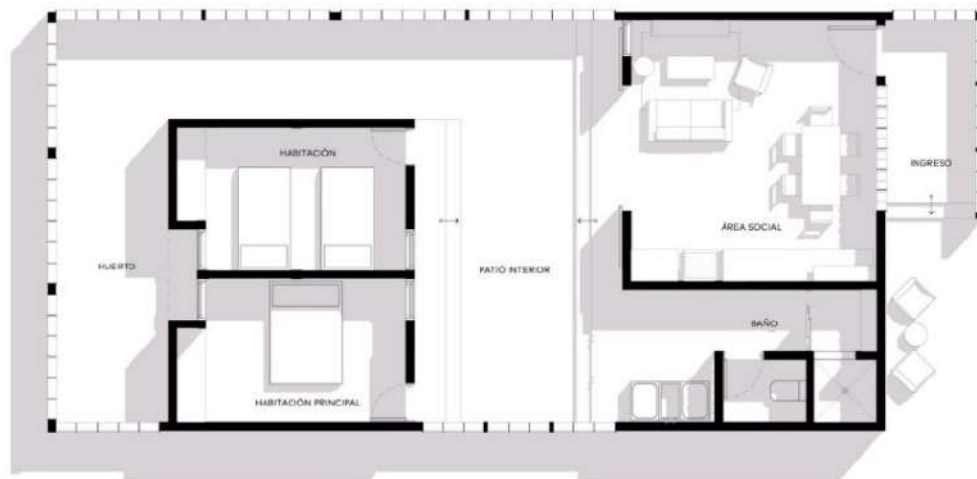
Nota. Tomado de DEOC Arquitectos. (s. f.). Plan B Guatemala [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc->

El Plan B es un prototipo de vivienda que posee 86.00 m² con posibilidad de crecimiento. Se sitúa en un terreno de 152.00 m² con dimensiones de 8.00 m x 19.00 m. El objetivo del proyecto es poder ser repetido y ofrecer refugio permanente para 26 familias.

La casa se divide en dos módulos separados por un jardín interno. El primer módulo cuenta con el baño-lavandería y sala-comedor-cocina, en el segundo con dos habitaciones con acceso a un huerto en la parte posterior. El diseño da la posibilidad de ser ampliado en un segundo piso sobre el área de los dormitorios. Una de las ventajas del diseño es que se eliminan los espacios de pasillo, ya que el jardín cumple con ese propósito.

Figura 52

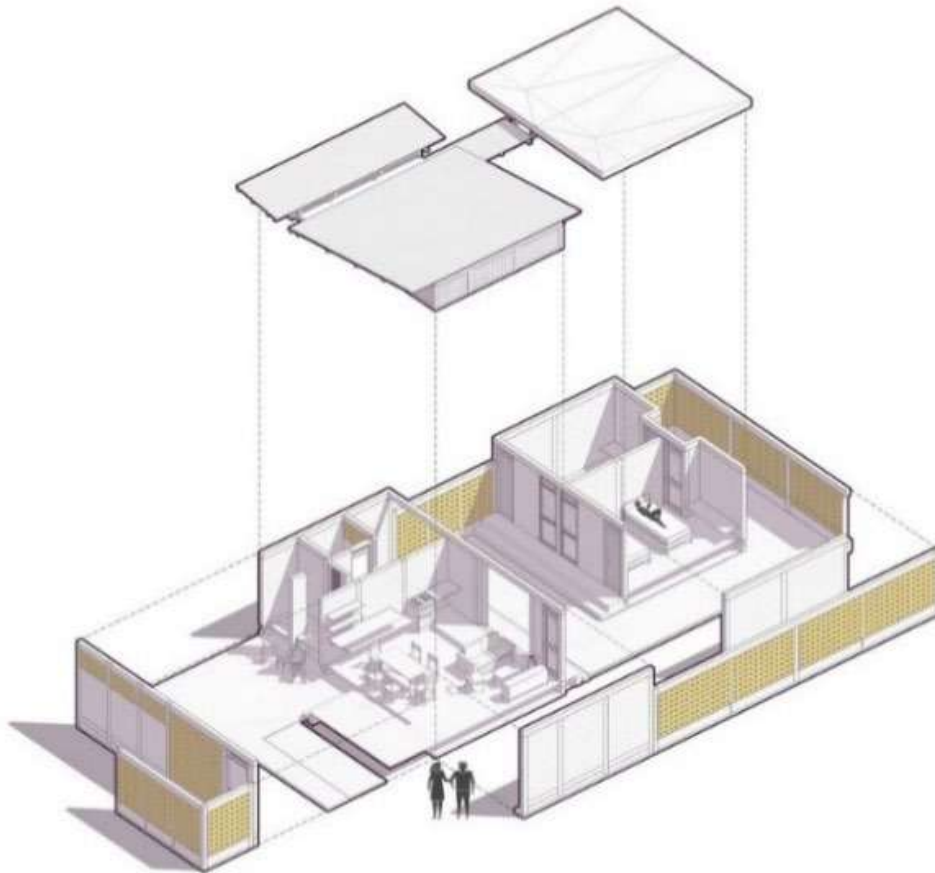
Planta Arquitectónica de Casa Plan B Guatemala.



Nota. Tomado de DEOC Arquitectos. (s. f.-b). Planta arquitectónica Plan B Guatemala [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos/5c503f05284dd1f096000196-plan-b-guatemala-deoc-arquitectos-imagen>

Figura 53

Axonométrico explotado de Casa Plan B Guatemala.



Nota. Tomado de Axonométrica. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos/5c503bc3284dd1a5f6000032-plan-b-guatemala-deoc-arquitectos-axonometrica>

El diseño con paredes permeables permite tener una buena iluminación y ventilación. Al abrir la casa con un patio interior se le aporta cierta versatilidad al uso de la vivienda. Los materiales utilizados son bloques de concreto, láminas galvanizadas y el bambú.

2.5.5 Casa Ampliable

Figura 54

Primera Fase de Casa Ampliable.



Nota. Tomado de Casa Ampliable. (s. f).
[Fotografía]. ArchDaily.
<https://www.archdaily.cl/cl/893571/casa-ampliable-urban-rural-systems/5ac2b07af197ccfe7b000090-expandable-house-urban-rural-systems-photo>

Figura 55

Primera Fase de Casa Ampliable.



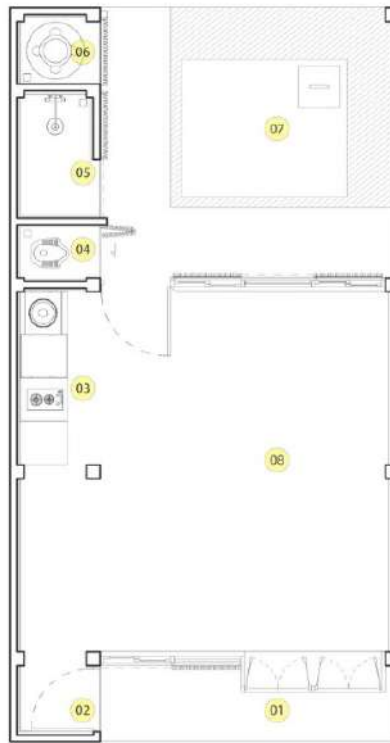
Nota. Tomado de Casa Ampliable. (s. f).
[Fotografía]. ArchDaily.
<https://www.archdaily.cl/cl/893571/casa-ampliable-urban-rural-systems/5ac2b07af197ccfe7b000090-expandable-house-urban-rural-systems-photo>

En el 2018, en Batam, Indonesia los arquitectos de Urban Rural Systems desarrollaron una propuesta de diseño para una vivienda de 36.00 m². El concepto era poder ofrecer una casa de alto crecimiento, ya que esta ciudad es la de más rápido crecimiento en el mundo, que se pudiese adaptar fácilmente para las necesidades de las familias, convirtiendo espacios requeridos para negocios y servicios.

La peculiaridad de esta edificación es su techo ampliable, que por un mecanismo de poleas es capaz de llegar hasta tres alturas y así aumentar la vivienda al vertical. La casa está equipada estructuralmente para poder soportar las modificaciones futuras. La vivienda en su primera fase (planta baja de 36.00 m²) consta con una sala multipropósito, una cocina, baño y un patio.

Figura 56

Vista exterior de Casa Ampliable, en crecimiento.



Nota. Tomado de Planta. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/893571/casa-ampliable-urban-rural-systems/5ac2ce96f197cc5892000030-expandable-house-urban-rural-systems-plan>

La vivienda fue diseñada utilizando 5 principios:

1. **Sección *Sándwich*:** El techo móvil se considera el pan junto con los cimientos, y el relleno constarían de los 3 pisos que se le añadirían a la estructura. La constructora provee las fundaciones y el techo y lo demás es a inventiva de los habitantes.
2. **Densidad Doméstica:** La huella de asentamiento se reduce al construir en altura. El área se densifica con mayor orden y con impactos positivos al medio ambiente.
3. **Sistemas Descentralizados:** Se evitan grandes costos mediante sistemas sustentables como generación de energía solar, recolección de agua de lluvia, fosas sépticas, sistemas de alcantarillado y principios de enfriamiento pasivo.

4. **Paisaje Productivos:** El diseño integra la producción y siembra de alimentos para sustento familiar y materiales, como el bambú, para su construcción.
5. **Paquete de Semillas:** La casa está diseñada como si fuese una bolsa de semillas, ya que el plan contiene estrategias, pasos de planificación, tecnologías en que una urbanización pueda desarrollarse de distintas maneras.

Figura 57

Fases de crecimiento de Casa Ampliable



Nota. Tomado de Guna Putra, D. (s. f.). *Casa ampliable parte 02* [Fotografía]. ArchDaily. https://www.archdaily.cl/cl/935138/casa-ampliable-parte-02-urban-rural-systems/5e562b346ee67e700001a-expandable-house-part-02-urban-rural-systems-photo?next_project=no

2.6. Casos de la vivienda social en Panamá

Habiendo analizado ejemplos exitosos de vivienda social en el mundo, a continuación, observaremos distintos modelos que se encuentran en Panamá.

Conjunto Habitacional el Colmenar

Figura 58

El Colmenar.



Nota. Tomado de Tejeira Davis, E. (s. f.). El Colmenar [Fotografía]. Arquitectura y urbanismo. <https://arqurbpty.blogspot.com/?view=classic>

Los arquitectos Julio Rovi y Lourdes Alvarado con la ayuda del Ministerio de Vivienda realizan un diseño, en Las Cumbres, de casas sociales en hilera con posibilidad de expansión. Estas eran casas adosadas que se componían de pequeños módulos de tres niveles con techos empinados. A este sistema constructivo se le llamaba “Poro-Poro”, cuya estructura era de hormigón, bloques y madera.

Los residentes de “El Colmenar” recibieron la asistencia del MIVI, un entrenamiento en técnicas constructivas para poder ampliar la casa adecuadamente. Los bloques de cemento fueron fabricados a mano por los mismos habitantes. Lastimosamente el MIVI no continuó con el desarrollo y repetición del proyecto. (Tejeira, 2007)

Casa para personas con discapacidad motora del MIVIOT - Techos de Esperanza

Este modelo está dirigido a familias que algunos de sus integrantes padezcan de alguna discapacidad motora. Su diseño es simple, pueden venir con unas dos habitaciones, sala-comedor, cocina, baño apto para silla de ruedas y un espacio exterior para la lavandería. Este diseño de 43.50 m² no ofrece una alternativa de crecimiento, es uno de los modelos más utilizados en el país como solución habitacional.

Figura 59

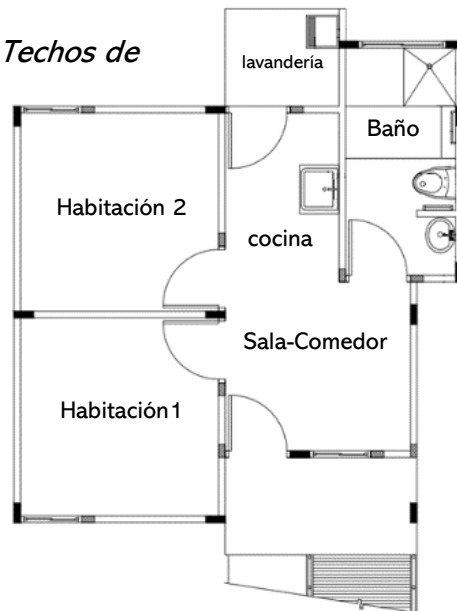
Vista exterior de Techos de Esperanza.



Nota. Tomado de [Casa accesible MIVIOT]. (s. f.). MIVIOT. <https://www.miviot.gob.pa/2021/07/06/avanza-plan-progreso-en-diferentes-provincias-y-comarcas-ngabe-bugle/>

Figura 60

Planta Arquitectónica de Techos de Esperanza.



Nota. Tomado de MIVIOT. (s. f.). [Planta arquitectónica de Techos de Esperanza]. En

Casa modelo del MIVIOT- Techos de Esperanza

Este modelo es muy parecido al anterior descrito, la diferencia se encuentra en el baño, ya con un tamaño más convencional. La casa de 41.00 m² se compone de una o dos habitaciones, sala-comedor, lavandería y un baño. La elaboración le cuesta al MIVIOT unos B/. 18,000.00 aproximadamente. Es el tipo de casa más utilizado en el país, sin embargo, no ofrece un plan de crecimiento.

Figura 61

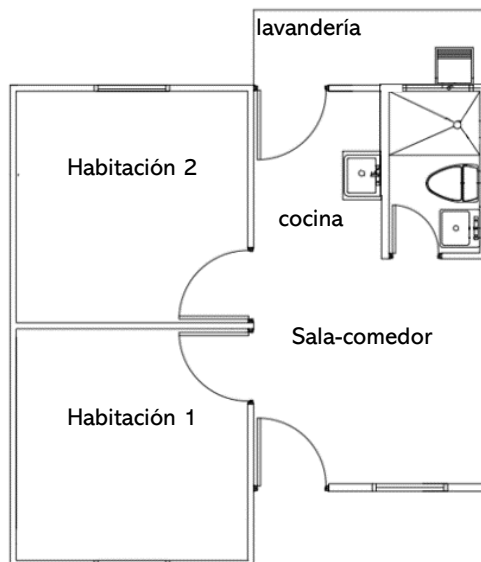
Vista exterior de Techos de Esperanza.



Nota. Tomado de [Casa de Techos de Esperanza]. (s. f.). MIVIOT. <https://www.miviot.gob.pa/2017/10/16/brindan-respuesta-a-146-familias-en-el-este-del-districto-de-panama/>

Figura 62

Planta Arquitectónica



Nota. Tomado de MIVIOT. (s. f.). [Planta arquitectónica de Techos de Esperanza]. En MIVIOT

Vivienda de Crecimiento Progresivo - MIVIOT

“La Vivienda de Crecimiento Progresivo”, del “Plan Progreso”, es un nuevo modelo de vivienda dirigido por el MIVIOT. Este concepto le permite a la familia, mejorar sus condiciones habitacionales y económicas mediante la implementación de un local para un emprendimiento.

Figura 63

Vista exterior de la Vivienda Progresiva



Nota. Tomado de <https://www.miviot.gob.pa/2021/09/20/revelan-requisitos-y-parametros-del-plan-progreso/>

La vivienda se entrega con una habitación (de 42.23 m²) o dos habitaciones (46.26 m²). En el caso de ser una, se da la opción A: con la habitación en el medio, o la opción B: de la habitación al frente de la vivienda. El diseño es progresivo ya que, si la casa es de una habitación, se puede añadir dos cuartos más, en la cual, si se desea, el área frontal puede ser arreglado para utilizarse como un negocio integrado al hogar. Por el momento solo una familia ha sido beneficiada con este nuevo modelo siendo entregada en febrero del 2020. Se planean construir 200 de estas casas más adelante. Con un crecimiento total de la vivienda, esta podría llegar a los 56.58 m².

Figura 64

Planta arquitectónica de modelo tipo "A."



Nota. Tomado de MIVIOT. (2021). [Planta arquitectónica de Plan Progreso]. En Planos constructivos.

Figura 66

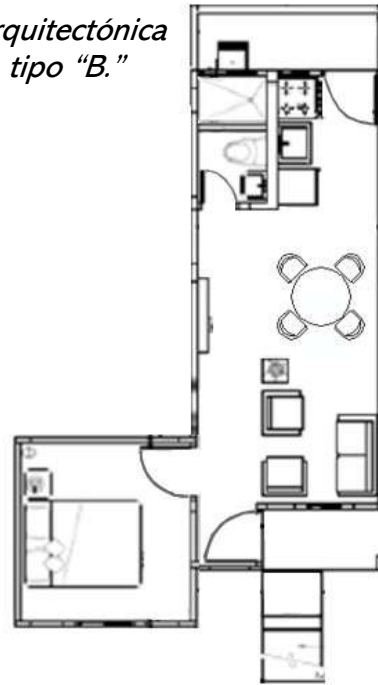
Planta arquitectónica de modelo tipo "A+B."



Nota. Tomado de MIVIOT. (2021). [Planta arquitectónica de Plan Progreso]. En Planos constructivos.

Figura 65

Planta arquitectónica de modelo tipo "B."



Nota. Tomado de MIVIOT. (2021). [Planta arquitectónica de Plan Progreso]. En Planos constructivos.

Figura 67

Planta arquitectónica de modelo tipo "A+B+1."



Nota. Tomado de MIVIOT. (2021). [Planta arquitectónica de Plan Progreso]. En Planos constructivos.

2.7. ¿Qué es la arquitectura sostenible?

En realidad, no hay una sola definición que puede describir en su totalidad al término, pero se entiende como arquitectura sostenible como el tipo de arquitectura que busca minimizar el impacto ambiental, utiliza bajos niveles de energía para ser construido y que al ser terminado debe tener poca dependencia energética.¹⁵

Una definición más formal la ofrece el estudio arquitectónico “Norman Foster and Partners” como la creación de edificios *“que sean eficientes en cuanto al consumo de energía, saludables, cómodos, flexibles en el uso y diseñados para tener una larga vida útil”*. (Edwards, 2004)¹⁶

Otra definición la ofrece la “Building Services Reserch and Information Association” en que comentan que la construcción sostenible como: *“la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y en el uso eficiente de los recursos”* (Edwards, 2004)¹⁷

En el escrito “La Arquitectura sostenible en la formación del Arquitecto” los autores definen el concepto como:

“Es un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando aprovechar los recursos naturales. De tal modo de minimizar el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes... es reflexionar sobre el impacto ambiental de todos los procesos implicados en un proyecto arquitectónico y urbano , desde los materiales de fabricación (obtención que no produzca desechos tóxicos y no consuma mucha energía), las técnicas de construcción que supongan un mínimo deterioro ambiental, su ubicación dentro del terreno, el impacto de este a su entorno natural, si su consumo de energía no es excesivo y si al finalizar su vida útil puede ser reutilizada o volver a donde inició todo, a la naturaleza para generar un ciclo de vida.” (Andrade y Benítez, 2009).

¹⁵Concepto extraído de Strongman. (2009). La Casa Sostenible. Barcelona: Editorial Océano.

¹⁶ Cita extraída del libro Edwards, B. (2004). Guía Básica de la sostenibilidad. Barcelona: Gustavo Gil. Pág.7

¹⁷ Edwards Loc. cit...

Es importante mencionar que la arquitectura sostenible se puede considerar exitosa si esta lleva prosperidad económica, cohesión social, proporcionar seguridad, mejora el bienestar social, la salud individual, local y global. Igualmente ir en conjunto con el ahorro energético. Una casa sostenible debe asociar lo social, físico y cultural en un solo programa.¹⁸

2.7.1. Lineamientos y estándares de la arquitectura sostenible

En “La Guía Básica de la Sostenibilidad” el autor comparte que la vivienda sostenible debe abordar tres áreas:

- *“Eficiencia energética, minimización de residuos, recursos, etc.*
- *Bienestar comunitario y social.*
- *Prosperidad económica, en particular empleo y educación” (Edwards, 2004)*

La asociación británica “Building Services Reserch and Information Association” (BSRIA) indica que un edificio sostenible debería incluir los siguientes principios:

- *“Minimizar el consumo de recursos no renovables.*
- *Mejorar el entorno natural.*
- *Eliminar o minimizar el uso de toxinas” (Heywood, 2017)*

En el libro “Green Building Handbook” por Tom Woolley y Sam Kimming, presentan 4 principios que deberían cumplir los edificios verdes:

- *“Reducir el consumo energético operativo.*
- *Reducir al máximo la contaminación exterior y los daños medioambientales.*
- *Reducir la energía incorporada y el uso de recursos no renovables.*
- *Reducir al máximo la contaminación interior y los daños a la salud de los ocupantes” (Wolley & Sam Kimming, 1997)*

¹⁸ Resumido de Edwards op. cit; 105

En “La Guía Básica de la Sostenibilidad” determina que las viviendas sostenibles deben:

- *“Ser eficientes en el consumo de energía.*
- *Ser eficientes en el uso de otros recursos, especialmente del agua.*
- *Estar diseñadas para crear comunidades robustas y autosuficientes.*
- *Estar diseñadas para tener una larga vida útil.*
- *Estar diseñadas para garantizar la flexibilidad en cuanto al estilo de vida y la propiedad.*
- *Estar diseñadas para maximizar el reciclaje.*
- *Ser saludables.*
- *Estar diseñadas para adaptarse a los principios ecológicos” (Edwards, 2004)*

En esta misma guía el autor extrae de “DETR. ScoWsh Office and Urban Task Force guidelines” las políticas para una vivienda sostenible, que son:

- “Integración social a través de formas mixtas de propiedad de la vivienda.
- Integración de los usos no residenciales del suelo.
- Diseño urbano energéticamente eficiente.
- Potenciación de la densidad para garantizar la viabilidad del transporte público.
- Atenuación del clima mediante el diseño urbano.
- Accesibilidad para todos.
- Restricción del aparcamiento de automóviles mediante la limitación del espacio dedicado a estacionamiento en vez del establecimiento de un número mínimo de plazas.
- Máxima explotación de la infraestructura existente.
- Reutilización del suelo y los edificios urbanos.
- Creación de zonas libres de automóviles.
- Explotación de fuentes de energía renovables.

Aprovisionamiento local de los materiales y la mano de obra” (Edwards, 2004)

Aunque la sustentabilidad y la sostenibilidad no es el mismo término; ya que la sustentabilidad se refiere a que puede permanecer por sí mismo sin afectar su entorno, pero sostenibilidad es que puede permanecer mediante un sistema efectivo para un bienestar social-ambiental; es importante considerar los principios de la arquitectura sustentable, enlistados en el escrito “Arquitectura Sostenible”:

- *“La consideración de las condiciones climáticas del entorno en que se construyen los edificios.*
- *La eficacia del uso de los materiales de construcción.*
- *La reducción del consumo energético.*

El cumplimiento de los requisitos de confort” (Fontcuberta, 2014)

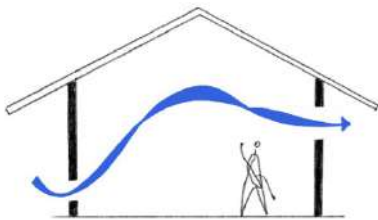
Estos Lineamientos y estándares son los que se han tomado como bases para el diseño de la propuesta de anteproyecto.

2.7.2. Estrategias de diseño para la arquitectura sostenible

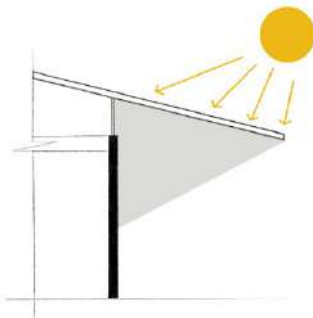
Para que un diseño arquitectónico sea sostenible, es necesario que este se adapte a las condiciones climáticas de la zona, buscando soluciones en donde el confort del usuario sea lo primordial. A continuación, se ilustrarán estrategias de diseño aptas para el clima húmedo tropical de Panamá, cuya información ha sido resumida del libro “Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales”¹⁹ de Koenigsberger, Ingersoll y Mayhew y Szokolay; y de las recomendaciones programa Climate Consultant 6.0.

Diagrama 04

Diagrama de estrategias de diseño sostenible.



Los espacios interiores de la vivienda deben permitir la ventilación cruzada para el intercambio de aire nuevo. Las aberturas de las ventanas deben estar al nivel del ser humano, cuanto mucho 2 metros de altura, esto permitirá refrescarlo. Se debe prestar atención a la dirección del viento para distribuir las ventanas exitosamente. No se recomienda el uso de ventanas de vidrio fijo.



Los aleros del techo deben ser de grandes dimensiones para proteger de los rayos solares y poder crear sombras dentro de la vivienda. Su superficie debe ser reflectora para que el calor no se acumule con facilidad dentro del hogar. Si es posible, se recomienda utilizar un aislamiento en su interior para reducir la temperatura.



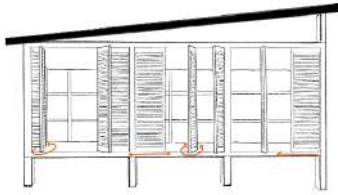
El techo amplio con grandes aleros funciona igualmente para las fuertes lluvias, proveyendo protección del agua y desviándola hacia las afueras del edificio. Se recomiendan grandes dimensiones para así evitar filtraciones en las paredes y el rápido deterioro de la edificación.

Nota. Tomado de: Elaboración propia.

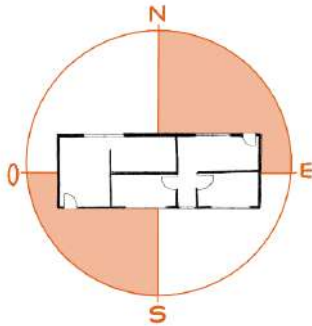
¹⁹ Pp.226-229

Diagrama 05

Diagrama de estrategias de diseño sostenible.



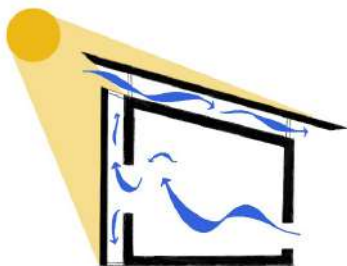
Se recomienda utilizar una envolvente ligera y móvil, de esta manera, la vivienda al ser flexible permitirá la entrada de los vientos y un control sobre los cambios de dirección de estos.



Se recomienda que la casa se distribuya a lo largo, que sus caras más alargadas sean dirigidas al norte y al sur. De esta manera, los rayos solares reflejarán mayormente hacia los lados más angostos, implementando grandes aleros, se le ofrece a la casa menos exposición directa al sol en la mayoría de las paredes. Las habitaciones pueden estar en una sola hilera para recibir la ventilación adecuada. Su entrada puede ser mediante un balcón o una galería para mejorar el flujo de aire.



Normalmente, la temperatura del terreno es igual que la del aire en su alrededor, para reducir esto en la vivienda, es recomendable alzarla mediante pilotes para que el aire circule por debajo y así enfríe el suelo de la edificación.



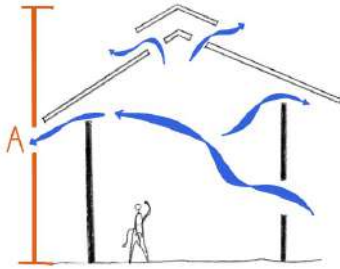
Al ofrecer una doble cubierta, la superior recibe los rayos solares y protección de la lluvia, mientras que la inferior, mediante un espacio de aire, permite refrescar el interior de la vivienda. Es recomendable el uso de materiales con una capacidad térmica baja.

Para las paredes funciona de la misma manera, la pared externa recibe la radiación directa, mientras la interna permanece con menor temperatura mediante un espacio de paso de aire.

Nota. Tomado de: Elaboración propia.

Diagrama 06

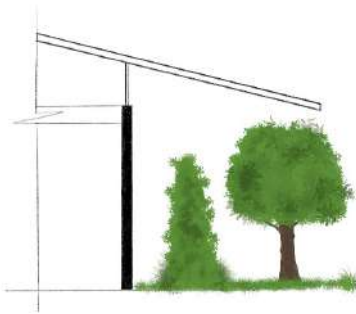
Diagrama de estrategias de diseño sostenible.



Al construir un techo de gran altura, permite que el aire caliente dentro de la vivienda suba y circule. Las aberturas en las cubiertas agilizan la ventilación y renovación del aire fresco. Con este método se puede reducir hasta 2°C en la temperatura del techo.



Al minimizar la cantidad de ventanas en el lado este y oeste de la vivienda, se evitan grandes entradas de calor ocasionada por la radiación solar.



Es recomendable incluir vegetación natural en el interior de la vivienda, como jardines internos, y en el exterior. De esta manera, el aire es purificado y refrescado, bajando la temperatura interior del edificio.



La utilización de persianas, parasoles o celosías, permiten la entrada controlada de la luz y la ventilación. Es importante utilizar este recurso con cautela, ya que la velocidad del viento es reducida, aunque es una mejor alternativa para emplear que una pared sin paso de aire.

Nota. Tomado de: Elaboración propia.

2.7.3. Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá

El Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá (RES) es un documento que establece las regulaciones y requisitos mínimos para promover en el país edificios de alto desempeño para así reducir el impacto negativo que causan las edificaciones en el ambiente.

A continuación, se resumirán factores que deben cumplirse para el tipo de anteproyecto que se propone de un modelo de vivienda:

- Se ofrecen 5 tipos de posibilidades a cumplir de variantes de medidas de eficiencia energética (EE):

Tabla 01

Tabla de Medidas del Reglamento de Edificación Sostenible.

Variantes de Medidas de EE- Residencial					
Parámetros	1	2	3	4	5
Paredes					
Valor U (W/m ² k)	-	-	0.8	-	-
Ventanas					
Valor U (W/m ² k)	5.60	5.25	3.80	-	5.60
Valor g	0.53	0.35	0.60	-	0.53
Proporción					
ventana-pared %	40%	40%	40%	30%	30%
Techo					
Valor U (W/m ² k)	0.50	1.04	1.04	0.50	-
HVAC					
COP %	3.0	-	3.0	3.0	3.1
Reducción					
EUI	15%	17%	16%	16%	15%

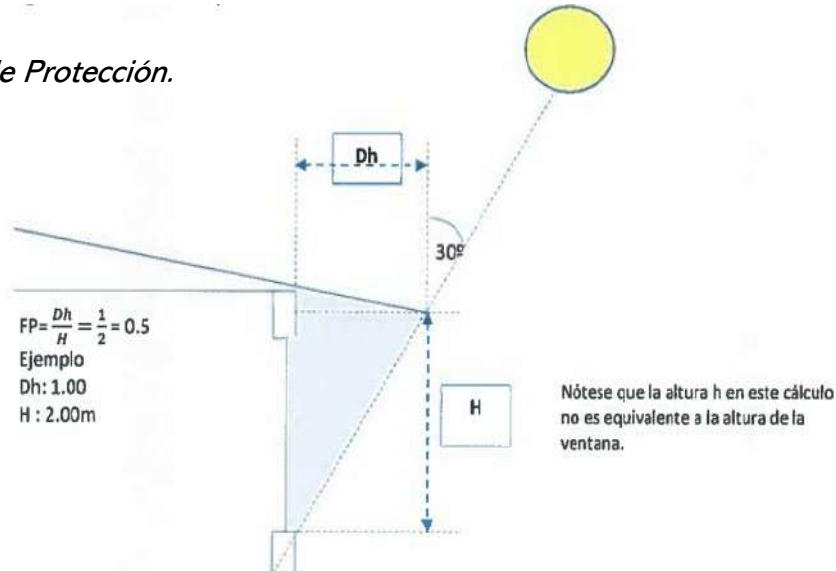
Fuente: SNE, 2018, Resolución N^o3980, Anexo II con modificaciones de la JTIA

Nota. Tomado de: JTIA. (2018). Reglamento de Edificación Sostenible. Gaceta Oficial. Edificación Sostenible.

- Es importante sacar el Factor de Protección (Dh/H), este refleja la cantidad de sombra que es proporcionada al edificio. Este cálculo se obtiene dividiendo la distancia horizontal del alero entre la altura del vano de la ventana con el antepecho superior.

Figura 68

Cálculo de Factor de Protección.



Nota. Tomado de Ministerio de Obras Públicas. (2019). *Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá* [Ilustración]. En Gaceta Oficial Digital, jueves 18 de julio de 2019 (p. 21).

- Para que los artefactos de agua utilizados en la vivienda sean considerados de bajo consumo, deben cumplir con estas especificaciones mínimas:

Tabla 02

Tabla del bajo consumo de agua.

Artefacto de Agua	Gasto (Consumo)
Lavamanos (residencial/privado)	5.7L/min
Lavamanos públicos	5.0L/min
Ducha	6.6 L/min
Inodoro	6 litros por descarga (Según la página web de Water Sense debe ser de 4.84 litros por descarga)
Urinales	1.9 litros por descarga
Fregador	6.6 L/min

Nota. Tomado de: JTIA. (2018). Reglamento de Edificación Sostenible.

*Se debe aclarar que estos son los números extradidos del reglamento, pero en el diseño se mostraran alternativas más eficientes según parámetros internacionales.

- Aunque no es obligatorio, se recomienda a las residencias contar con un espacio mínimo exterior cubierto de 1m^2 por cada 100m^2 para centro de acopio de reciclaje. Las divisiones deben estar señaladas en las categorías de:

- 1) Papel y cartón
- 2) Plástico
- 3) Aluminio y estaño

De igual manera, se podrán subdividir estas categorías en subcategorías como:

- 1) Estaño (Latas de metal)
- 2) Vidrio
- 3) Madera

*Puede considerarse la separación de Tetrapak, baterías y aceite igualmente. Estos centros de acopio no exoneran a la propiedad de incluir una tinaquera de desechos domiciliarios exigida por las autoridades municipales.

El área mínima de ventilación requerida de espacios habitables será del 4% del área neta ocupada pero no menor de 0.40m^2 . *“Cuando las aberturas estén cubiertas con ventanas, ornamentales o persianas, el área de ventilación se basará en la superficie libre sin obstrucciones a través de la abertura.”*²⁰

²⁰ Cita textual del reglamento (RES) P.47

- Para las edificaciones residenciales se pedirá el siguiente rango de valores:

Tabla 03

Rango de Especificaciones de residencias.

Residencial	Valor alto	Valor bajo
U de pared	4	0.8
U de ventana	5.8	5.25
g de ventana	0.87	0.35
FP Sur	0.3	0
FP Oeste	0.3	0
% de ventana pared	40%	30%
Techo	4.80	0.50
Aire Acondicionado	3.10	3.00

Fuente: SNE 2018

Nota. Tomado de: JTIA. (2018). Reglamento de Edificación Sostenible.

2.7.4. Usos de la arquitectura sostenible para la vivienda social

Habiendo ya conocido los parámetros y estrategias del diseño sostenible para las viviendas, se mencionarán 3 ejemplos de casas sociales sostenibles. Dos de estas viviendas son ganadoras del concurso Construye Solar en Chile, y la última es el producto de una asociación de un grupo de la Universidad Tecnológica de Panamá con la Western New England University en el Solar Decathlon. Las viviendas para mencionar son:

- **Casa S3**- Universidad del Desarrollo, Sede Concepción (Construye Solar)
- **Casa Cebolla**- Universidad de Chile (Construye Solar)
- **Casa SMART Panamáss**- Universidad Tecnológica de Panamá con New England University (Solar Decathlon)

2.7.4.1 Casa S³

Figura 69

Casa S³.



Nota. Tomado de Construye Solar. (2017). Casa S3 [Fotografía]. Apive. <https://apive.org/casa-ganadora-del-construye-solar-2017/>

Figura 70

Interior de la Casa S³.



NOTA. Tomado de Construye Solar. (2017b). Casa S3: sala de estar [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx/mx/870795/casa-s3-ganadora-del-construye-solar->

Este prototipo de vivienda social sostenible fue el ganador del concurso “Construye Solar”. Este desafío consiste en invitar a grupos de estudiantes y profesionales a diseñar y construir prototipos de viviendas que sean sociales y sustentables. (Construye Solar, 2018) El ganador es escogido tras varias pruebas de jurado y sensores especializados en las áreas de eficiencia energética, uso de agua, sustentabilidad, comunicación, bienestar, diseño urbano, arquitectura, ingeniería y construcción, innovación y funcionamiento de la vivienda.

El equipo de diseñadores ofreció una solución habitacional de dos pisos, buscaban ser inclusivos a diseñar la planta baja con criterios de accesibilidad universal. La casa con 55.00 m² con una posibilidad de crecer a 61.00 m² en la segunda altura, obtuvo un costo estimado de B/. 29,432.00 dólares americanos, ensamblada en 9 días, hecha de madera y paneles SIP.

Entre sus estrategias ambientales se presentaban:

Figura 71

Planta Arquitectónica nivel 00 de Casa S3



Nota. Tomado de Construye Solar. (2017c). Plantas Arquitectónicas Construye Solar [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/870795/casa-s3-ganadora-del-construye-solar-2017>

Figura 72

Planta Arquitectónica nivel 00 de Casa S3



Nota. Tomado de Construye Solar. (2017c). Plantas Arquitectónicas Construye Solar [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/870795/casa-s3-ganadora-del-construye-solar-2017>

1. Un sistema sustentable pasivo de chimenea de ventilación: El aire caliente sube por convección y sale por la puerta superior, en dónde se encuentra una ventana que regula la corriente y así evita la humedad interior y el sobrecalentamiento.

2. Sistema solar integrado: se integraron en el diseño sistemas solares activos, un sistema solar térmico y dos paneles fotovoltaicos, con una inclinación del 30° con orientación norte.
3. Captación de aguas de lluvias: Por medio de una cubierta recolectora de agua se buscó la manera de proveer a la casa agua durante el invierno optando por un ahorro de agua sanitaria. Los componentes utilizados son:
 - a. Superficie de cubierta: 7.32 m x 3.66 m = 26.79 m².
 - b. Pendiente mínima de 2%.
 - c. Terminación exterior: Geomembrana +DPE de 1mm, 100% hidrófuga.

El agua recolectada fue utilizada para el llenado del tanque del inodoro, riego del jardín y almácigos, lavado de objetos y limpieza de la terraza.

Entre otros componentes utilizados se encuentran²¹:

- Sistema solar térmico 120 litros, termosifón de 1.64 m x 99.00 m x 0.45 m
- Dos paneles fotovoltaicos de 260 w de potencia c/u de 1.64 m x 99 m x 0.45 m
- Huerto urbano
- Ventilación térmica convectiva
- Colector solar de aire
- Roller térmico
- Control solar: ángulo (60°) que permite tener ganancias térmicas en invierno y bloquear la radiación solar en verano
- Cubierta recolectora de aguas lluvias con membrana HDPE
- Sistema de acumulación de 500 L
- Aspersor de agua con termostato
- Bomba de calor

En los resultados obtenidos alcanzaron en las categorías lo siguiente:

1. Arquitectura: 82.90 pts.
2. Ingeniería y construcción: 45.35 pts.
3. Uso del agua: 56.40 pts.

²¹ Extraído directamente de: Construye Solar. (2018). Construye Solar: Primer Concurso de Vivienda Sociales Sustentable. Chile: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec.

4. Eficiencia energética: 78.03 pts.
5. Bienestar y comodidad: 80.84 pts.
6. Funcionamiento de la vivienda: 81.55 pts.
7. Comunicación y conciencia social: 72.89 pts.
8. Diseño urbano y asequibilidad: 68.48 pts.
9. Innovación: 69.73 pts.
10. Sustentabilidad: 91.10 pts.

En los resultados de desempeño medido obtuvieron:

- Uso de agua: 1320 L
- Balance energético kwh:
 - Producción: 3.57
 - Consumo: 20.17
 - Balance: -16.60
- Concentración de CO₂: 661.07 ppm

2.7.4.2. Casa Cebolla

Figura 73

Vista exterior de Casa Cebolla.



Nota. Tomado de Construye Solar. (2017d). [Casa Cebolla]. Viento Sur. <http://www.cvientosur.cl/web/2017/08/23/proyecto-de-u-de-chile-y-cvientosur-gana-2-lugar-en-evento-sustentable/>

Figura 74

Vista interior de Casa Cebolla.



Esta vivienda obtuvo el segundo lugar del concurso Construye Solar. Es una casa tipo rural de 57,7m² de interior, con un costo estimado de B/. 29,215.00 dólares americanos y ensamblado en 9,50 días. Diseñado con la posibilidad de ser ampliado sobre la terraza exterior. Como método innovador el diseño integra un invernadero que aporta 394,30 Kwh/m³ mes de energía para el invierno.

Figura 75

Planta arquitectónica de Casa Cebolla.



Nota. Tomado de U Chile FAU. (2017). Casa Cebolla [Ilustración]. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/868309/los-equipos-universitarios-de-construye-solar-2017-presentan-sus-innovaciones/58de6e9ce58ece48a300017b-los-equipos-universitarios-de-construye-solar-2017-presentan-sus-innovaciones-imagen>

La casa se conforma de tres módulos principales:

1. **Primer módulo:** es de la fachada norte en donde se encuentra el invernadero, también cuenta con casetones en las caras poniente y oriente.
2. **Segundo módulo:** siendo este el central, abarca el núcleo de servicios con todas las instalaciones de agua potable. Cuenta con paneles fotovoltaicos, alcantarillado y electricidad de la vivienda.
3. **Tercer módulo:** cuenta con la fachada sur, en donde incluyen casetones de almacenaje y ventanas en las 3 caras exteriores.

Los componentes principales del esquema del proyecto son:

1. **Malla de sombra:** ofrece una cubierta ventilada que refleja el calor de la radiación solar.
2. **Invernadero:** son parte de la envolvente de la casa, estos se abren para permitir ventilación cruzada entra las fachadas norte y sur.

En los resultados obtenidos alcanzaron en las categorías los siguientes:

1. Arquitectura: 106.50 pts.
2. Ingeniería y construcción: 36.58 pts.
3. Uso del agua: 30.32 pts.
4. Eficiencia energética: 71.59 pts.
5. Bienestar y comodidad: 63.27 pts.
6. Funcionamiento de la vivienda: 84.14 pts.
7. Comunicación y conciencia social: 71.50 pts.
8. Diseño urbano y asequibilidad: 85.20 pts.
9. Innovación: 66.95 pts.
10. Sustentabilidad: 87.70 pts.

En los resultados de desempeño medido obtuvieron:

- Uso de agua: 1,990.00 L
- Balance energético kwh:
 - Producción: 11.40
 - Consumo: 24.97
 - Balance: -13.57
- Concentración de CO₂: 723.05 ppm

2.7.4.3. Casa SMART: Un aporte panameño

Figura 76

Vista exterior de Casa SMART.



Nota. Tomado de [Casa Smart Panamass]. (2016). La Prensa.

https://www.prensa.com/imprensa/panorama/propuesta-sostenible-deficit-viviendas_O_4384061554.html

Figura 77

Maqueta de Casa SMART.



Nota. Tomado de Panamá América. (2015).

Maqueta final del proyecto Smart. [Fotografía]. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/estudiantes-panamenos-participan-del-decathlon-solar-en-cali-colombia-999139>

Este modelo fue desarrollado por un grupo de estudiantes y profesores panameños de la Universidad Tecnológica de Panamá junto a la colaboración del New England University para la competencia de vivienda social sustentable en Colombia: Solar Decathlon (2015).

La competencia, creada en el 2000 por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, evaluaba las categorías de arquitectura, ingeniería y construcción, eficiencia energética, consumo energético, confort, funcionamiento, marketing y comunicaciones, diseño urbano y factibilidad, innovación y por último sostenibilidad. El diseño panameño obtuvo el primer lugar en eficiencia energética y el tercero en balance energético.

La vivienda de 75.00 m², está construida principalmente con 4 contenedores marítimos. Se compone de tres habitaciones, un baño, sala comedor y cocina. Su diseño modular le permite que sea relocalizado en cualquier sitio. Con 7 paneles solares lograron producir 25 kwh de energía y el techo de la casa recolecta el agua de lluvia para su apropiado uso.

Figura 78

Planta arquitectónica de Casa SMART.



Nota. Tomado de Panamass UTP. (2015). Planta arquitectónica [Ilustración]. En Team Panamass.

2.8. ¿Qué es el desarrollo sostenible?

Según el Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá el desarrollo sostenible es: *“El que conduzca el crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriora el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades”*

El desarrollo sostenible busca resolver las necesidades de las generaciones presentes sin afectar negativamente a la futura. Es una relación con el entorno económico, social y ambiental.

2.8.1. Criterios del desarrollo sostenible

La Organización de las Naciones Unidas desarrolló un programa llamado Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Con esta agenda se quiere reconocer el derecho de una vivienda adecuada y la reducción de asentamientos informales como fundamento básico para una urbanización sostenible e inclusiva. En el programa se ofrecen 17 objetivos del desarrollo sostenible y como la arquitectura puede influenciar para el aporte de estos. A continuación, se mencionarán:²²



La vivienda provee condiciones que ayudan aliviar la pobreza extrema y otros niveles de pobreza. Se debe garantizar que los pobres y vulnerables tengan el mismo derecho a recursos económicos y servicios básicos como el resto de la población. De la misma manera, se debe reducir el riesgo, exposición y vulnerabilidades de los fenómenos climáticos.



La vivienda si está localizada en espacios de usos mixtos con la presencia de abastos, esta puede aportar significativamente para el acceso a una alimentación nutritiva, sana y suficiente para el individuo. Si la vivienda está equipada y aporta de elementos para garantizar la salud alimenticia y la cocción de los alimentos, puede indirectamente aportar a la disminución de la malnutrición



Las instalaciones adecuadas y bien construidas de una vivienda pueden contribuir significativamente a la reducción de la tasa de mortalidad materna de bebés recién nacidos y niños menores de 5 años. Las viviendas pueden aportar a la reducción de enfermedades y al bienestar físico y mental si estas están adecuadas con instalaciones de calefacción, ventilación y con suficiente espacio.

²² Las imágenes utilizadas de los 17 objetivos del desarrollo sostenible son derechos reservados de la ONU, la información descriptiva ha sido resumida del documento: Vivienda y ODS en México (ONU-Habitat & INFONAVIT, Vivienda y ODS en México, 2018)

4 EDUCACIÓN DE CALIDAD



© ONU

La estratégica localización de la vivienda permite estar en cercanía con los centros educativos para el desarrollo de la primera infancia, la educación preescolar, centros de formación profesional y otras instituciones educativas que tengan en consideración las necesidades de los niños, personas con alguna discapacidad y que no haya segregación de género ni color.

5 IGUALDAD DE GÉNERO



© ONU

Las necesidades de niñas y mujeres son consideradas para la vivienda sostenible, ya que se vela por su proceso de desarrollo personal y la oportunidad de tener un mejor nivel de bienestar, remediando errores de exclusión de derechos que se hicieron en el pasado. Esto favorece a la eliminación de la violencia contra la mujeres y niñas. Además de otorgarle el acceso a control de tierras y otros bienes por medio de servicios financieros.

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



© ONU

La vivienda con instalaciones adecuadas de agua y tratamiento contribuye directamente a poder alcanzar el uso equitativo del agua y el acceso universal. Se mejora los servicios de higiene y saneamiento, a la calidad del agua, se reduce la contaminación y se incrementa el uso adecuado de los recursos hídricos. Se hace de gran ayuda a restablecer los ecosistemas hídricos si la vivienda esta adecuadamente localizada y fuera de zonas de alto valor ecológico y de riesgo.

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



© ONU

Si la vivienda está equipada con tecnologías para el uso eficiente de los recursos, se logra un acceso universal a servicios energéticos asequibles, modernos y fiables. Esto ayuda a aumentar la proporción de energía renovable y la mejora de la eficiencia energética. De manera indirecta se puede contribuir a la consolidación de infraestructura para la prestación de servicios energéticos modernos si la cooperación internacional en el sector de la vivienda facilita el acceso a la investigación y tecnologías relativas a la energía limpia.



Indirectamente el sector de la vivienda permite contribuir a condiciones de trabajo inclusivo y al pleno empleo que ayudan a eliminar el trabajo forzoso e infantil. La vivienda sostenible promueve en sus procesos de construcción el trabajo decente y el impulso de nuevos sectores de la economía. Incluso fomenta a la integración de nuevas tecnologías y la innovación.



Se favorece a la inclusión de las pequeñas industrias cuando la vivienda se construye de una manera innovadora. La modernización de las industrias, el aumento de la investigación científica, el desarrollo de tecnologías y la innovación permiten alcanzar el desarrollo de infraestructuras sostenibles, resilientes y de alta calidad.



El acceso a una vivienda sostenible para la población más vulnerable contribuye directamente a mejorar sus ingresos y promover la inclusión social, política y económica de todas las personas. De una manera, indirecta permite alcanzar la igualdad de oportunidades y reducir la desigualdad en los resultados. La vivienda es un elemento básico de la sociedad que determina la calidad e igualdad de vida de las personas.



“El derecho a la ciudad es el derecho de todas y todos los habitantes a ciudades justas, inclusivas y sostenibles” (ONU-Habitat, 2016a). La vivienda sostenible aporta directamente a garantizar el acceso a servicios de necesidad básica a todas las personas, a sistemas seguros de transporte público, asequibles, sostenibles y accesibles, y ofrecer el patrimonio natural y cultural del mundo. De igual manera, mejora la seguridad de las ciudades y el mejoramiento económico y social de los ciudadanos.



La vivienda que está construida mediante tecnologías y materiales de construcción sostenibles producidos localmente permite lograr un uso más eficiente de los recursos naturales y la gestión racional de los productos químicos y desechos. Esto permite que se reduzcan los desechos en la construcción y que las empresas adopten actividades sostenibles. Con estas acciones las personas cuentan con más información sobre el desarrollo sostenible que pueden poner en práctica en sus estilos de vida y vivir en armonía con la naturaleza.



La vivienda juega un papel importante en la reducción de riesgos derivados del cambio climático mediante un uso más eficiente de los recursos a lo largo de su ciclo de vida. La vivienda adecuada posee condiciones clave para reducir la vulnerabilidad de las comunidades frente a fenómenos ambientales, principalmente por medio de su buena localización en zonas libres de riesgo.



Una vivienda localizada adecuadamente fuera de las zonas de riesgo o de alto valor ecológico, con una buena infraestructura hídrica y saneamiento, aporta directamente a reducir la contaminación marina y a proteger el ecosistema costero y marino. Esto de una forma más indirecta minimiza los efectos de acidificación de los mares y conserva las zonas marinas y costeras.



Al construir la vivienda fuera de los sitios no adecuados favorece la conservación de ecosistemas terrestres y de agua dulce, los sistemas montañosos y la gestión sostenible de los bosques. Y de forma indirecta una vivienda localizada adecuadamente permite la rehabilitación de los suelos degradados, reduce la desertificación y disminuye la degradación de los hábitats naturales.



Se contribuye de manera directa a la reducción de las formas de violencia y mortalidad en el mundo con la formulación e implementación de las políticas de viviendas inclusivas y sostenibles. Esto garantiza la toma de decisiones inclusivas, representativas y participativas que atiendan las necesidades de todas las personas, como promover la aplicación de leyes y políticas no discriminatorias en dirección del desarrollo sostenible.



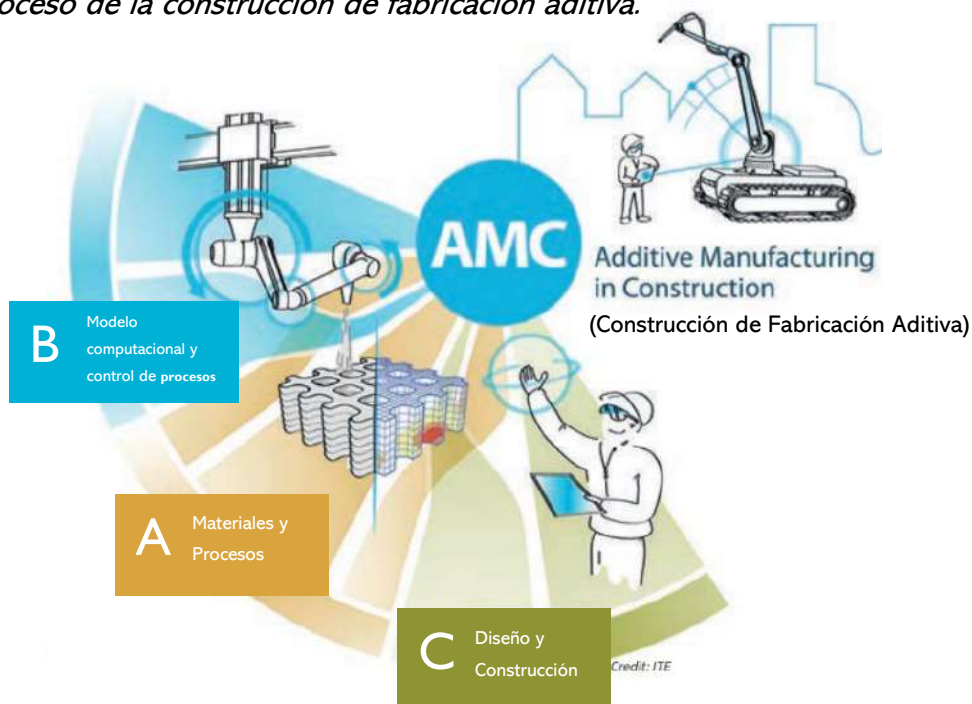
Una efectiva implementación y formulación de las políticas y leyes de la vivienda aporta indirectamente a la movilización de recursos internos con el objetivo de mejorar la capacidad nacional para recaudar ingresos fiscales. La generación de alianza multisectoriales para el desarrollo de la vivienda contribuye directamente con la coherencia de las políticas públicas para el desarrollo sostenible, en metodologías que permitan medir su avance y en el apoyo de alianzas eficaces.

2.9. ¿Qué es la impresión 3D en la arquitectura?

La impresión 3D es un proceso en el que los objetos físicos son creados mediante la adición de material en donde este se desplaza y se apila capa por capa en que su diseño fue basado y modelado de manera digital. Este sistema lleva por nombre en inglés “Additive in Manufacturing Construction” o en español “Construcción de Fabricación Aditiva”. El proceso de impresión 3D requiere que software, hardware y materiales trabajen a la par. (Sakin & Kiroglu, 2017)

Figura 79

Proceso de la construcción de fabricación aditiva.



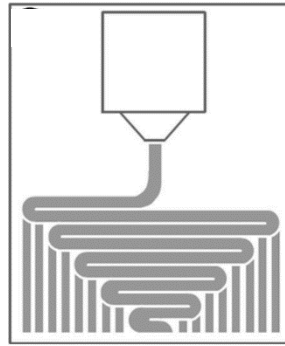
Nota. Tomado de AMC. (s. f.). ABOUT AMC TRR 277 [Ilustración]. AMC TRR277. <https://amc-trr277.de/trr-277-mission/>

En los últimos años en la arquitectura, este proceso se ha utilizado para la construcción de edificaciones e infraestructuras. Se ha implementado de manera prefabricada, donde se imprime en fábrica los elementos de la arquitectura y se ensamblan en el lugar, o en sitio donde la impresión de grandes dimensiones vierte el material y capa por capa levanta las paredes de la edificación y otros elementos arquitectónicos.

Esta tecnología permite experimentar con distintos materiales, permitiendo construir aditivamente con metales, plásticos, cerámicas, resinas, espumas, adobe, geopolímeros y entre los más populares el concreto modificado de rápido secado.

Figura 80

Gráfico explicativo de la fabricación aditiva.



Nota. Tomado de Tipos de fabricación aditiva (C). (s. f.). [Ilustración]. En Aplicaciones biomédicas actuales de la impresión 3D y fabricación aditiva (Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros ed., p. 2).

2.9.1. Uso y funcionamiento del sistema constructivo

La impresión 3D en la arquitectura se compone mayormente de dos fases:

1. La fase de planeamiento y diseño: en donde los diseñadores crean modelos 3D digitales de edificios o estructuras, ya sea en plataformas BIM u otros programas parecidos, y utilizan el programa de transferencia de las impresoras 3D para volverlo físico.
2. La fase de construcción: En donde los diseñadores utilizan impresoras de gran tamaño para imprimir edificios de escala real con requerimientos funcionales y estructuralmente seguros. (Luo, Ma, & Yin, 2020)

Unos de los archivos más utilizados para la impresión 3D, que interpreta la información digital a una estructura física, son los archivos STL. La mayoría de los programas de modelado 3D permiten la exportación a este archivo. El STL por sus siglas en inglés “Stereo Lithography” (Estereolitografía) es un formato de transmisión de data que es conocido por su adaptabilidad de reconocer las formas. El formato aproxima las superficies o caras del modelo en forma de triángulos, entre más curvo es el modelo

más triángulos poseerá. (Sakin & Kiroglu, 2017) La impresora 3D detecta la geometría triangular y lo traduce en el vertimiento del material para la composición arquitectónica

El archivo luego de ser interpretado por el sistema de la impresora, en donde el programa “rebana” el modelo en capas horizontales, la máquina empieza a verter la mezcla del material que se compondrá la arquitectura en el suelo. Luego que es dibujado el contorno del edificio, la sección de él o la pieza prefabricada, la impresora procede a realizarlo nuevamente, pero en una segunda capa. Así se va añadiendo hasta que capa por capa se llega a la altura deseada del modelo a construir.

Figura 81

Modelo explicativo de impresión 3D en paredes de una casa.



Nota. Tomado de Apis Cor. (2020, 13 febrero). [Apis Cor 3D printing]. Apis Cor. <https://mobile.twitter.com/ApisCor3D/status/1227846462270136321/photo/1>

Hay ciertos momentos en la impresión que se necesitan de la intervención humana, por ejemplo, en los vanos de las puertas y ventanas, ya que la impresora siempre necesitará una superficie para imprimir. Si esta imprime en el aire, el material se esparcirá y no será agregado a ninguna capa formada con anterioridad. Es por eso por lo que usualmente se colocan estructuras en los vanos de puertas y ventanas (sean tablas o láminas de metal) para que la impresora continúe con su impresión encima de estos. También otra solución para el problema sería lo que denominaremos: “Impresión por Sección”, ideado por Apis Cor. En donde la máquina, habiéndose diseñado el modelo digitalmente con anterioridad, imprime superficies en el aire por medio del vertimiento diagonal del material, en donde la capa anterior se ubica por milímetros atrás, la capa próxima es colocada un poco más adelante, sin que se escurra el material; y así la

máquina puede imprimir en el aire, siendo la capa anterior apoyo estructural de la próxima. Aunque este método aún está en fase experimental.

El método de “Impresión por Sección” fue elaborado por la compañía de impresión 3D Apis Cor. Ellos vieron la problemática de la impresión horizontal, ya que se añadía un material de soporte, o se imprimía el techo o losa deseada de manera independiente y se anexaba a la estructura, pero estas dos opciones consumían más tiempo. Con esta alternativa se concede nuevas posibilidades de diseño para que la arquitectura fuese más rápida, segura para el usuario y el constructor utilizando este sistema (Apis Cor. s.f.). Es importante mencionar que es una posibilidad futura pero que actualmente la tecnología no ofrece esta opción.

Figura 82

Modelo explicativo de impresión 3D en paredes de una casa.



Nota. Apis Cor. (s. f.). [Impresión de losa]. Apis Cor. <https://apis-cor.com/>

Usualmente las paredes impresas son estructurales, con espacios de aire en el medio para permitir el enfriamiento natural del mismo, siendo el aire un aislante efectivo. Compañías, como Wasp 3D han aprovechado estos vacíos para rellenar con cascara de arroz algunos vacíos, así facilitando el aislamiento térmico del edificio. De igual manera, si es necesario, la máquina permite imprimir columnas, escaleras y cualquier otro tipo de elemento estructural que se necesite en la edificación; ya sea en sitio o en un taller para ser transportada las piezas en obra.

2.9.2. Métodos de impresión 3D

En el mundo de la impresión 3D en la construcción, se observan mayormente dos maneras de trabajar en la cual en este documento la denominaremos como el “Método In Situ” y el “Método Prefabricado”. Es importante mencionar que se estudiaron diversos proyectos de impresión 3D, las distintas maquinas que ofrecen mercados, se vieron videos explicativos del funcionamiento de cada maquina y se concluyeron estos dos métodos.

El Método in Situ

En este sistema, la impresora extruye el material directamente en el área donde se edificará la arquitectura, en la cual no requiere de transporte de las piezas impresas. A medida que se van imprimiendo las capas se suelen colocar los refuerzos estructurales y las instalaciones como plomería y electricidad. Las vigas, losas y techos no pueden ser impresas bajo este método, ya que la impresora no se le es posible imprimir en el aire, lo cual usualmente es acompañado con el método de construcción tradicional para elaborar este tipo de estructuras. La impresora hace el trabajo de edificar un 45%²³ del edificio, ya que mayormente imprime los muros, fundaciones y columnas de este. Es el tipo de método de impresión 3d más popular, ya que no requiere de una grúa para mover las paredes.

Figura 83

Método de impresión 3D In situ.



Figura 84

Método de impresión 3D In situ, vista aérea.



Nota. Tomado de Gross, J. (2021, 22 enero). *Printed Farms First Building ft. COBOD BOD 2 [In FLORIDA!!]* [Fotografía]. Jarett Gross. <https://www.youtube.com/watch?v=pS5OgZkf74Q>

²³ El porcentaje se extrajo del documento otorgado directamente de la compañía de las impresoras 3D COBOD llamado: “COBOD: Desing Examples” pág. 26. (COBOD, 2021)

Método Prefabricado

Este método es el que permite poder imprimir muchas más partes de la estructura arquitectónica. La compañía china Win Sun ha sido uno de los precursores más fuertes en utilizar este sistema. Consiste en imprimir, cerca del sitio o en un taller, separadamente las piezas de la edificación como si se hablase de un rompecabezas. Luego con ayuda de una grúa se van instalando en el sitio los diferentes módulos impresos para así formar el edificio. De igual manera, que en el método In Situ, se puede colocar los refuerzos e instalaciones a medida que se va imprimiendo, con la diferencia que, durante la instalación de los módulos impresos, estos refuerzos y tuberías deben conectarse a medida que se va armando la edificación. Con este método es posible imprimir vigas, losas y techos ya que solo dependería como se diseñan las piezas para que luego embonen entre sí durante la instalación. Esto facilita la impresión de un segundo piso, ya que ambos niveles se pueden imprimir en un solo modulo. (Ver PIC_85 y 86).

Figura 85

Método de impresión 3D Prefabricado.



Figura 86

Impresión 3D Prefabricado.



Nota. Tomado de [Impresión 3D]. (s. f.). Designboom. <https://www.designboom.com/technology/3d-printed-houses-in-24-hours-04-24-2014/>

2.9.3 Tipos de impresora²⁴

Según las especificaciones otorgadas por la compañía de impresión 3D COBOD: *“existen 2 modelos (de impresoras 3D) específicos que están actualmente dominando en la industria:*

- *Impresoras de Tipo Pórtico (Gantry-type 3D printers): Impresoras usadas mayormente para construcciones grandes y en sitio.*
- *Impresoras de Brazo Robótico: Usada mayormente para pequeños y más complejos componentes.” (COBOD, 2021)*

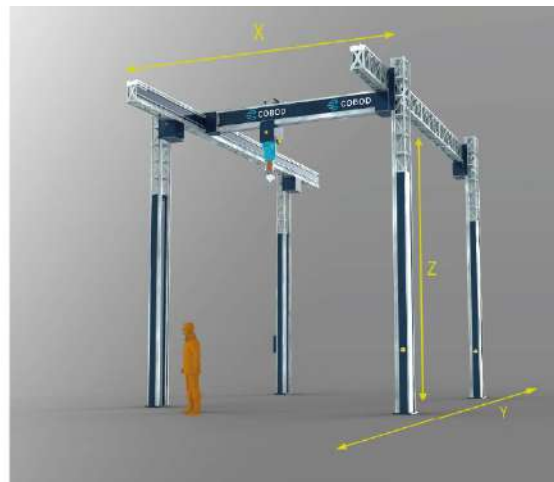
Figura 87

Impresora de brazo robótico



Figura 88

Impresora de tipo pórtico



Nota: Tomada de: COBOD C. (2021).
[Descripción de brazo robótico]. COBOD.

Nota: Tomada de: COBOD C. (2021).
[Descripción de impresora tipo pórtico]. COBOD.

Las impresoras de tipo pórtico operan en 3 dimensiones, en donde la impresora se mueve de lado a lado, adelante y atrás y de arriba abajo. (Similar al funcionamiento de una impresora 3D de filamento plástico utilizados usualmente para productos a pequeña escala.) Este tipo de impresora para la construcción, tienen 4 o 2 ejes Z montado en rieles, 2 ejes Y y 1 eje X. El documento de COBOD menciona: *“El eje X se*

²⁴ Información resumida de las especificaciones de la BOD2, otorgada por la compañía COBOD. (COBOD, 2021)

mueve a lo largo del eje Y, que es la segunda dirección. El eje Y (manteniendo el eje X) se mueve de arriba abajo en las columnas del eje Z, la cual es la tercera dirección.”

Este principio le permite a la impresora acceder a cualquier posición para imprimir los elementos dentro del área imprimible, que es el espacio donde la maquina tiene la capacidad de extruir el material. El espacio imprimible es un poco menor al espacio que ocupa la impresora.

El funcionamiento de la impresora de brazo robótico es muy diferente al antes descrito. Por lo general suele ser un brazo robótico articulado con movimientos adicionales, en donde la maquina imprime enfrente de ella y con un ancho de impresión de 1 a 1.5 metros. Al ser impresiones pequeñas, es necesario utilizar mezclas de muy rápido secado con un costo superior a las mezclas de impresión 3D tradicionales. Si se desea imprimir piezas grandes, se debe mover la maquina y ser recalibrada para continuar su impresión. Lo cual es demorado y dificulta el proceso de la impresión. La ventaja de este modelo es que permite desarrollar formas y patrones más complejos y con mayor detalle.

Figura 89

Impresión detallada en tipo brazo robótico.



Nota. Tomada de: Printhuset. (2018). [The BOD 2 - Specifications]. Printhuset 3D.

Figura 90

Casa de dos pisos impresa en tipo portal.



Nota. Tomada de: The B1M. (2020). [Why this 3D-printed house will change the world]. The B1M. <https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA&t=102s>

Para comprender mejor los alcances de cada tipología de impresoras 3D, la compañía de impresión 3D, COBOD, nos proporcionó un cuadro explicativo:

Tabla 04

Tipologías de impresoras

	Impresora tipo Portal	Impresora tipo Brazo Robótico
Ubicación óptima/típica	En sitio	Fuera del sitio
Volumen impreso	Alto	Bajo
Decisión de compra	Costos y formas libres	Formas libres y necesidades especiales de los clientes.
Promesa a la industria	Edificios enteros en sitio, alta productividad, calidad repetible.	Elementos únicos y complejos fuera del sitio, alta agilidad, geometría compleja.
Competidores en el mercado actual	Contratistas generales (poca habilidad)	Contratistas especializados (alta habilidad).

Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Tipologías de impresoras .

Viendo las diferencias de cada modelo, se puede concluir que la impresora de tipo portal es mucho más eficiente para la escala del proyecto de un modelo de vivienda sostenible. Dado que puede imprimir piezas mucho más grandes.

2.9.3. Sección de pared

La impresión 3D ofrece distintas alternativas de diseños de muros., si hablamos de su forma estructural. Usualmente, los muros impresos poseen patrones internos con áreas huecas y rellenas para ahorrar en material y según. Según su forma, pueden ofrecer estructura un soporte estructural a los elementos. De igual manera, entre los espacios se pueden introducir aislamientos térmicos, o incluso rellenar con más concreto posteriormente. Ciertamente se pueden ofrecer existen infinitudes de posibilidades para los patrones dentro de la pared en donde se debe consultar siempre con un ingeniero estructural. A continuación, se mostrarán algunos ejemplos de sección de

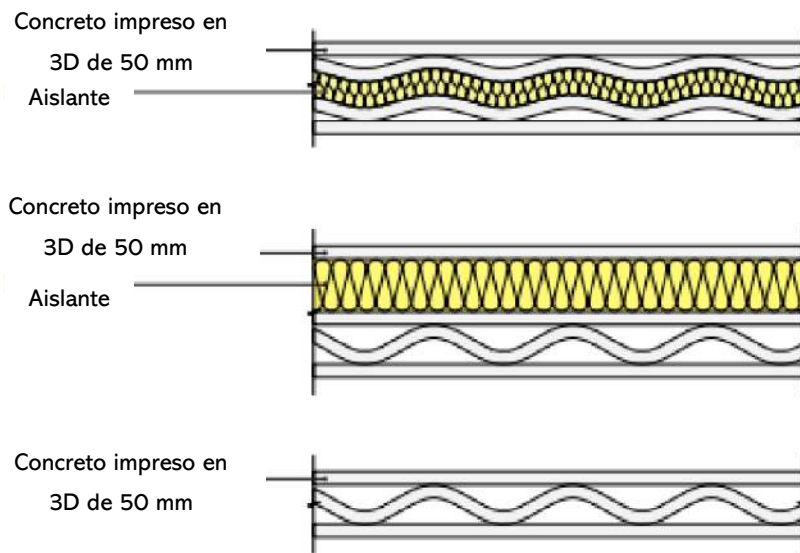
pared, todos estos proporcionados y experimentados por la compañía COBOD (COBOD, 2021).

Pared tipo serpiente

Este tipo de pared crea secciones de paredes curvas internas que actúan como un elemento estructural. Dentro de estas curvaturas se le pueden colocar aislamientos térmicos, o también en una de sus capas exteriores.

Figura 91

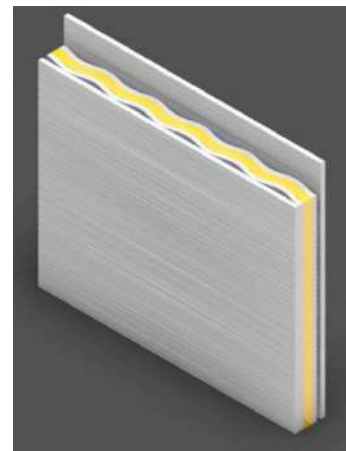
Sección de pared tipo serpiente.



Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Ejemplos de diseño.

Figura 92

Isométrico de sección tipo serpiente

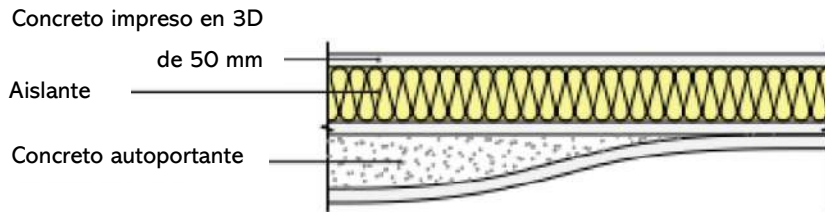


Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Ejemplos de diseño.

Pared tipo a la medida (“bespoke”)

Figura 93

Sección de pared tipo a la medida.



Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Ejemplos de diseño.

Figura 94

Isométrico de sección tipo a la medida.



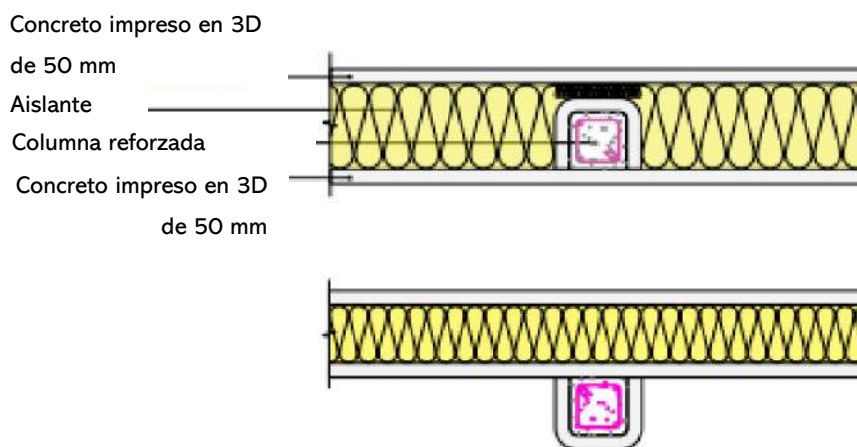
Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Ejemplos de diseño.

Consiste en una pared trasera de concreto auto portante con una capa delantera de aislante.

Pared tipo hueca con sistema estructural

Figura 95

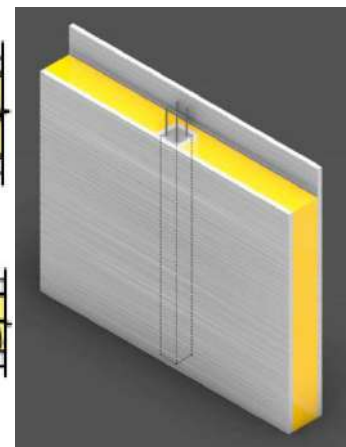
Sección de pared tipo hueca con sistema estructural.



Nota. Tomada de: COBOD. (2021). Ejemplos de diseño.

Figura 96

Isométrico de sección tipo hueca con sistema estructural.



Consiste en un muro hueco con columnas integradas. Entre la capa exterior e interior se le puede colocar un aislante térmico. El manual explica que: *“La integración de columnas hace posible aplicar cálculos de cargas basados en la colocación de la columna (lo cual es más sencillo ser aprobado por las autoridades locales, ya que la columna actúa como un elemento tradicional de carga portante).”* (COBOD, 2021)

2.9.4. Electricidad y tuberías

Figura 97

Espacio de la acometida de agua potable.



Figura 98

Espacio de la acometida eléctrica.



Nota. Tomada de: The B1M. (2020, December 16). [Why This 3D-Printed House Will Change the World.] <https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA>

Las instalaciones eléctricas y plomerías se colocan a medida que la impresora va extruyendo los muros. Ya sea si se trabaja con el método in situ o el prefabricado, a medida que se adhieren las capas a la altura deseada, se colocan tubos, cajas o láminas para crear las acometidas eléctricas y de plomería. Una opción también es con un palaustre abrir un hoyo mientras que el concreto no se ha endurecido por completo. El resto de las tuberías eléctricas y pluviales se introducen en los espacios vacíos dentro del muro.

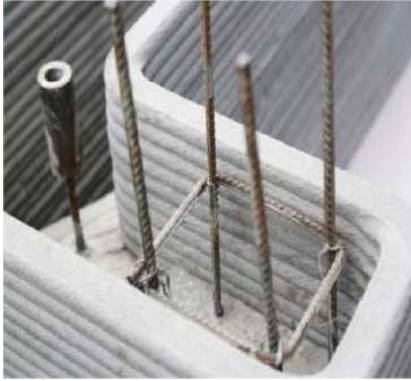
2.9.5. Refuerzos

Existen diversas maneras en que se resuelve el sistema de refuerzo estructural en la impresión 3D. Si se imprime con el método in situ entre capas se suele colocar pines metálicos para mantener la integridad del muro. En el método prefabricado se pueden colocar mayas electrosoldadas. Como cualquier pared es necesario instalar estribos a cada cierta distancia al igual que en las columnas. Al imprimirse, las capas se van instalando y amarrando las barras estructurales simultáneamente dentro de las

paredes, estas también pueden rellenarse de concreto si el ingeniero estructural lo ve necesario.

Figura 99

Refuerzo estructural de columna impresa.



Nota. Tomada de: Brittney Severson. (2015, January 18). Shanghai-based WinSun 3D Prints 6-Story Apartment Building and an Incredible Home. 3dprint.com. <https://3dprint.com/38144/3d-printed-apartment-building/>

Figura 100

Refuerzo para las capas de maya electrosoldada.



Nota. Tomada de: Lucy Wang (Ed.). (2014, June 4). Chinese Company Assembles 10 3D-Printed Concrete Houses in a Day for Less Than \$5,000 Each. INHABITAT. <https://inhabitat.com/chinese-company-assembles-ten-3d-printed-concrete-houses-in-one-day-for-less-than-5000->

Figura 101

Refuerzo con pines entre capas para muro impreso.



Nota. Tomada de: The B1M. (2020, December 16). Why This 3D-Printed House Will Change The World. <https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA>

2.9.6. La sustentabilidad en la impresión 3D

La impresión 3D ha sido un gran paso positivo ante la sustentabilidad en la construcción. Las casas pueden ser edificadas basadas en el ciclo de vida del material utilizado, respetando y cuidando el ambiente en donde fue extraído. De igual manera, permite construir, de una forma más segura, que el método tradicional, edificios con formas complicadas lo que se ha convertido en una ventaja (Sakin & Kiroglu, 2017). La innovación de materiales para la impresión permite la flexibilidad de utilizar mezclas con poca huella de carbono.

La impresión 3D ofrece múltiples beneficios, una de las más grandes ventajas obtenidas por este sistema es: La reducción de costos, la disminución significativa de desperdicios de materiales, el descenso de accidentes y fatalidades en la construcción y el ahorro en el tiempo al edificar.

En el escrito “A Global Sustainability Perspective on 3D Printing Technologies” se comparte que:

“Las calculaciones en modelos mostraron que para el 2025, la fabricación aditiva tiene el potencial de reducir los costos de producción por 170-593 billones de dólares americanos, el suministro total primario de energía por 2.54-9.30 EJ y las emisiones asociadas de CO₂ por 130.5-525-5 Mt.” (Gebler, Uiterkamp, & Visser, 2014)

Como la diversidad de materiales y métodos se reducen, ya que un edificio puede ser impreso mayormente, el costo de la edificación es reducido. También tomando en cuenta que la cantidad de personal que intervienen en la obra se reducen significativamente, reflejándose como un ahorro en el presupuesto del proyecto. El transporte y almacenaje del material es reducido y menor a comparación a métodos tradicionales. La construcción es más amigable con el ambiente, ya que la mezcla utilizada puede ser sustraída de materiales naturales de baja producción de energía. Al ser el material agregado con una precisión robótica, el desperdicio en sitio disminuye significativamente, siendo un 30%-60% menor a la construcción convencional, una reducción al costo de obra de 50%-80% (Sakin & Kiroglu, 2017) y desde un 30% en disminución en la producción de dióxido de carbono, según el “Environmental Product Declaration” (Digital Concrete, 2020).

Al ser un método casi autónomo, con poca intervención de los usuarios, aumenta la seguridad en la construcción, siendo esta una de las profesiones más peligrosas y con uno de los mayores números de fatalidades. Los procesos constructivos son reducidos, el trabajo robotizado permite que las edificaciones se construyan sin necesidades de pausas o descansos, haciendo la construcción mucho más rápida. Los métodos de construcción húmedos son disminuidos así que los procesos edificativos generan menos desperdicios y polvo comparado a lo tradicional (Sakin & Kiroglu, 2017).

Una de las dudas más alarmantes que trae esta tecnología es la disminución de empleos. Ya que, al reducir los trabajadores involucrados en el proceso constructivo, se pierden plazos de trabajos que afectan de alguna manera en la economía del país.

Respondiendo esta interrogante en el artículo “Additive Manufacturing Technology and its Implementación in Construction” los autores explican que:

“La construcción de fabricación aditiva todavía genera un justo escepticismo que se dirige a la pérdida de empleos. A lo mucho que esto puede ser cierto; también está predicho que los trabajos de producción tradicional no se perderían, pero, de hecho, reemplazados por nuevos y más calificados con una firme implementación en la tecnología de fabricación aditiva en la industria de la construcción y con grupos de personas siendo potencialmente contratados para más actividades creativas.

Complementariamente, está previsto que el advenimiento de estas nuevas tecnologías permitirá, no solo una mucha más igualdad de género en la industria, pero también una mejora cuando venga a asuntos de salud y seguridad, reduciendo drásticamente accidentes en el trabajo y extendiendo el período activo de los trabajadores.” (Ghaffar, Corker, & Fan, 2018)

Como cualquier innovación que ha ocurrido en la historia, la humanidad ha tenido que adaptarse a una nueva manera de trabajar. Un ejemplo es la llegada del celular. Anteriormente, con el teléfono en cable había grandes plazas de empleo con operadores que interceptaban las llamadas y hacían las conexiones. Hoy, las computadoras han obtenido esta tarea, pero han nacido nuevas profesiones como desarrolladores de programas, ingenieros electromecánicos hasta incluso embajadores de redes sociales. La construcción es un área en donde realmente se debe innovar, ya

que los diseños se vuelven cada día más complicados de construir y es responsabilidad de todos cuidar la vida del personal en obra. Definitivamente nuevas profesiones y técnicos se desarrollarán con la nueva tecnología de impresión 3D. Es posible que se reduzcan el número de ebanistas o carpinteros en la construcción industrializada, pero surgirán nuevos técnicos en reparación y producción robótica, inspectores, químicos de materiales constructivos, gerentes de productos, programadores, diseñadores o supervisores de la impresión 3D.

2.9.6.1. Beneficios y retos de la impresión 3D

Es usual que las nuevas tecnologías presenten grandes beneficios, pero también deficiencias que se transforman en un reto a superar en el futuro. La impresión 3D tiene muchas cualidades positivas y también ciertas fallas que deben ser mejoradas. A continuación, se presentará un cuadro comparativo de los beneficios y retos de la impresión 3D.²⁵

Tabla 05

Cuadro de Retos y Beneficios de la Impresión 3D convencional.

Beneficios:	Retos:
Ahorro en el tiempo de construcción, un ahorro en la duración hasta de un 50%. (Luo, Ma, & Yin, 2020)	Certificación y legalización de nuevos materiales en la impresión.
Reducción de costos de transporte de materiales (si el edificio se imprime en sitio)	El costo del transporte de la impresora, dado a su gran tamaño, puede ser costoso.
Reducción de desperdicio de material, solo se utiliza material requerido.	Actualmente, un número limitado de materiales se han utilizado, aunque se continúa con la experimentación en

²⁵ Para la realización de la tabla se obtuvo la información de los documentos: “Application and Research on Building 3D printing, 3D Printing of Buildings”, “Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM” y “Additive Manufacturing Technology and its Implementation in Construction as an Eco-Innovative Solution”

materiales y la capacidad de mezclarlos en obra.

Libertad en el diseño y la posibilidad que sea más eficiente e interesante.	Las impresoras pueden ser muy grandes, por ende, es difícil y costoso colocarlas en sitio ²⁶
Los edificios pueden ser más resistentes y duraderos.	Las uniones y techos deben ser diseñados y supervisados con atención, ya que mal elaborados, pueden presentar filtraciones o fallas estructurales.
La impresión 3D puede abastecer la alta demanda.	Los acabados de la edificación (sin repellar) pueden verse rugosos o un poco desprolijos.
Menos costo en mano de obra.	La inseguridad de pérdida de plazas de empleos convencionales en la construcción.
La mezcla es impresa sin necesidad de soportes, armazones o moldes en la obra.	Grandes niveles de abrasividad de algunos materiales de tipo concreto.
Seguridad en la construcción.	Muchas marcas de impresoras requieren una mezcla exportada especializada.
Aplicación de fabricación en sitio.	-
Menos emisión de CO ₂	-
Capacidad de ser utilizados con otros sistemas constructivos convencionales o modernos.	-
Posibilidad en el uso de materiales sustentables como el geopolímero o el adobe.	-
Velocidad de producción	-

²⁶ Este punto es debatible ya que, al economizar en materiales, procesos constructivos y manos de obra, se economiza en la construcción. Esto depende de la buena logística y gestión económica del plan de construcción.

Puede trabajar en climas extremos en donde es casi imposible la construcción convencional.	-
Igualdad de género al desarrollar tareas.	-
La posibilidad de trabajar a distancia en la obra.	-
Casi no hay polución ambiental ni sonora en el proceso constructivo.	-
Posibilidad de co-diseño y trabajos en colaboración.	-
Reducción de costo en la personalización de diseño, ya que el proceso es el mismo en crear un objeto como producir miles.	-
El margen de error en obra es reducido casi a cero.	-
Generación de nuevas profesiones.	-
La posibilidad de ser una factible solución para la vivienda social dada a su rápida elaboración y bajos costos en materiales y mano de obra (New Story-ICON, 2019)	-
Menos consumo de energía.	-
No produce polvo.	-

2.9.6.2. Geopolímeros: Una Tinta Sustentable²⁷

“Los Geopolímeros son materiales inorgánicos con una estructura molecular polímera. Son llamados «Geopolímeros» porque los materiales crudos utilizados para su producción son principalmente minerales de origen geológico.” (RENCA, 2020). Los

²⁷Toda la información de este punto es obtenida por la página web de RENCA: “<https://www.renca.org/3Dink>” y el documento de la convención: “Construction Printing Technology”

Geopolímeros poseen una estructura polimérica tridimensional de átomos químicamente unidos de silicón y aluminio. Este compuesto no es una alternativa de hidrato de calcio, que es el componente que se encuentra en la mayoría de las mezclas cementicias y componentes utilizados en impresiones 3D; por lo cual no se considera un material activado por álcalis.

Los cofundadores de la compañía RENCA: Marina and Andrey Dudnikov, con su equipo, experimentaron y desarrollaron este material en que lo nombran: “Cemento Geopolímero.” (Aunque no proviene de bases cementicias). El precio del material es B/. 590.00 la tonelada y al agregarle la arena se obtiene 2 toneladas de mortero. De igual manera, la compañía ofrece impresoras de un costo de B/. 89,950.00.

Profundizando en sus beneficios, el concreto geopolímero es fabricado utilizando un 90% menos del CO₂ a comparación del cemento tradicional (Cemento Portland). Dependiendo de la composición de la mezcla, puede ser más resistente y químicamente inerte a un rango de sustancias agresivas (como álcalis, sales y ácidos), resistente a climas extremos.

Los geopolímeros a comparación a las mezclas de cemento Portland son más duraderos, más fuertes, con fluidez de extrusión resistentes al fuego y hielo, tienen buen aislamiento térmico, resistente a la corrosión y a sustancias agresivas como algunos tipos de ácidos. Posee una Fuerza de compresión de encima 100 MPa (14500 psi), resistencia de flexión de 13 MPa (1885 psi). Con una rapidez de aproximadamente 100.00 m² de alcance en 24 horas.

Figura 102

Capas extruidas de cemento geopolímero.



Nota. Tomada de: RENCA. (s.f.). Capas extruidas de cemento geopolímero. <https://www.renca.org/3dink>

Cuando se imprime con mezcla de cemento, al secarse las capas, ya no es posible volver a extruir encima de ellas, dada a que se presentan problemas de adherencia entre capa seca y capa húmeda. Con el cemento geopolímero no ocurre esto, ya que la adhesión química del geopolímero es tan fuerte que químicamente se une con el mismo.

Es posible que se pueda empezar a imprimir una casa en un día, parar y, al día siguiente, continuar con la impresión sin que ocurra ningún daño la integridad estructural. Esto sin hacer ningún tipo de tratamiento especial en el material ni a la impresora. Es importante agregar que esta mezcla de geocemento es apta para usarse con casi todos los modelos de impresoras 3D arquitectónicas en el mercado.

Figura 103

Capas extruidas de cemento geopolímero.

Propiedades Principales

Resistencia Química

El concreto geopolímero es altamente resistente a varios ácidos y sustancias agresivas, como bien a alta resistencia al sulfuro dada a la ausencia de componente de calcio en su estructura.



Propiedades Impermeables Superiores

Excelentes propiedades de impermeabilidad son alcanzadas gracias a su estructura mesoporosa inherente. Grandes moléculas como el agua no pueden entrar a la matriz del geopolímero incluso si son empujados utilizando fuerzas externas.



Resistencia Térmica

El concreto geopolímero es resistente a temperaturas encima a 1000°C (1832°C) y a bajas temperaturas dado a su alto nivel de resistencia al congelamiento y descongelamiento.



El Géobèton supera las propiedades de la piedra natural



Resistencia al Fuego

Opuesto al concreto con base de cemento Portland, el agua en el concreto geopolímero fácilmente se evapora (no se unen en un nivel molecular) y no explota el concreto internamente.



Propiedades de Aislamiento Térmico

Materiales y yesos usados en agregados de alta calidad y cementos geopolímeros tienen un mejor aislamiento térmico.



Rápido Desarrollo de Fuerza

El concreto geopolímero desarrolla un 50% de su fuerza en los primeros 3 días. Esta característica aumenta la velocidad de construcción.



Nota. Tomada de: RENCA 3D geopolymer ink. (s.f.). Capas extruidas de cemento geopolímero. Geopolymer Cement. <https://www.geocement.ru/>

Se puede resumir el impacto en el ambiente y sustentabilidad con el uso del cemento geopolímero en lo siguiente:

- Se sabe que el cemento Portland es el segundo productor de CO₂ más grande del mundo, al utilizar los geopolímeros se reduce un 90%, 9 veces menos, las emisiones en el proceso de la creación del material.
- Una reducción del 60% menos al impacto en el ambiente al reducir la necesidad de extraer materiales crudos.
- El reciclado y reúso de desperdicios y subproductos de las industrias existentes.
- El geocemento es el material del futuro, ya que reduce las emisiones de CO₂ en la atmósfera no aportando al calentamiento global.
- Los edificios construidos con este material obtienen puntos adicionales en las certificaciones LEED a comparación con otros materiales.

La compañía RENCA también trabaja en la creación de un prototipo de mezclado en sitio automático que sea apto para preparar el agregado de geopolímeros, o si es necesario, de cemento. La mezcladora se conectaría a la impresora y la abastecería del material que necesite. De esta manera, se puede preparar en el sitio y con las cantidades exactas que se utilizaría en construcción. La mezcladora estará capacitada con 2 mezcladores de 94 litros de capacidad con un sistema auto-recargable que permite producir geopolímeros o concreto OPC en un ciclo continuo.

Figura 104

Sistema automático de mezclado en sitio para geopolímeros y/o cementos.



Nota. Tomada de: RENCA & GEOCEMENT. (2017). Sistema automático de mezclado en sitio para geopolímeros y/o cementos. RENCA. <https://www.youtube.com/watch?v=hXdE8ozDfhg&t=19s>

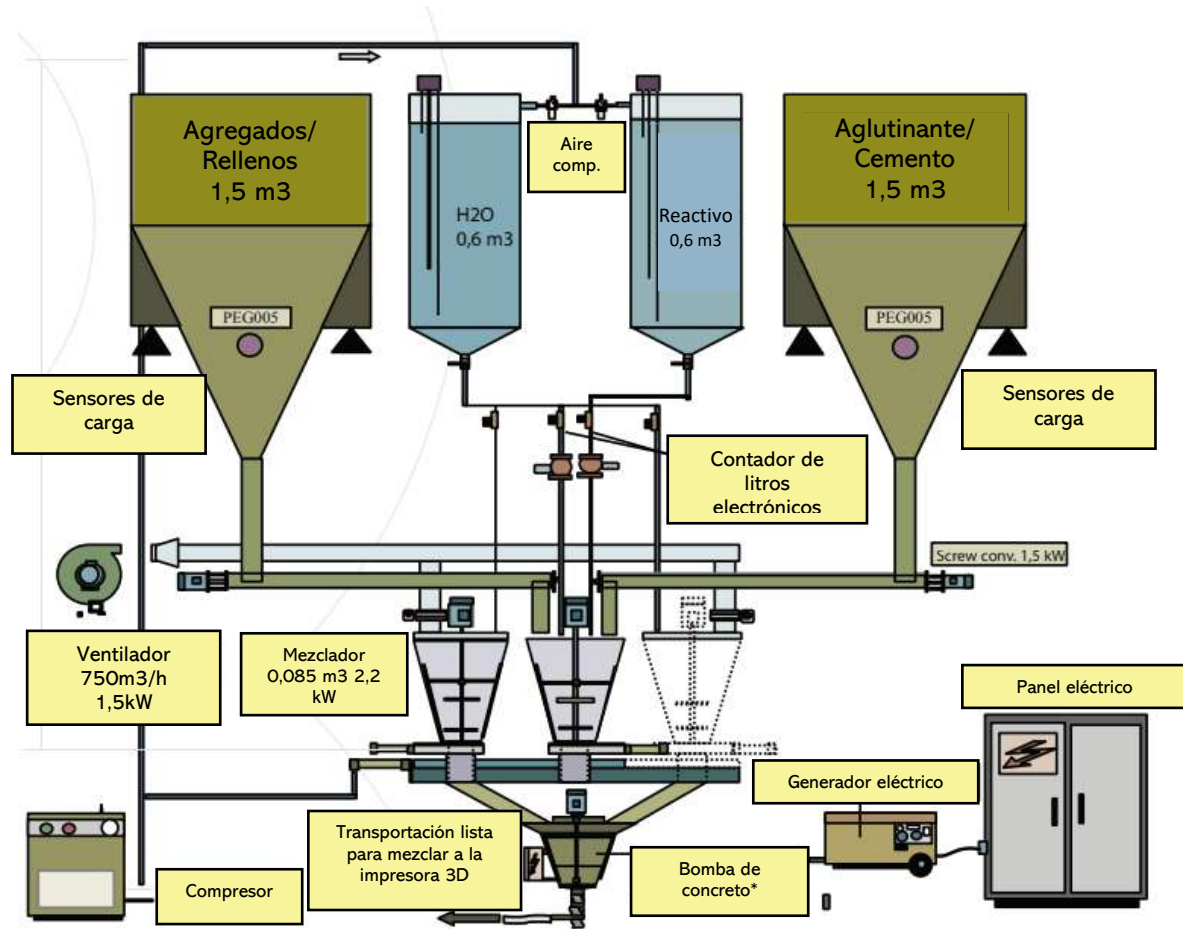
Entre sus cualidades más destacadas están²⁸:

- Ahorros en costos y reducción de desperdicios: solo produce la cantidad necesaria a utilizar.
- Reciclado: El agua utilizada para limpiar la máquina será empujada a los tanques para reducir el impacto ambiental.
- Control Inalámbrico: Como una opción, todas las configuraciones de la planta pueden organizarse directamente usando la App en un teléfono inteligente o tableta.
- Asistencia técnica a distancia: En el caso de problemas técnicos, los especialistas de RENCA pueden conectarse a la planta por vía Internet y ayudar a solventar el problema.
- Eficiencia en la mezcla: El sistema automatizado permite una excelente homogeneidad al mezclar. Puede manejar grandes volúmenes de material con facilidad, proveyendo un fluido óptimo y abastecer proporciones de mezcla impresa.
- Rápida limpieza: La estructura de la mezcladora incluye componente de polietileno en donde, a comparación con las metálicas, permite evitar endurecimientos en la mezcladora. Al reducir la cantidad de sedimento en la superficie de la mezcladora los procedimientos de limpieza requieren menos tiempo y esfuerzo.
- Fácil de usar: La mezcladora sería extremadamente fácil de usar. Tendrá un útil panel con indicaciones comprensivas y un monitor de visualización de código de error lógico.
- Aumenta su durabilidad: La combinación de componentes chapados y de poliuretano aumenta grandemente la durabilidad de la mezcladora en comparación con otros modelos comercialmente disponibles.

²⁸ Información extraída directamente de la guía de sistema: “Fully-automatic Mobile Mixing Plant for Geopolymer and Ordinary Portland Cement Concrete” de RENCA.

Figura 105

Detalle de sistema automático de mezclado en sitio para geopolímeros y/o cementos.



*La bomba de concreto no está incluida en la configuración básica

Nota. Tomada de: RENCA. (s.f.). Detalle de sistema automático de mezclado en geopolímero y/o cemento.

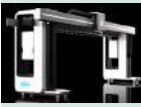







<https://www.renca.org/3dink>

2.9.7. Tipos de impresoras 3D en el mercado

Aunque la tecnología de la impresión 3D es relativamente nueva, se ha estado investigando y desarrollando esta innovación por distintas partes del mundo. A continuación, se mostrará un cuadro comparativo con distintas impresoras 3D de construcción que existen en el mercado con sus características:

Tabla 06

Cuadro de impresoras 3D en el mercado.

Impresoras 3D de Construcción en el Mercado									
Foto	Nombre	Empresa	Usuarios	Velocidad (V) y Energía (E)	Tamaño	Precio de Impresora	Material	Método	País
	Vulcan II (Servicio)	ICON	3-4 personas	V=12-18cm /s E=230/240 V	Máquina: 8.13m x 3.05m Impresión: 7.11m x 17.78 m x 2.16m	>\$250,000*	ICON Lavacrete (Cemento)	En sitio, expandible con movimientos en ejes X, Y y Z	Texas, Estados Unidos
	Crane Wasp	WASP 3D	3-4 personas	V=4.5cbm/h E=Input: 220/240 V 50/60 Hz (110 V disponible) Poder de absorción: 1500 W	Boquilla de 18-30 mm Máquina: Altura de columnas: 4m brazo de impresión: 4.2 m Impresión: 50 m2	\$161,340.96	Materiales a base de tierra (adobe), Mortero de concreto, Geopolímeros	En sitio, con diseño de colmena para colocar más impresoras	Italia
	Apis Cor	Apis Cor	1-2 personas	V=100 m ² por día=4,16m ³ /hr	Máquina: 4-8.5m x 3.30m Impresión: 8.50m x 1.60m x 1.50m Volumen: Hasta 20400 L	*	Mezcla a base de Gypsum, Cemento, Geopolímeros	En sitio, brazo giratorio y extensible, tipo grúa	Rusia
	E35-35 H8 (Ofrece 15 tipos de tamaños y modelos)	MudBots	3 personas	V=22 cm/s	Impresión: 10.66m x 10.66m ; 2.43m Peso: 1186 lb	\$297,000.00 (modelo más económico: \$38,770)	Cualquier material del mercado (pueden ser comprado en ferretería local)	En sitio, Exoesqueleto de movimiento en ejes X, Y y Z, Incluye mezcladora y bomba.	Utah, Estados Unidos
	BOD2	COBOD	2 personas	V= < 3,6 m3/hr, 9.4cm/hr. Máx.V.: 350mm/s E= 32 A, 400V, 3ra fase	Impresora; 15x12.62x9.97m Impresión: 12.09x12.12x5.61 m (el tamaño es personalizable)	\$417,600.00	Cualquier material del mercado	En sitio, Exoesqueleto de movimiento en ejes X, Y y Z.	Dinamarca
	CyBe RC 3DP	CyBe	2 personas	V=5cm-60cm/s, 3km/hr E=200-600V; 50/60Hz Supply	Impresora: 1.07m x1.05m Peso: 4,500 kg	\$180,000.00	CyBe Mortar (Cemento)	En sitio, brazo giratorio	Países Bajos
	BEM 1 PRO	BE MORE 3D	3 personas	V= 20 a 200 mm/seg (70m2 en 12hr) E= 6,0 kW 380 V,	Impresora: 1 3.5m x 5.7m x 2.5m Peso: 2.500kg Impresión: 9.5m x 3.0m x ilimitado	\$365,945.00	Cemento	En sitio, Exoesqueleto de movimiento en ejes X, Y y Z.	España
	Maxi Printer	Construction 3D	3-4 personas	V= 75mm/s-150mm/s E=7 Kw, 400V trifase	Impresora: Viene en un contenedor de 20ft, Impresión: 140 m, 2,9.5m x 9.5m x 7.5 m	\$602,910.00	Cemento	En sitio, brazo giratorio	Francia

Nota. Tomada de: Cuadro comparativo de impresoras disponibles actualmente en el mercado.

2.9.8. Ejemplos de la integración de la impresión 3D en la arquitectura

La tecnología de la impresión 3D en la construcción ha ido desarrollándose y aplicando con rapidez, construyendo edificios de todo tipo. A continuación, se presentarán dos proyectos de vivienda social utilizando este método constructivo. Aunque aún no se trabajan en una escala urbana, las intenciones del diseño de estos proyectos apuntan a esta dirección.

2.9.8.1. “Community First!”: Casas para personas sin hogar de ICON

La compañía de impresión 3D, ICON, con la colaboración de la asociación sin lucro en servicio de brindar servicio para los desamparados, Mobile Loaves & Fishes (MLF), construyeron “Community First!” Para junio del 2020, se realizaron las primeras 3 casas para la comunidad ubicados en Austin, Texas, Estados Unidos. Las viviendas de 37.16m² cuentan con un dormitorio, un baño, una cocina completa una sala y un porche para admirar el atardecer. Las 3 edificaciones de una sola planta se imprimieron simultáneamente con la VULCAN II, la impresora que ofrece la empresa, en concreto (Lavacrete).

Figura 106

Vista exterior de las “Community First!”



Nota. Tomado: ICON. (2020, March 6).
Community First!
<https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>.

Figura 107

Vista interior, sala-comedor, de las



Nota. Tomado de: ICON. (2020, March 6).
Community First!
<https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>.

Esta comunidad al ser terminada será la primera en implementar esta tecnología para las personas sin hogar. Siendo una de las comunidades más innovadoras del mundo.

El cofundador Jason Ballard de ICON, expresa en su frase: “La innovación está en el corazón de ICON para un mejor futuro” (Ballard,2020). Admite que el problema de la vivienda es de interés y que se deben buscar resolver estos problemas para las personas sin hogar, ofreciendo una respuesta humana y de dignidad.

Estas series de casas están localizadas en la fase II de noreste del desarrollo de Austin, en una propiedad de 51 hectáreas totales. Cuando la Fase II esté culminada y en

Figura 109

Proceso de impresión de las “Community First”



Nota. Tomado de: ICON. (2020, March 6). Community First!

<https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>.

máxima capacidad el proyecto hospedará 480 mendigos viviendo en casas independientemente. Esta cantidad representa la provisión de viviendas para el 40% de la población sin hogar crónica en Austin, Texas.

El estudio diseñador del proyecto fue “Logan Architecture” y los acabados fueron encargados por Franklin Alan. La impresión de las casas de muestra fue hecha simultáneamente, ya que de esta manera la velocidad aumenta y el costo es reducido. Estas casas iniciales actualmente están completadas y ya están siendo ocupadas por sus nuevos dueños.

Figura 110

Vista interior, sala-comedor, de las casas “Community First”



Nota. Tomado de: ICON. (2020, March 6). Community First!

<https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>.

El proceso constructivo consistía en que las paredes fueron impresas y se le añadieron un techo prefabricado. El grupo “DEN Property Group” patrocinaron el interior del diseño y el equipo de MLF donaron los muebles. La diseñadora Claire Zinnecker colaboró con ICON para ofrecer el diseño de interior.

La empresa ICON, actualmente, continua en proyectos de viviendas resilientes en México junto asociaciones sin fines de lucro como New Story.²⁹

Figura 111

Entrega de vivienda a un beneficiado.



Nota. Tomado de: ICON. (2020, March 6). Community First! <https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>.

²⁹ Información obtenida de la página oficial de ICON: <https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>

2.9.8.2. Casa TECLA de WASP

Figura 112

Vista exterior de casa Tecla.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Vista exterior de casa Tecla].

Figura 113

Vista interior, cocina-comedor de casa Tecla.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Vista interior, cocina-comedor de casa tecla].

La casa TECLA es la primera vivienda eco sustentable impresa en 3D compuesta de tierra natural en Masa Lombarda, Italia, cerca de Ravenna hecha por las empresas italianas Wasp (World's Advanced Saving Project) y MCA Marino. En mayo del 2019, fueron aprobados los planos constructivos, iniciaron a imprimir en septiembre del 2019, y para primavera del 2021 fue culminado el primer prototipo.

El diseño estaba inspirado por “La Ciudades Invisibles” de Calvino- la ciudad de continua construcción. El nombre de TECLA hace alusión de la conexión entre el futuro y el pasado al combinar la materia y el espíritu de los antiguos hogares atemporales con las tecnologías del presente.

El proyecto diseñado por los arquitectos de Mario Cucinella a parte de diseñar una vivienda interesante, estudiaron las formas del edificio en relación con su clima y latitud. Aparte que la composición de la mezcla de tierra responde a las condiciones de clima local y el relleno de las paredes está optimizado para ser aislante térmico y permitir ventilación de acuerdo con las variaciones del clima.

La casa es una composición de dos elementos que por medio de una curva continua y sinuosa culmina en dos tragaluces circulares en donde se trasmite una luz cenital. Esta forma inusual, permite un balance estructural para la construcción durante la impresión

Figura 114

Vista exterior de casa Tecla.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Vista exterior de casa Tecla].

Figura 115

Vista interior de casa Tecla



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Vista interior de casa Tecla].

y como soporte integral de la vivienda culminada. Tomando como referencia la eficacia y fuerza del cascarón de un huevo. El diseño del domo estructural permitió hacer posible la impresión del techo siendo integral con las paredes.

La edificación pose 60.00 m², cuenta con una cocina y zona de noche con servicios. Algunos muebles fueron impresos en sitio con la mezcla de tierra y diseñados para poder ser reciclados o reutilizados, siguiendo la filosofía de un modelo de casa circular. La casa tomó 200 horas en imprimir, 7000 códigos de máquinas (G-code), 350 capas de 12.00mm, 150 km de extracción y 60.00 metros cúbicos de materiales naturales con un consumo de menos de 6kW.

La visión del diseño es poder proporcionar vivienda para todos, siguiendo el ritmo apresurado del crecimiento de la población. Al utilizar la tecnología de WASP no hay restricciones en la expansión de las nuevas casas. Ya que la máquina con su forma hexagonal permite unirse con otras impresoras iguales formando una cadena infinita de impresión, siento un trabajo multi colaborativo en una escala no antes vista. Este concepto surge tras inspirarse en la avispa alfarera en donde utiliza la tierra como material constructivo y la unión de colmena para su producción.

La tecnología de TECLA tiene el potencial de convertirse en la base de nuevas eco ciudades autónomas. Siendo la primera comunidad en ser impresa por tierra local, reduciendo costos de transporte y el impacto a la huella de carbono, siendo un edificio

de cero desperdicios. La comunidad estará equipada para adaptarse a múltiples ambientes y será apropiada para su autoproducción mediante el uso de innovador del “Kit Inicial Económico del Fabricante” de WASP. *“Esta utilidad limitará el desecho industrial y ofrece un modelo único y sostenible que busca la economía nacional y local, mejorando el bienestar de las comunidades”* (WASP,2021).

Figura 116

Unión de colmena en la impresión.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Unión colmena en la impresión].

Figura 117

Impresión de casa Tecla



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Impresión de casa tecla].

La casa TECLA fue desarrollada por medio de estudios profundos de la “SOS- School of Sustainability” (Escuela de Sustentabilidad), instituto fundado por Mario Cucinella, en donde se combina investigación, educación y la práctica. La investigación fue colaborada por estudiantes del programa del “Sustainable Environmental Design” de la “Association School of Architecture” en Londres, en donde analizaron los efectos de la falta de vivienda. El resultado de todo fue un modelo resiliente a cualquier clima y energéticamente eficiente donde las casas tradicionales carecen de estas características.

Figura 118

Impresión de muro de la casa Tecla.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Impresión de muro de la casa Tecla].

Figura 119

Vista de la impresión de casa Tecla.



Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Vista de la impresión de casa Tecla].

El trabajo colaborativo fue esencial para la elaboración del prototipo. Las pruebas estructurales fueron hechas por “Milan Ingegneria”, que trabajan con la optimización de la forma para crear una estructura autoportante. Las celosías personalizadas fueron producidas por “Capoferri”, el paisajismo fue diseñado por “Frassinago”, “RiceHouse” proveyó los conocimientos técnicos del bio material derivado de las cáscaras de arroz y “Lucifero’s” desarrollo la iluminación del proyecto.³⁰

Figura 120

Render de la comunidad Tecla.



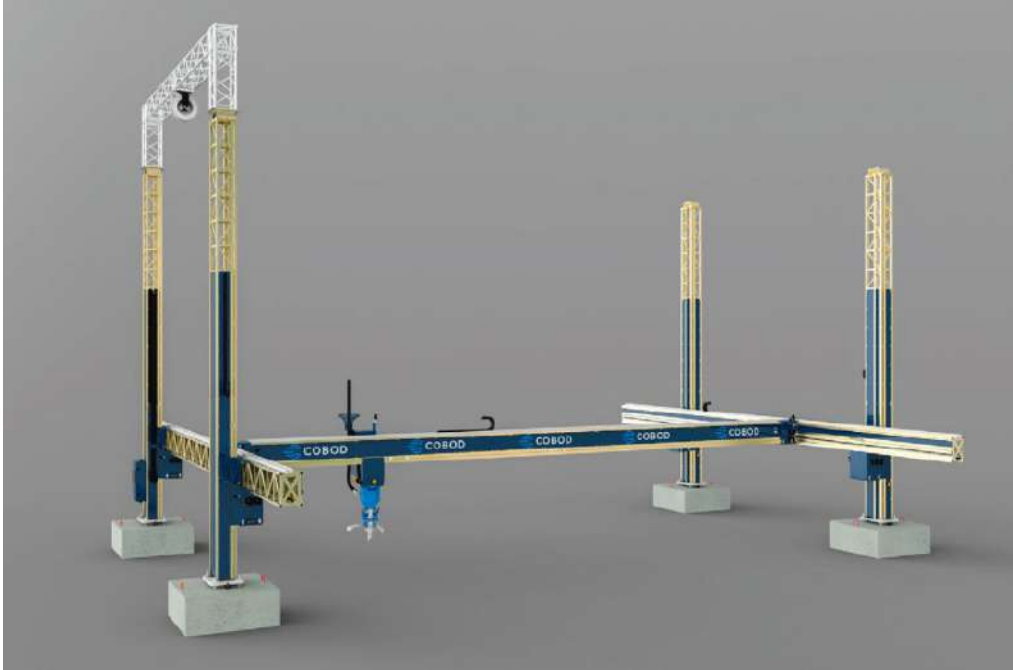
Nota. Tomado de: WASP. (2018). [Render de la comunidad Tecla].

³⁰ Información obtenida de la página oficial de WASP: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>

2.10. BOD 2: La impresora y sus características³¹

Figura 121

Impresora 3D BOD 2, modelo 5-5-3



Nota. Tomado de: Ferguson, M. (2021, junio 24). Impresora 3D BOD 2. Virginia Mercury. <https://www.virginiamercury.com/2021/06/24/printing-a-house-a-virginia-first-takes-shape/>].

Para la propuesta de diseño se escogió la impresora BOD 2, específicamente el modelo 5-5-3 de la compañía COBOD. Su selección se debió que este modelo tiene las dimensiones que funcionan para la magnitud del proyecto con un precio razonable. Al ser una impresora de tipo portal, se puede trabajar tanto en el terreno del proyecto como en un taller, de manera prefabricada o in situ. Una de las razones de la elección de la impresora fue porque se obtuvo más acceso a la información del funcionamiento del sistema de la impresora, ya que fue proporcionado directamente por parte de la empresa de Dinamarca, COBOD. Una de las razones más grandes al elegir este equipo

³¹ Para esta sección se investigó y resumió de los documentos: Price List Concrete Printer, Manual de Instrucciones de la BOD 2, las Especificaciones de la BOD 2, Desing Examples de la compañía COBOD. También se extrajo información de las especificaciones de la BOD2 hecho por la compañía 3D Printhuset.

se debió que la máquina no está limitada en utilizar una mezcla de concreto únicamente elaborada por la compañía, como muchos modelos similares en el mercado. La receta de la mezcla puede elaborarse con materiales comprados localmente, lo cual baja los costos considerablemente en la construcción.

La impresora cuenta con las siguientes características generales³²:

- **Área de instalación** (el espacio que ocupa la impresora estando armada): 15.03 m x 12.63 m x 7.58m
- **Área imprimible** (Espacio máximo que ocupa la impresión): 12.10 m x 12.13 m x 5.62m
- **Área de impresión por piso**: 146 m²
- **Área total de impresión** (2 pisos): 293 m²
- **Precio**: B/. 411,207.24 + (artículos adicionales) = B/. 696,207.24

2.10.1. Funcionamiento de la impresora

Según el Manual de Instrucciones de la BOD 2 se define la función de la máquina como:

“La BOD 2 es una impresora 3D de construcción basada en un diseño de estilo pórtico modular. La impresora BOD 2 está construida de módulos de 2.5 metros y puede fabricarse a las especificaciones del cliente.

La impresora BOD 2 trabaja en 3 dimensiones, con la cabeza de la impresora moviéndose en el eje X, la barra del eje X se mueve en el eje Y y el grupo entero XY se mueve de arriba abajo en las 4 columnas del eje Z. El principio de portal permite a la impresora acceder a cualquier posición entre el espacio imprimible y da completa libertad de movimiento.” (COBOD, 2021)

La máquina es fabricada con un resistente armazón de acero, diseñada para pararse por sí misma. Las partes que la componen son:

- 4 columnas del eje Z con una altura de 10.00 metros, 4 servomotores con controladores incluidos.

³² Información obtenida del documento: “Price List Concrete Printer” de la compañía COBOD. (COBOD, 2021)

- 2 ejes Y de 10.00 metros de largo, 2 servomotores con controladores incluidos.
- Un eje X de 10.00 metros de largo, 2 servomotores con controladores incluidos.
- Una cabeza de impresión, dos servomotores y controladores incluidos. (Uno para rotar la boquilla y otra para controlar el fluido del material)
- Gabinete de control con interruptor, equipo eléctrico, controlador de impresión 3D Y PLC de seguridad.³³

El uso de la impresora puede ser dentro de un taller o en la misma construcción. La máquina debe protegerse de la lluvia y viento para ofrecer los mejores resultados. Los operadores siempre deben estar localizados al lado de la impresora fuera el área de impresión. Su espacio de trabajo debe consistir en un escritorio con su tableta o laptop con total visibilidad de la máquina.³⁴

El uso principal de la BOD2 es para imprimir la estructura, pero también se puede utilizar para marcar en el piso el levantamiento del lugar e incluso como una grúa con la capacidad de levantar una carga hasta de 400 kg.³⁵

Se recomienda imprimir el material en un suelo totalmente nivelado, pero la máquina puede trabajar adecuadamente hasta con una pendiente de 30 grados.

La máquina también cuenta con un sistema de dos cámaras por encima de la cabeza de la impresora para monitorear la extrusión. De esta manera, el operador tiene visión total del proceso, incluso si el artefacto ha alcanzado una altura en donde el ojo humano no es capaz de observar.

La BOD2 debe operarse por un equipo de 2 personas, uno que verifique el suplemento del material y otras tareas durante la impresión, y uno con la laptop o tableta controlando la impresora.

2.10.2. Instalación

La impresora puede ser instalada de dos maneras. Las columnas del eje Z pueden apertarse al piso o a cuatro bloques de concreto tipo zapatas encima de la fundación

³³ Extraído directamente del Manual de instrucciones de la BOD 2 pág. 7 (COBOD, 2021)

³⁴ Información resumida del Manual de instrucciones de la BOD 2 pág. 28 (COBOD, 2021)

³⁵Obtenido de las Especificaciones de la BOD 2 DE 3D Printhuset. Pag 1. (Printhuset 3D, 2018)

del piso. Este último le da una altura adicional de un metro al volumen de impresión. Los bloques de concreto pueden fabricarse localmente.

Si se usa zapatas de concreto, la instalación de la impresora toma alrededor de 4 a 6 horas y la desinstalación de 2 a 3 horas. Según el tipo de proyecto, es necesario instalar y desinstalar la máquina si se está trabajando con el método in situ. La instalación toma de tan solo de 2 a 3 personas y las piezas pueden ser movidas con un camión. Se requiere de un montacargas para armar y desmontar las piezas del eje Y y X.

Para el debido transporte de la BOD 2, se recomienda desarmar los ejes y columnas y guardarse en 8 partes separadas, evitando el choque entre cada pieza. Se recomienda utilizar pallets de madera o similares para su debida movilización.

2.10.3. Boquillas

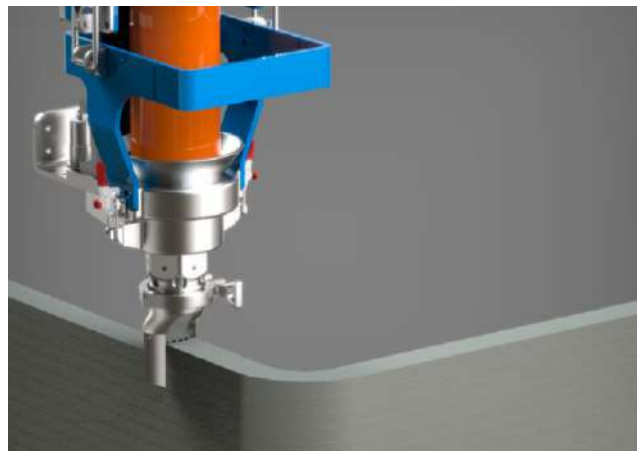
Figura 122

Boquilla plana con abrazadera de metal de la BOD 2



Figura 123

Control Tangencial.



Nota. Tomado de: COBOD. (2020). THE BOD2. <https://cobod.com/products/bod2/>

Las boquillas, en donde la impresora extruye el material, pueden ser de metal o de plástico. La compañía recomienda experimentar distintos tipos de boquillas para obtener diferentes diseños en las paredes. Esto es posible por medio de la impresión 3D convencional con filamento plásticos. Para proyectos de gran escala se recomiendan utilizar boquillas de acero en donde se fabrican de manera local o ser comprada directamente a la empresa.

Dependiendo del ángulo en que se coloquen, las boquillas de estilo solapas permiten que las capas sean menos visibles. De esta manera, la apariencia de la pared es mucho más lisa. Las boquillas se pueden cambiar por medio de una abrazadera de metal.

Como un rasgo adicional y una opción separada de compra, se permite equipar a la impresora con una boquilla de control tangencial (una integración de hardware y software) lo cual habilita rotar la boquilla siguiendo la dirección de la impresión. Esto facilita el uso de boquillas personalizadas o planas sin tener la necesidad de cambiar la dirección manualmente cada vez que la impresora deba girar.

2.10.4. Material

La impresora puede trabajar con cualquier material que cumpla ciertos requisitos, los cuales debe ser³⁶:

- **Bombeables:** que pueda trasportarse por una manguera.
- **Imprimibles:** que el material se logre extruir, pero que sea lo suficientemente tieso para soportar el peso de la siguiente capa y que no se encoja cuando sea impreso
- **Construibles:** que el tiempo sea lo suficientemente rápido para que el material este lo adecuadamente estable y así soportar la siguiente capa.

Se puede elegir entre un mortero premezclado de mezcla seca para impresión 3D o una preparación de concreto imprimible. Sus características son las siguientes.³⁷

Mortero premezclado de mezcla seca

- Es recomendable para pequeñas impresiones o en pocas cantidades.
- Es muy fácil y conveniente de usar, de sencilla preparación, almacenamiento y mantenimiento.
- Vienen en bolsas de 25 kg y solo debe añadirse agua, se recomienda utilizarse con una mezcladora especial que incluye una bomba interna llamada M-tec.

³⁶ Información obtenida del documento de especificaciones de la BOD 2. Pág. 10 (COBOD, 2021)

³⁷ Información obtenida del documento “Desing Examples” de la compañía COBOD. Pág. 27 (COBOD, 2021)

- Suele ser muy cara dado a los tipos de agregados que tiene de rápido secado.

Preparación de concreto imprimible:

- Recomendable para largas impresiones de aplicación industrial.
- Se mezcla toda la receta en sitio con sus ingredientes basados en cemento, arena, gravilla y aditivos de rápido secado.
- El concreto puede tener la resistencia deseada.
- Es más complejo, pero mucho más baratos comparado al mortero premezclado.

Figura 124

Planta mezcladora y bomba para la impresora BOD2



Miniplanta mezcladora de
concreto

Bomba

Nota. Tomado de: COBOD. (2020). THE BOD2. <https://cobod.com/products/bod2/>

- Requiere de una planta mezcladora de concreto y una bomba, lo cual es necesario una inversión adicional.

A continuación, se presentará un ejemplo de mezcla de concreto imprimible proporcionada por la compañía COBOD en el documento “Desing Examples”. Esta receta es la que se tomó en cuenta para calcular el análisis de costos y el tiempo de impresión para la propuesta de diseño.

Tabla 07

Cuadro de proporción de mezcla de concreto impreso.

Proporción para 1 m ³ de concreto impreso	
Nombre del componente	Cantidad requerida
Cemento CEM 2	450 kg
Arena de 0-2 mm	780 kg
Gravilla	880 kg
Agua	200 kg
Total	2310 kg

Nota. Tomado de: COBOD. (2020). THE BOD2. <https://cobod.com/products/bod2/>

Tabla 08

Aditivos para la mezcla de concreto impreso.

Aditivos para 1 m ³ de mezcla de concreto impreso		
Nombre del aditivo	Tipo de aditivo	Cantidad requerida
β 1.00	Rigidizador	1.50 kg
α 1.00	Superplastificante	5.00 kg
Isoxel545	Acelerante	2.30 kg
Isoxel899	Acelerante	2.30 kg
Total		11.00 kg

Nota. Tomado de: COBOD. (2020). THE BOD2. <https://cobod.com/products/bod2/>

Los aditivos que requiere la mezcla representan menos del 1% del total. Esto es una ventaja económica, ya que todos los ingredientes exceptuando los aditivos se consiguen localmente. Los aditivos pueden ser comprados directamente a la empresa COBOD.

La selección del material también va relacionada directamente con el “tiempo de capa” (Layer time) y el “tiempo de apilamiento” (Build-up time). El tiempo de capa se refiere al tiempo exacto que toma imprimir una capa de la estructura. Y el tiempo de

apilamiento se refiere a la velocidad de la cantidad de capas que se posicionan verticalmente en un metro por hora de la estructura.

El tiempo de capa depende de:

- El tamaño del edificio (el largo de una capa de la impresión).
- La velocidad en donde ocurre la impresión.

El tiempo de apilamiento depende de:

- El tamaño del edificio
- La velocidad en donde ocurre la impresión
- La altura de la capa

Estas características pueden ser vistas y controladas dentro del software de la BOD2, saberlo y utilizarlo es clave para tener una impresión exitosa.³⁸

2.10.5. Tiempo de impresión

La BOD 2 está diseñada para que la cabeza de la impresora se mueva e imprima a una velocidad de 1.00 metro por segundo (1m/seg). Es recomendable no exceder de la mitad de la velocidad máxima para un mejor rendimiento de la maquina lo cual la velocidad recomendada es de 40 a 50 cm por segundo.

La impresora puede trabajar 24 horas los 7 días de la semana. Sin embargo, las bombas y mezcladoras necesitan ser enjuagados, con agua, del concreto cada 7-8 horas; para luego estar nuevamente listas para continuar.

Es importante incluir 30 minutos de limpieza antes y después del uso de la impresora. Lo cual restaría 1 hora del tiempo laboral del personal encargado de la máquina.

2.10.6. Expectativa de Vida

Se espera que la impresora tenga un lapso de vida de 20 años, en donde se asume que diariamente este trabajando 8 horas. Claramente este tiempo adjudica que se le ha dado un mantenimiento apropiado siguiendo cuidadosamente las instrucciones del

³⁸ Información del tiempo de capa y tiempo de apilamiento obtenida de las especificaciones de la BOD2. (COBOD, 2021)

manual. De igual manera, manteniéndose en una temperatura adecuada dentro del límite de un mínimo de 5°C a un máximo de 50°C.

Para la limpieza de la impresora, se debe separar las partes y ser roseada con agua de una manguera a presión.

2.10.7. Costos adicionales³⁹

Para un funcionamiento ideal de la impresora BOD 2, se deben considerar los siguientes artículos y costos adicionales:

- Control tangencial: B/. 29,317.12
- Montaje: B/. 3664.64
- Entrenamiento por una semana: B/. 7852.80
- Mezcladora de concreto: B/. 145,538.56
- Bomba de pistón: B/. 72,245.76
- Sistema de dosificación + compresor de aire: B/. 27,223.04
- Servicio de diseño de mezcla: B/. 9423.36
- Costo de transporte: B/. 3141.12 (varía según el país que se exporta).
- **Costo total adicional: B/. 298,406.40**

2.10.8. COBOD Slice

El COBOD Slice es el software que prepara los modelos 3D de distintos softwares CAD o BIM para poder ser impresos en la BOD 2. Preparara la geometría en un lenguaje que la impresora puede comprender y así ejecutar la acción. Su funcionamiento consiste en generar archivos de códigos G donde la interfaz web y la tabla de control de la impresora interpreta los datos. Este programa acepta importaciones de archivos de tipo. STEP/. STP. IGES/IGS. BREP Y. OCC.⁴⁰

2.10.9. Especificaciones de la BOD 2

A continuación, se mostrará un cuadro resumen con las especificaciones de la impresora.⁴¹

³⁹ Los artículos y costos se extrajeron del documento "Desing Examples" de COBOD. (COBOD, 2021)

⁴⁰ Información extraída del "Manual de Instrucciones de la BOD 2", pág. 35. (COBOD, 2021)

⁴¹ Mayormente extraído de la página 12 de la "Especificaciones de la BOD 2" (COBOD, 2021)

Tabla 09

Cuadro de las especificaciones del BOD 2.

Especificaciones de la BOD 2	
Longitud máxima de impresión	12.10 m
Ancho máximo de impresión	12.13 m
Altura máxima de impresión	5.62 m + la altura de las zapatas de concreto en donde se monta la impresora.
Velocidad máxima de impresión	Hasta 1000 mm/s (1 metro/s)
Altura de capas	5-30 mm
Ancho de capa	30-300 mm
Sistema de movimiento	Servo
Flujo de material	Hasta 3.6 m ³ /hora a 1000 mm/s de velocidad (para una extrusión 5cm de ancho y 2 cm de altura)
Tamaño máximo de agregado	10 mm
Tiempo de armado de la impresora	4-6 horas
Demonte de la impresora	2-3 horas
Mano de obra	2 operadores
Conexión	Wifi o LAN
Interfaz	Por web del cliente (navegadores como Google Chrome o Safari)
Software	COBOD Slice (Windows, MacOS), o rebanadores de terceros
Fuente de energía	32 A, 400 V, 3 fases

Nota. Tomado de: COBOD. (2020). THE BOD2. <https://cobod.com/products/bod2/>



3. Estudio del Sitio

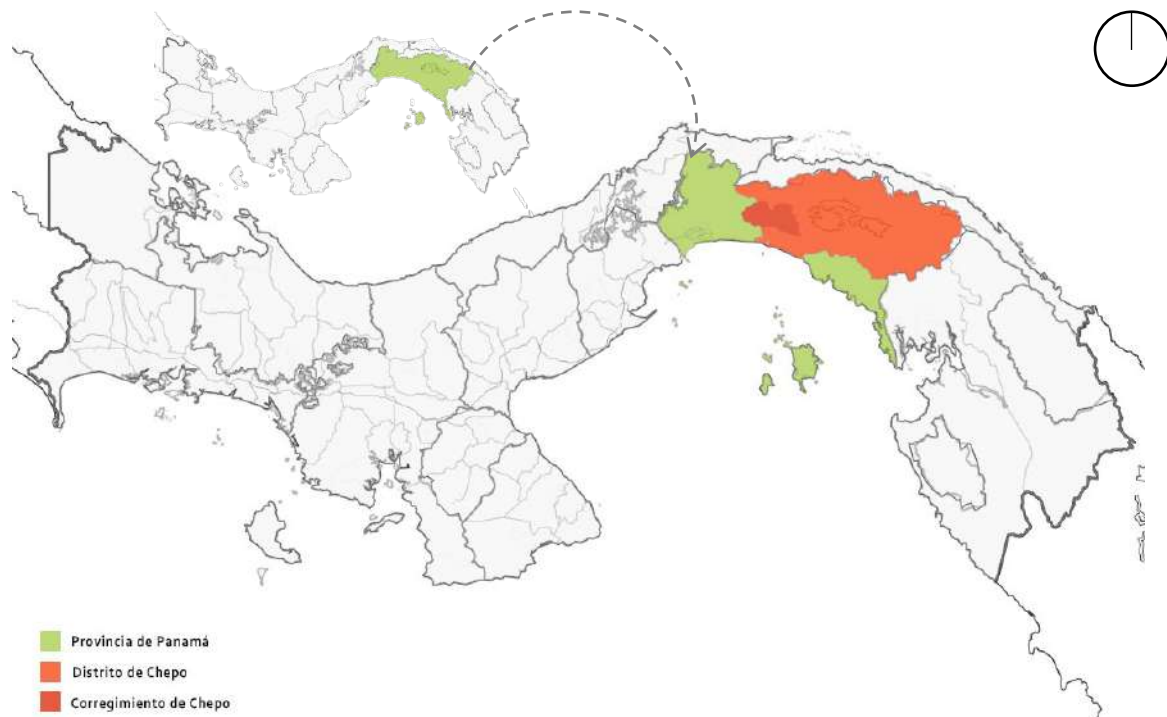
3.1. Aspectos geográficos y ecológicos

Para poder ofrecer un diseño sostenible es muy importante conocer el área donde se desarrollará el proyecto. Conociendo su estado físico, limitaciones, clima y otras características, permitirá que el diseño sea atinado a las necesidades de la zona.

3.1.1. Localización y superficie

Mapa 01

Distrito y corregimiento de Chepo.



Nota. Tomado de: [Mapa de territorio de Panamá]. (2021). ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

El distrito de Chepo es uno de los 6 distritos que componen la provincia de Panamá. Está ubicado al noreste de la capital, y en su borde occidental se encuentra el corregimiento igualmente llamado Chepo. Sus coordenadas geográficas son: 9° 10' 12" de latitud norte y 79° 6' 0" de longitud oeste. El distrito posee 4,937 km² (según el censo del 2010), y cuenta con una superficie de 8.6 km².

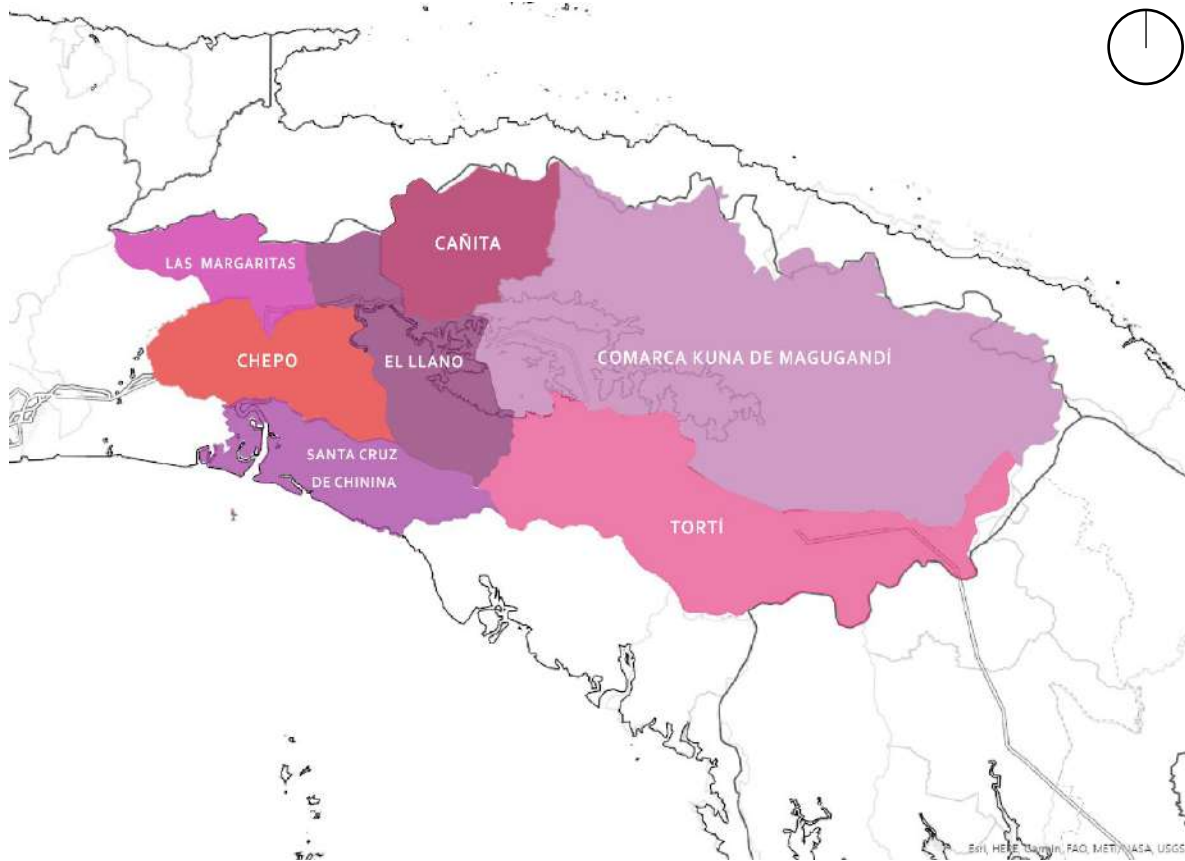
Los corregimientos que se encuentran en Chepo son los siguientes: Chepo (8.6km²), Cañita (359km²), Chepillo (1 km²), El Llano, (472.9km²), Las Margaritas (263.6 km²),

Santa Cruz de Chinina (351.5 km²), Tortí (974.5 km²), y la comarca Kuna de Madugandí (2,318.8 km²). Esta última al ser un territorio indígena pertenece administrativamente a la comarca de Kuna Yala.

3.1.2. Límites

Mapa 02

Corregimientos de Chepo.



Nota. Tomado de: [Mapa de territorio de Panamá]. (2021). ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Los limitantes del distrito de Chepo son los siguientes:

- Noroeste: Corregimiento de San Martín.
- Norte: Corregimiento de Chilibre y la comarca Kuna Yala.
- Sur: Distrito de Chimán.
- Este: Provincia de Darién.
- Oeste: Corregimiento de Pacora.

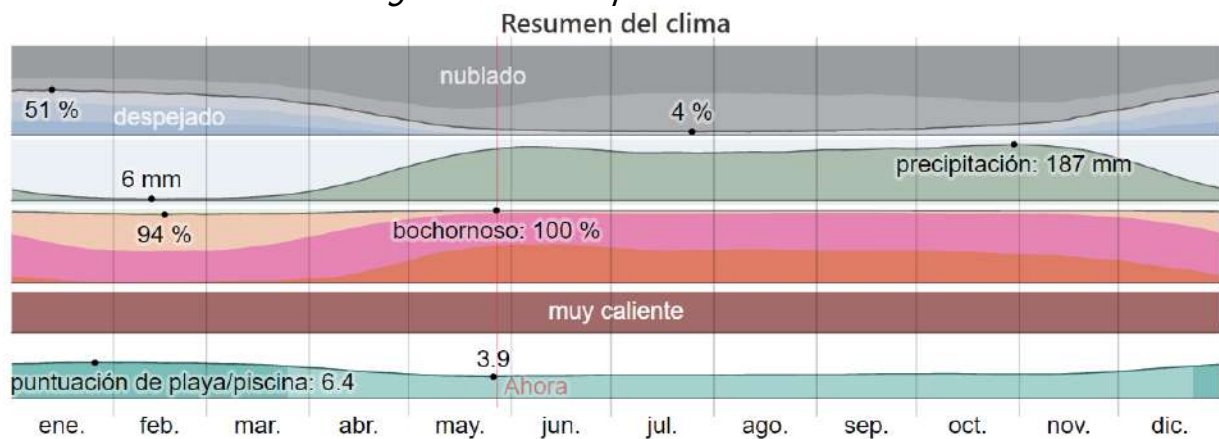
Los limitantes del corregimiento de Chepo (Cabecera) son los siguiente:

- Norte: Corregimiento de Las Margaritas.
- Sur: Corregimiento Santa Cruz de Chinina.
- Este: Corregimiento El Llano.
- Oeste: Distrito de Panamá, corregimiento de Pacora.

3.1.3. Clima

Figura 125

Resumen del clima del corregimiento de Chepo



Nota. Tomado de El clima en Chepo. (2021). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/19454/Clima-promedio-en-Chepo-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Una estación meteorológica ubicado en El Narjal, cerca de Tanara muestra que la temperatura promedio en el corregimiento de Chepo es de 26.5 °C, la temperatura de suelo es de 26.28 °C y la humedad relativa promedio del área es de 99.3%.

El Clima es húmedo tropical y de sabana. Predominan dos estaciones: la seca y la lluviosa. El distrito tiene una alta salinidad en el ambiente. Presenta una precipitación anual pluvial anual de 2,500mm.⁴² Según la página web: Weather Spark⁴³, Durante la temporada de lluvia esta es nublada y la temporada seca es ventosa, parcialmente

42 Información extraída del documento: “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022” (Municipio de Chepo, 2018)

43 Weather Spark, Chepo: <https://es.weatherspark.com/y/19454/Clima-promedio-en-Chepo-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-BestTime> ,se utilizaron estos datos para la descripción del clima del punto 3.1.3, con excepción de los datos de la estación meteorológica de ETESA en el primer párrafo

nublada, caliente y opresivo a lo largo del año. La temperatura oscila entre 23 °C a 32 °C y muy rara vez baja de los 21 °C o sube más de 34 °C.

Temperatura:

La temporada calurosa presenta una temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C, y la temperatura mínima de 24 °C.

La temporada fresca presenta una temperatura máxima promedio diaria es menor de 30 °C. El día más frío es el 22 de enero con un promedio de temperatura mínima de 23 °C y máxima de 32 °C.

Nubes:

El 29 de noviembre, aproximadamente, inicia la parte más despejada del año y termina el 14 de abril con una duración de 4.5 meses. El día más despejado de año es el 13 de enero. Este puede no estar nublado o hasta 51% nublado.

El 14 de abril es el inicio de la parte más nublada del año hasta el 29 de noviembre. Dura aproximadamente 7.5 meses. El día más nublado es el 25 de julio en donde el cielo está el 96% del tiempo nublado solo el 4% mayormente despejado o parcialmente nublado.

Lluvia:

El 17 de marzo hasta el 19 de enero ocurre la temporada de lluvia con una duración de 10 meses. Este tiene un intervalo móvil de 32 días de lluvia con al menos 13mm. La mayor cantidad de lluvia cae durante los 32 días centrados alrededor del 31 de octubre, se acumula un promedio de 187mm de agua.

La duración anual sin lluvia es de 1.9 meses, iniciando el 19 de enero y terminando el 17 de marzo. El 12 de febrero, aproximadamente, es el día con menor cantidad de lluvia y acumula un promedio de 6mm.

Sol:

La duración del día en el corregimiento no varía significativamente a lo largo del año, solo hay una variación de 39 minutos de las 12 horas todo el año.

Viento:

La velocidad promedio del viento por hora posee variaciones estacionales extremas a lo largo del año. La sección más ventosa del año inicia el 9 de diciembre y termina el 1 de mayo con una duración de 4.8 meses. Este con una velocidad promedio del viento de más de 18.4 km/hr. El 26 de febrero es el día más ventoso y tiene una velocidad promedio de 26.6 km/hr.

La época más calmada sucede durante 1 de mayo al 9 de diciembre con una duración de 7.2 meses. El día más calmado es el 22 de septiembre y posee una velocidad promedio del viento de 10.20 km/hr. La dirección del viento se dirige mayormente por el noroeste.

Agua:

La temperatura del agua varía entre 26 °C a los 29 °C.

3.1.4. Hidrografía⁴⁴

El distrito de Chepo alberga uno de los más grandes ríos del país: el río Bayano, conocido también como río Chepo, ubicado en la comarca Madugandí. Igualmente acoge uno de los largos más importantes: el lago Bayano, este es utilizado para generar energía hidroeléctrica que alimenta de electricidad a la ciudad de Panamá. Otro río importante que se encuentra en la zona es el río Mamoní en el cual confluye en puerto Coquira. Algunos datos importantes de estos ríos son:

- **Río Bayano:** es la cuenca 148, tiene una longitud de 206km y una superficie de cuenca de 5,291.5km². Nace en la cordillera de San Blas y desemboca en el golfo de Panamá. Este río el tercero más grande del país. Sus principales afluentes son los ríos Ipetí, Mamoní, Majé y Chararé. En 1976 se formó el lago Bayano tras ser represado su curso.
- **Río Mamoní:** Esta ubicado paralelamente al río Pacora. Su dirección es hacia el este y se devuelve al sur para unirse con el río Bayano. Este posee tres segmentos que son el Cañón del Mamoní, Mamoní Arriba y el Mamoní Abajo.

⁴⁴ Información obtenida del documento: "Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022"

En el distrito se encuentran más de 55 ríos y quebradas, el lago Bayano hace que el sitio sea atractivo para asentamientos pesqueros y agropecuarios, igualmente tiene un potencial turístico no explorado. Los ríos y afluentes del distrito de Chepo son los siguientes:

- Quebrada Cali
- Quebrada Manuel
- Quebrada Zurda
- Río Alcatraz
- Río Amboya
- Río Bote
- Río Calobre Cienaga
- Río Cañazas
- Río Cañita
- Río Chararé
- Río Chepo o Bayano
- Río Chichebre
- Río Corpus Cristi
- Río Culebra
- Río Curtí
- Río Diablito
- Río Diablo
- Río Escobal
- Río Hondo
- Río Ipetí
- Río Juan Bañón
- Río Juncal
- Río Lagarto
- Río Lorena
- Río Majé
- Río Majecito
- Río Mamoní
- Río Matinambo
- Río Navagantí
- Río Nuevo
- Río Paja
- Río Partí
- Río Pasiga
- Río Piragua
- Río Unioncito
- Río Piriati
- Río Playita
- Río Playita Blanca
- Río Sábalo
- Río Saíno
- Río San Felipe
- Río Sangandí
- Río Santa Bárbara
- Río Seco
- Río Señora
- Río Tapagrilla
- Río Terable
- Río Tigre
- Río Tiguarsicua
- Río Tortí
- Río Trapiche
- Río Tumagantí

Mapa 03

Mapa hidrográfico del distrito de Chepo.



Nota. Adaptado de [Hidrografía de Panamá]. (2021). ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Mapa 04

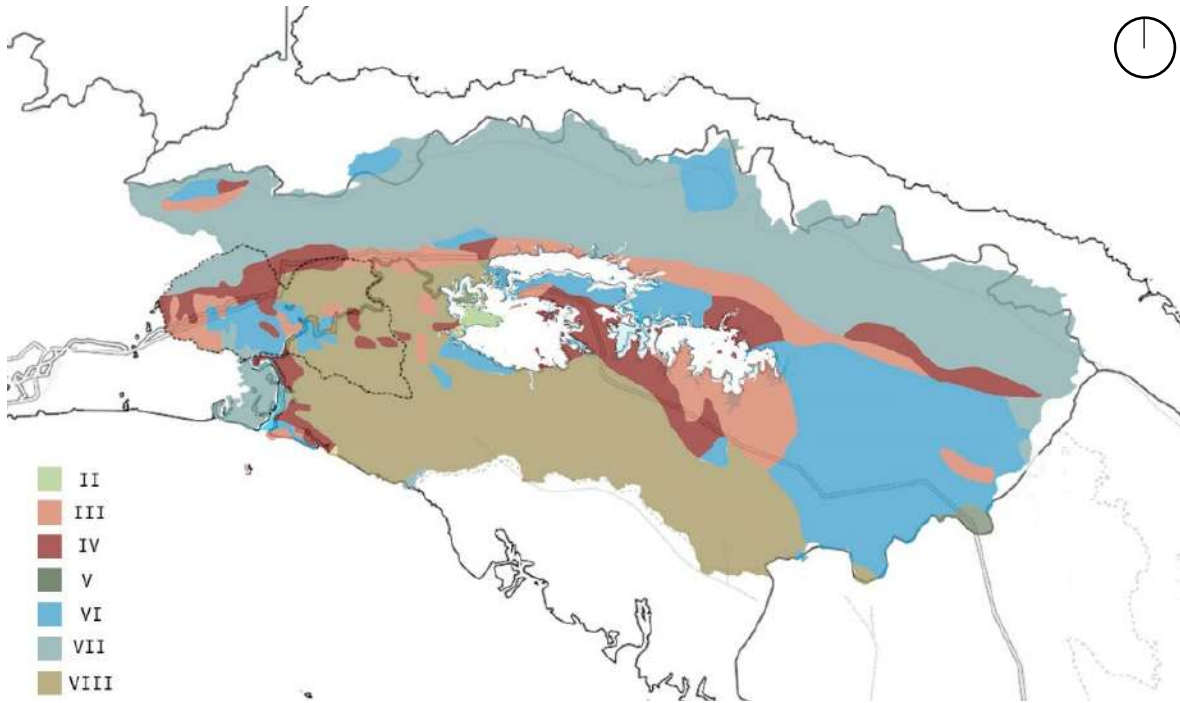
Mapa hidrográfico del corregimiento de Chepo.



Nota. Adaptado de [Hidrografía de Panamá]. (2021). ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Mapa 05

Tipos de suelo del distrito de Chepo



Nota. Adaptado de [Tipos de suelo de Panamá]. (2021). ArcGIS. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

3.1.5. Suelos

Como el mapa lo indica, en el distrito de Chepo encontramos 7 tipos de suelo:

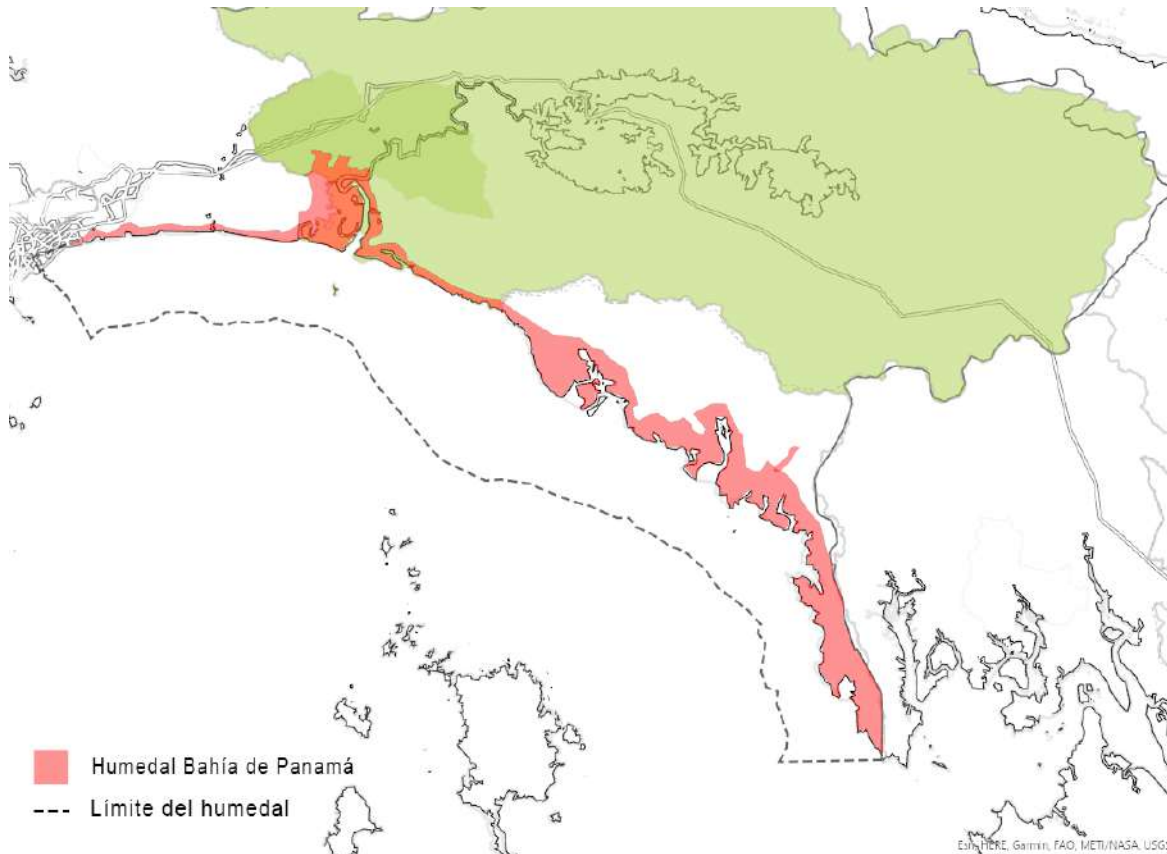
- **Tipo II:** Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación moderada.
- **Tipo III:** Arable, severas limitaciones en la selección de plantas, requiere conservación especial o ambas cosas.
- **Tipo IV:** Arable, muy severas limitaciones en la selección de plantas, requiere manejo muy cuidadoso o ambas cosas.
- **Tipo V:** No Arable, poco riesgo de erosión, pero con otras limitaciones, apta para bosques y pastos.
- **Tipo VI:** No Arable, con severas limitaciones, apta para bosques, pastos y tierra de reservas.

- **Tipo VII:** No Arable, con limitaciones muy severas, apta para bosques, pastos y tierra de reservas.
- **Tipo VIII:** No Arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales.

3.1.6. Cobertura Vegetal

Mapa 06

Cobertura del humedal, Bahía de Panamá



*Nota. Adaptado de [Zonas protegidas]. (2020). ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>*

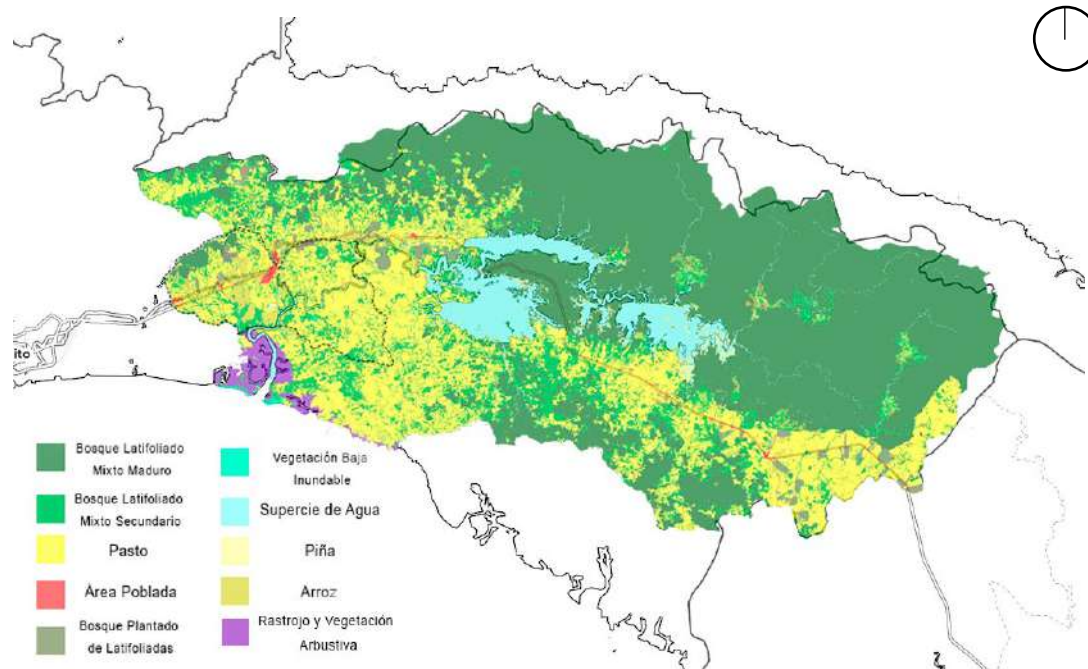
En una sección del distrito de Chepo se ubica el área protegida: Humedal Bahía de Panamá, declarada en la resolución AG-0072-2009. Esta posee una extensión de 85,652 hectáreas, y en donde 45,960 son superficie marina.

Entre otras zonas protegidas se encuentran:⁴⁵

- Zona de Protección Hidrológica Tapagra: con una superficie de 2,443.51 hectáreas y se encuentra en la comunidad de Tierra Prometida.
- Patrimonio Natural Hidrológico Cuenca del río Cucuyal y Tortí Arriba: con una extensión de 1,200 hectáreas, se ubica en el corregimiento de Tortí.
- Reserva Hidrológica del Majé: con una superficie aproximada de 16,732 hectáreas, es perteneciente a la Cuenca del Río Bayano, dentro de él se alojan las islas Majé, un producto de embalse formado durante la construcción de la represa hidroeléctrica sobre el río.
- Comarca Guna de Madungandí: Su superficie es de 2318,8 km², la comarca no está dividida en distrito ni tiene capital. Esta colinda con el río y lago Bayano. En esta comarca se encuentran 12 comunidades que son: Akua Yala, Ibedí,

Mapa 07

Mapa de cobertura vegetal del distrito de Chepo.



Nota. Adaptado de [Cobertura Vegetal de Panamá]. (2021). ArcGIS. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

⁴⁵ Información obtenida del documento: “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022”

Pintupu, Icardí, Piria, Cuinupdi, Nargandí, Ogobnawila, Diwar Sikua, Capandi y Tabardi.

- Cuenca del río Bayano: esta aún se está trabajando en el proyecto de protección para el río y sus afluyentes por el ministerio de Mi Ambiente y el Municipio de Chepo. De ser aprobado tendrá una superficie de 2,000 hectáreas de área boscosa, que sirven de soporte vital de del río Bayano.

El distrito de Chepo tiene una extensión boscosa, con 2,651.81 km² en bosques maduros, de los cuales 345.86 km² son bosques intervenidos y/o secundarios, y otros de 561. 01 km². Viendo esto, es importante mencionar que en el distrito gran parte del territorio es considerado boscoso. Los tipos de cobertura presente en el distrito son:

- Bosque latifoliado mixto maduro
- Bosque latifoliado mixto secundario
- Pasto
- Área poblada
- Bosque plantado de latifoliado
- Vegetación baja
- Superficie de agua
- Piña
- Arroz
- Rastrojo y vegetación arbustiva.

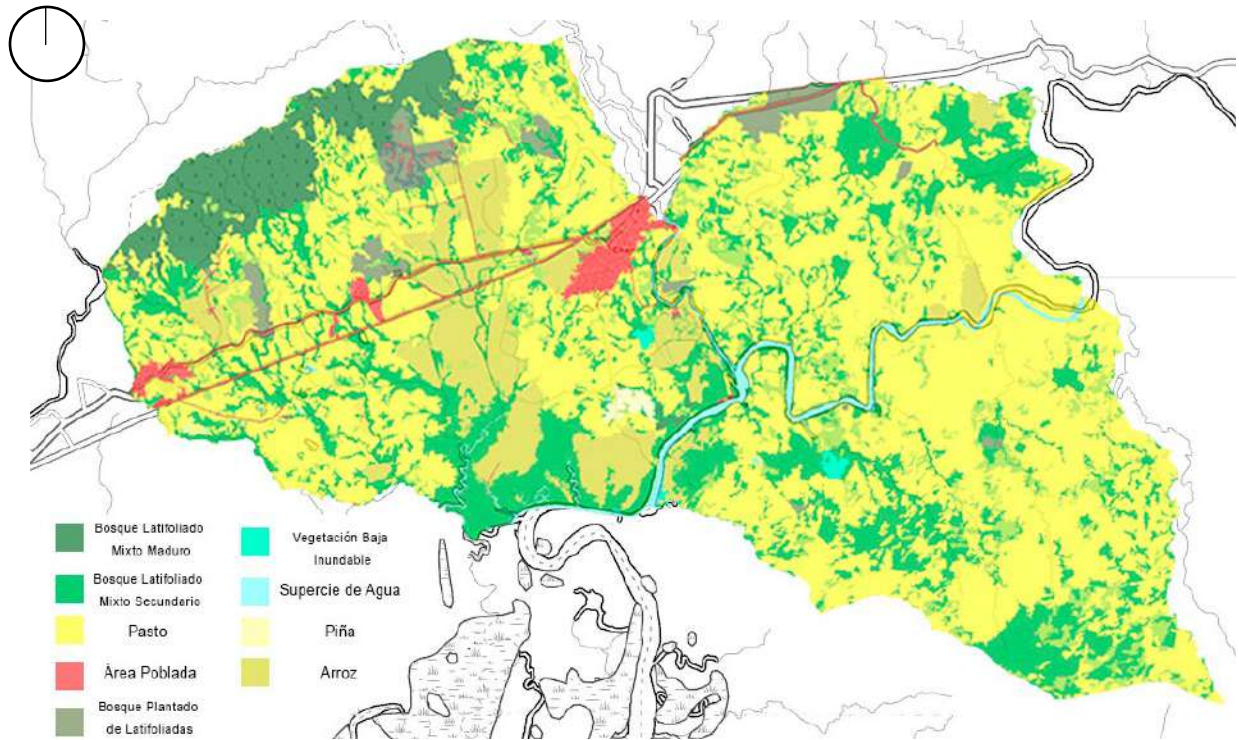
Los tipos de cobertura presente en el corregimiento son:

- Bosque latifoliado mixto maduro
- Bosque latifoliado mixto secundario
- Pasto
- Área poblada
- Bosque plantado de latifoliado
- Vegetación baja

- Superficie de agua
- Piña
- Arroz.

Mapa 08

Mapa de cobertura vegetal del corregimiento de Chepo.



Nota. Adaptado de [Cobertura Vegetal de Panamá]. (2021). ArcGIS. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Como es de notar, la cobertura de pasto es la que tiene más presencia en el corregimiento, seguido por el bosque latifoliado secundario, y el tercero más abundante siendo el bosque latifoliado mixto maduro.

3.2. Aspectos históricos y demográficos

Es importante conocer la historia de una zona y su gente antes de pensar en intervenir en el espacio, al investigar con anterioridad se conoce su identidad cultural del lugar y se ofrece una mejor propuesta para la población.

3.2.1. Antecedentes históricos

En 1515, fue descubierto el distrito de Chepo por Antonio Tello Guzmán, el cual le dio el nombre de Chepo a honor del cacique jefe del poblado.

En 1736, el obispo de Panamá, Fray Pedro Rubio y Auñón, describe al territorio de Chepo como una comunidad muy poblada, con algunas familias blancas, pero con una mayor población de personas de color, esta alcanzaba las 2,000 personas.

En 1855, fue fundada la comunidad de Chepo, siendo sus primeros pobladores indígenas. La población original había sido reducida por la intervención de los españoles y las enfermedades, esto causó que a los pobladores se les integraran personas de otras provincias.

Originalmente, Chepo estuvo ubicado a orillas del río Mamoní, pero el pueblo se tuvo que trasladar de varios lugares, ya que había sufridos varios ataques de los piratas quienes llegaban para apropiarse de las riquezas que venían de Europa y la capital de Panamá. Los tesoros eran almacenados en el pueblo, ya que estaba cercano a los ríos navegables Mamoní y Bayano, que eran salidas naturales del Archipiélago de las Perlas y al Mar del Sur.

Sobre las creencias del poblado, el santo patrono de Chepo es San Cristóbal desde 1569, aunque por un tiempo fue San Cristo, debido por una confusión de traslado entre Chepo y Chimán. La Iglesia Católica de Chepo alberga la imagen de San Cristobal, y esta edificación está ubicado el cementerio a entradas del pueblo.

Los límites del distrito fueron establecidos el 6 de agosto de 1863, aunque es importante destacar que un tiempo después no fue considerado como distrito por una ley establecida durante el gobierno del presidente Arnulfo Arias. En la Ley No. 82 del 1 julio de 1941, en uno de sus artículos mencionaba que un distrito necesitaba por lo menos que el territorio albergara 10 mil habitantes. Sin embargo, en ese momento el distrito de Chepo solo contaba con 4,203 pobladores, por ende, no fue visto como en un distrito ante la ley. Actualmente, el distrito de Chepo cuenta con más de 40,000 habitantes, considerándose como un distrito.

Por el momento no se celebra en Chepo alguna festividad relacionada a su fundación, lo cual es lamentable dado que es uno de los distritos más antiguos del país. Se están adelantando gestiones para establecer una fecha oficial para celebrar la fundación del distrito y rescatar tradiciones importantes del poblado, de esta manera recordar la identidad de la comunidad.⁴⁶

3.2.2. Población

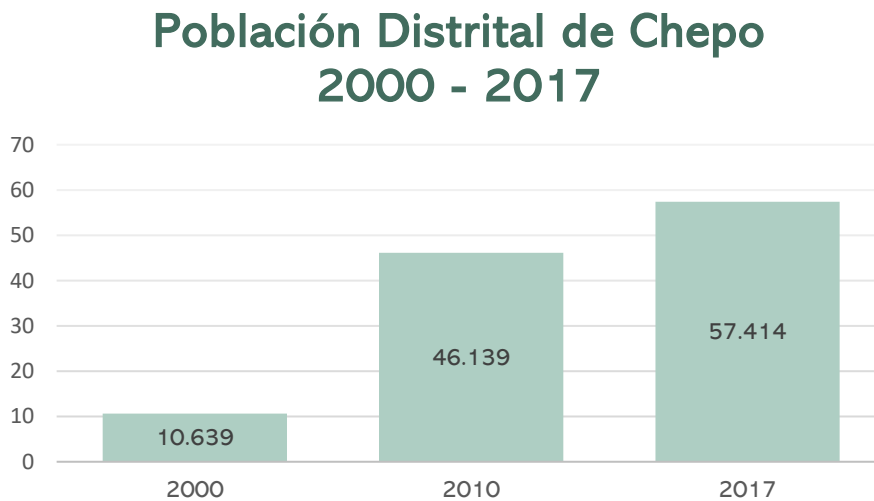
Según el Censo de Población del 2010, el distrito de Chepo contó con una población registrada de 46,139 personas. A comparación del censo del año 2000 que fueron 10,639 habitantes, esto representa un crecimiento anual de 1,064 personas.

El 9.5% de esta población es indígena de la comarca Guna de Madugandí, en ella habitan 12 comunidades actualmente.

Para el 2017, la Contraloría General de la República estimó una población de 57,414 habitantes en el distrito, siendo un 16% adicional del censo del 2010. Se aproxima que para el 2020 iba a crecer un 22.2%, aunque esta información no ha sido rectificada por la cancelación del censo del 2020 causado por la pandemia ocurrida en el 2020 y 2021 (año del desarrollo del trabajo de grado). Cabe aclarar que para el 2020 hasta

Gráfico 01

Gráfico de población distrital de Chepo.



Nota. Se puede apreciar el rápido crecimiento poblacional del año 2010 al 2017.

⁴⁶Información obtenida del documento: "Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022" pág. 14y 15

la fecha de redacción de la investigación, ocurrió una pandemia el cual el protagonista fue la enfermedad COVID-19, cuyo virus siendo el SRAS-CoV-2 y para evitar fatalidades mayores se hicieron muchas restricciones en el país.

3.2.3 Densidad

Según el censo del 2010, el distrito de Chepo posee una superficie territorial de 4,937.00 km² con una población de 49,385 habitantes, teniendo una densidad de habitantes promedio por kilómetro de 10 hab./km². El corregimiento de Chepillo es el más pequeño de todos, con una superficie de 1.00 Km² y con 271 hab./km² tiene la más alta densidad de población de todos los corregimientos.

A continuación, se presentará un cuadro de densidad por corregimiento extraído de la tesis: “Políticas Estatales que Inciden en la Exclusión Social y Desigualdad en las Familias que Habitan en el Asentamiento Informal Unión de Azuero, Chepo. Propuesta de Programa” por Bella María Rodríguez Escobar:

Tabla 10

Cuadro de densidad de población de Chepo.

Cuadro de Densidad de Población del distrito de Chepo Año 2010			
Distrito corregimiento	Superficie (Km ²)	Habitantes	Densidad (Hab./km ²)
Chepo (distrito)	4,937.00	49,385.00	10.00
Chepo (cabecera)	438.60	21,868.00	49.86
Cañita	359.00	2,693.00	7.50
Chepillo	1.00	271.00	271.00
El Llano	472.90	3,010.00	6.36
Las Margaritas	263.60	5,350.00	20.30
Santa Cruz de Chinina	351.50	1,690.00	4.81
Comarca Guna de Madugandí	2.075.90	4,575.00	2.20
Tortí	974.50	9,928.00	10.19

Fuente: Dirección de Estadística y Censo. Año 2010. Contraloría General de la República

Nota. Tomado de Dirección de Estadística y Censo. (2010). Cuadro de Densidad de Población del distrito de Chepo Año 2010. Contraloría General de la República.

3.2.4. Composición de la población

Al analizar la composición de los habitantes por su edad y sexo permite evaluar el potencial de la población física y económicamente activa.

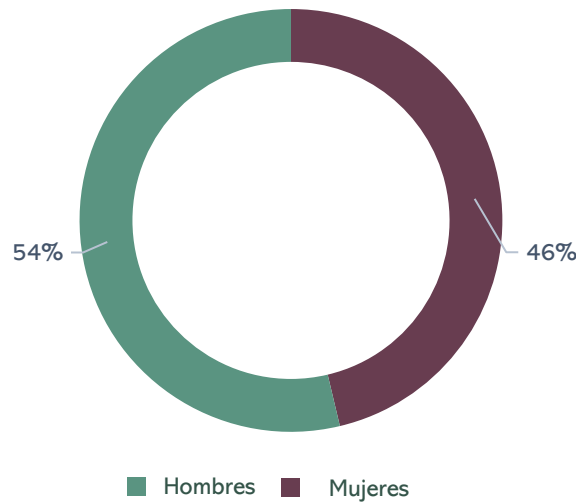
3.2.4.1 Composición por sexo

El distrito de Chepo cuenta 26,066 habitantes hombres y 23,319 habitantes mujeres. Siendo la mayoría de la población compuesta por hombres con un 6% superior en número, mostrando un índice de masculinidad de 114.70 hombres por cada 100 mujeres.

Gráfico 02

Población por sexo en Chepo.

Pobalación por Sexo de Chepo



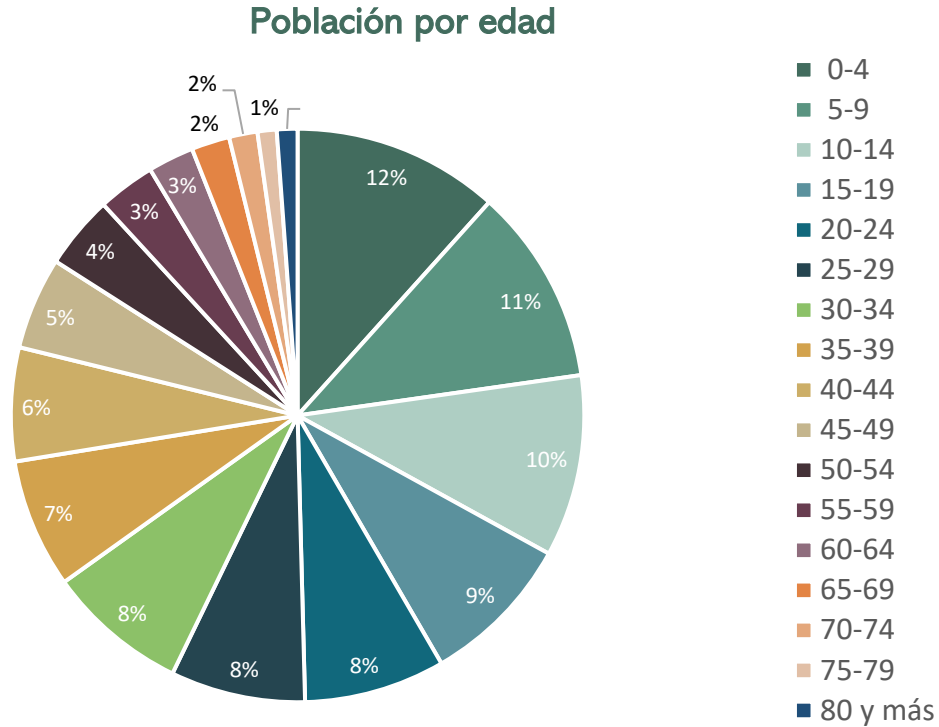
3.2.4.2. Composición por edad

Según el censo del 2010, se observa que la mayor incidencia de la población en el distrito es joven, siendo de los 0 a los 19 años. Este representa un 42% de la población, habiendo 19,609 habitantes repartidos en 10,053 hombres y 9,546 mujeres.

Cabe mencionar que con la llegada de la línea 2 del metro se calcula que en el distrito se alojarán 6,000 familias nuevas.

Gráfico 03

Gráfico de población por densidad en Chepo.



3.3. Aspectos sociales y económicos

Los aspectos sociales son ciertas características que reflejan las formas en que se organiza un sector, sus tradiciones, costumbres, cultura, forma de pensar y los movimientos de la población.

Los aspectos económicos es la manera de producción que es característica del lugar, son las actividades económicas principales, como la forma en que consumen productos, comercializan y los distribuyen.

3.3.1. Vivienda

Según los datos obtenidos del censo del 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censo, en todo el distrito de Chepo se encuentran un total de 15,384 viviendas en las cuales 496 son improvisadas y 52 residencias allanando espacios no destinados a vivienda. Teniendo un promedio de habitantes por vivienda distrital de 3.20.

Específicamente en el corregimiento cabecera de Chepo se encuentran 6,995 viviendas, siendo 162 improvisadas y 18 residencias allanando espacios no destinados a vivienda. Teniendo un promedio de habitantes por vivienda distrital de 3.13.

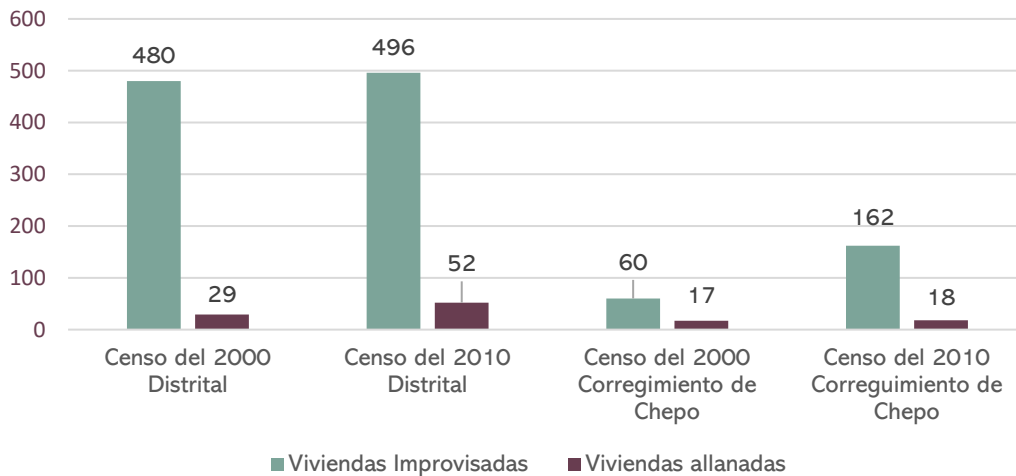
Comparando esta información con el censo del 2000, se pueden observar el crecimiento de viviendas informales, ya que en el distrito de Chepo había un total de 10,605 viviendas en las cuales 480 eran improvisadas y 29 residencias allanando espacios no destinados a vivienda. Se observa que desde el 2000 al 2010 apareció un aumento de 16 casas informales y 23 viviendas allanadas en el distrito.

En el corregimiento de Chepo se aprecia un total de 3,923, en las cuales 60 eran improvisadas y 17 residencias allanando espacios no destinados para viviendas. Observando un aumento de más del doble de viviendas informales, siendo una suma de 102 viviendas adicionales desde el censo del 2000 a diferencia de las viviendas allanadas con solo un aumento de 1.

Gráfico 04

Gráfico comparativo de viviendas informales.

Gráfico Comparativo de Viviendas Informales del Censo del 2000 y 2010



Nota. Fuente del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

Asentamientos informales

Según el “Plan Estratégico del Municipio de Chepo”, El municipio de Chepo actualmente está haciendo trabajos activos con inspectores para evitar el crecimiento descontrolado de los asentamientos informales, sin embargo, es algo que no se ha logrado con una solución total y continúa siendo un problema vigente.

El distrito de Chepo, en especial en el corregimiento cabecera existen diversos casos de asentamientos informales. Estos asentamientos han sido reconocidos y censados por el municipio y una gran parte de ellos están en proceso de evaluación y toma de decisiones para proceder con el desalojo o la concesión de los terrenos.

Aunque estos trámites estén en proceso existe una fuerte necesidad de ofrecer un plan sostenible y seguro para estas familias en situación informal. Mucha de las inflaciones actuales sucede en terrenos estatales, y entre los privados se encuentran en los sectores de la “Higuera” y el “20 de abril.” A continuación, se mostrará una tabla obtenida del documento recién mencionado con la ubicación de los asentamientos informales en el distrito de Chepo:

Tabla 11

Asentamientos informales en el distrito de Chepo

Asentamientos Informales en el Distrito de Chepo	
Lugar Asentamiento Informal	Corregimiento
Tanara	Chepo (Cabecera)
Chichebre	Chepo (Cabecera)
Vía Melo	Chepo (Cabecera)
Higuera	Chepo (Cabecera)
20 de Abril	Chepo (Cabecera)
Las Margaritas	Chepo (Cabecera)
La Pista	El Llano
20 de Diciembre	Cañita

Nota. Tomado del Municipio de Chepo. (2018). Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo.

3.3.2. Educación

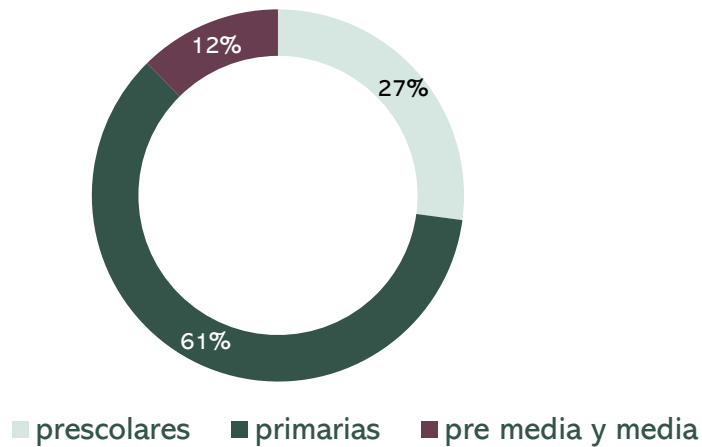
El distrito de Chepo cuenta con 177 centros educativos a lo largo de todo el distrito. Con un promedio de 95.6% de la participación de la población menor de 15 años, de 8.9% de personas analfabetas mayores de 10 años y 6.20% en el grado más alto aprobado.

El distrito de Chepo pertenece al Circuito Escolar 2, según la modificación de los artículos 1 y 2 del Decreto Ejecutivo 141 de 4 de septiembre de 1997. Según el censo del 2010 existen 48 escuelas prescolares, 107 escuelas primarias y 22 escuelas pre medias y media.

Gráfico 05

Escuelas del distrito de Chepo.

Escuelas en el distrito de Chepo



Nota. Fuente del Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo.

Recopilándose estas instalaciones en total albergan 649 aulas con una matrícula de 6,735 estudiantes (según información del 2014 dada por el Meduca). Obteniendo un resultado de 46 aulas prescolares para 1,010 estudiantes en matrícula, 444 aulas primarias con 4,243 estudiantes matriculados y 156 aulas de premedia y media con 1,481 estudiantes matriculados.

La matrícula en la provincia de Panamá tuvo un total en el 2014 de 128,170 estudiantes y 6,735 eran matriculados del distrito de Chepo. En el distrito existen

6,474 estudiantes de primaria aprobados, 261 reprobados y 55 estudiantes en deserción escolar. Se concluye que el 96% de los estudiantes de primaria aprueba los cursos.

Para los estudiantes matriculados de Premedia y media en el distrito, según los datos del 2014, fueron de 4,473. En donde en 4,112 aprobaron, 150 reprobados y 211 desertaron. Interpretándolo el 91% de los estudiantes de pre media y media aprueban los cursos. Es importante mencionar que, en el 2015, el Ministerio de Educación entregó Becas Universales de 10,783 subsidios para apoyar a las familias para la educación menor.

Para la formación no profesional, el INADEH ofrece para el distrito de Chepo 37 cursos. Para la educación superior universitaria, desde el 1 de marzo del año 2000 se creó en Chepo una extensión de la Universidad de Panamá.

Según censo del 2010, el distrito de Chepo cuenta con 30,483 alfabetas y 2,637 analfabetas dando un porcentaje de 9% en analfabetismo. El distrito con mayor población de analfabetismo es la cabecera de Chepo con 911 personas dando un porcentaje del 6%.

3.3.3. Población económicamente activa

El distrito de Chepo es un sector mayormente rural cuyas actividades económicas populares son: La agricultura, apicultura, ganadería, caza, pesca y la construcción. Aunque también ofrecen otros servicios secundarios.

A continuación, una tabla de actividades económicas del distrito resumida por el Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022:

Tabla 12

Cuadro de población económicamente activa

Categoría en la actividad económica	Población ocupada de 10 años o más de edad				
	Total	Sexo			
		Hombres	%	Mujeres	%
Total	17,430	13,223	75.90	4,207	24.10
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura, pesca y actividades de servicios conexas.	5,626	5,417	96.30	209	3.70
Explotación de minas y canteras.	40	36	90.00	4	10.00
Industrias manufactureras.	1421	1208	85.00	213	16.80
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire Acondicionado.	56	44	78.60	12	21.40
Suministro de agua, alcantarillado desechos y actividades de saneamiento.	75	63	84.00	12	27.00
Construcción	1673	1631	97.50	42	2.50
Comercio al por mayor y al por menor (incluye Zonas Francas); reparación de los vehículos de motor y motocicletas.	2899	1924	66.40	975	33.60
Transporte almacenamiento y correo.	888	830	93.50	42	2.50
Hoteles y restaurantes.	627	190	30.30	437	69.70
Información y comunicación.	36	22	61.10	14	38.90

Actividades financieras y de seguros.	1113	52	46.00	61	54.00
Actividades inmobiliarias.	54	42	77.80	12	22.20
Actividades profesionales, científicas técnicas.	140	107	76.40	33	23.60
Actividades administrativas y servicios de apoyo.	441	359	81.40	82	18.60
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación.	850	525	61.80	325	38.20
Servicios sociales y relacionados con la salud Humana.	586	177	27.00	409	69.80
Enseñanza	668	209	31.30	459	68.70
Artes entrenamiento y creatividad.	114	54	47.30	60	52.70
Otras actividades de servicio.	313	146	46.60	167	53.40
Actividades de los hogares en calidad de empleadores, actividades indiferenciadas de producción de bienes y servicios de los hogares para uso propio.	613	23	3.80	590	96.20
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	197	164	83.20	33	16.80

Censo Año: 2010, Fuente: Contraloría General de la República.

Nota. Dirección de Estadística y Censo. (2010). Cuadro de Densidad de Población del distrito de Chepo Año 2010. Contraloría General de la República.

Según los datos del censo del 2010, el distrito de Chepo tiene una media de ingresos de B/. 299.80 mensuales. El corregimiento de cabecera, Chepo, posee el primer puesto con B/.463.00 con un porcentaje de pobreza general de 19% (siendo el corregimiento

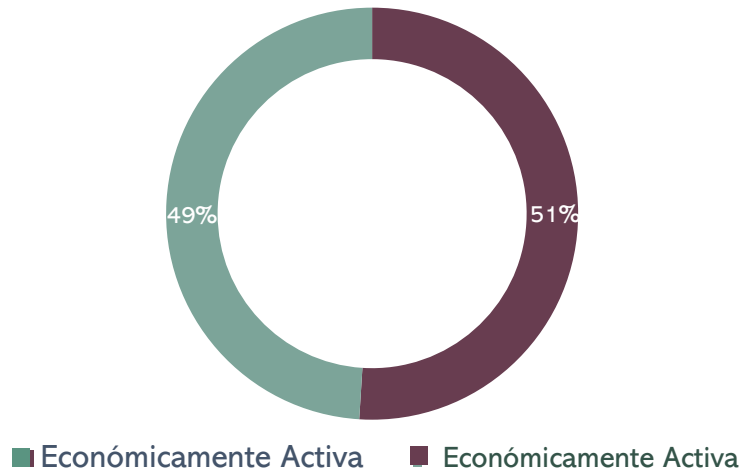
con menor porcentaje), sin embargo, el corregimiento de Santa Cruz de Chinina con B/.140.00 es el corregimiento con menos ingresos con un porcentaje general de pobreza de 48%.

La población de 10 años o más es de 36,031 en el distrito, la económicamente activa es del 51% que representa 18,375 personas y la no económicamente activa es del 49% con una representación de 17,656 habitantes.

Gráfico 06

Población económicamente activa e inactiva.

Población Económicamente Activa e Inactiva



Nota. Dirección de Estadística y Censo. (2010). Cuadro de Densidad de Población del distrito de Chepo Año 2010. Contraloría General de la República.

Para aclarar, la población económicamente activa es aquella que posee un trabajo formal permanente y que aporta a la economía del distrito, sin embargo, la población económicamente activa desocupada es aquel que posee trabajos informales no permanente y/o que en el momento estaban desempleados.

La población económicamente activa ocupada en el distrito es de 16,765 personas con la equivalencia del 95%. La población económicamente activa desocupada es de 938 con un equivalente del 5%. Es importante mencionar que esas cifras son del censo del 2010, es probable que la crisis económica causada por la pandemia del Covid-19 haya aumentado los números de la población económicamente activa desocupada y la población sin empleo para el año del 2021.

Pobreza Extrema

En cuestión de la pobreza extrema, en el distrito hay un 7% de la población en esta situación. Los corregimientos de Chepo y Cañita poseen el menor porcentaje de pobreza extrema con un 5%, al contrario del corregimiento de Tortí con el mayor porcentaje de un 22%. En el 2015 el Ministerio de Desarrollo Social, mediante el programa Red de Oportunidad y 120 a los 65, entregó a las personas que se encontraban en estado de extrema pobreza 4,101 subsidios para ofrecer apoyo a este grupo de personas en necesidad.

Economía Informal

La economía informal como lo explica el documento: “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022” son:

“las actividades productivas y económicas que eluden la regulación legislativa y que, por tanto, no están sujetas al control fiscal y contable del Estado ni participan en los circuitos estadísticos ni fiscales. Este tipo de economía se dan mucho en los trabajos de tipo manual, como las actividades de tipo agrícola, agropecuarios, ventas ambulantes, entre otros.”

En el distrito de Chepo el 62% siendo un total de 11,015 habitantes se encuentran en la economía informal, para este grupo de personas los ingresos provienen de actividades agrícolas, pesqueras, agropecuarias, en donde se contratan al trabajador por un tiempo definido y no cuentan con un seguro.

En el distrito se cuenta con ingreso promedio mensual de B/.299.80 aproximadamente, esto según el censo de la Contraloría General. En el corregimiento cabecera el ingreso mensual es de B/. 463.00.

3.3.4. Transporte y vialidad: un reto, una visión del futuro

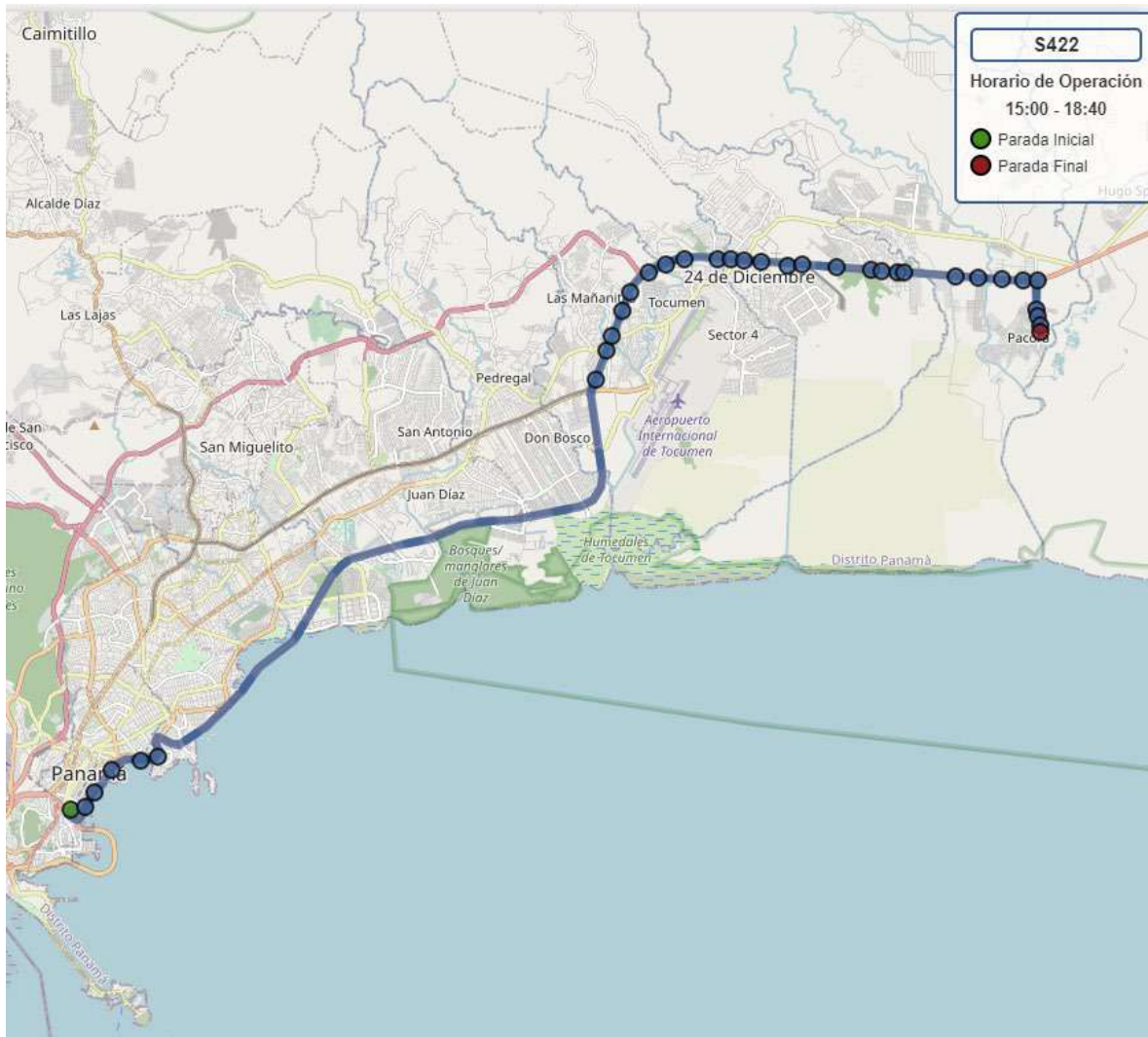
Actualmente, la empresa de transporte público MiBus no ofrece una ruta para el distrito de Chepo, la ruta más cercana en el momento se ubica en Pacora. Los usuarios del distrito de Chepo dependen únicamente de un sistema de transporte dirigido por cooperativas. Estas ofrecen un servicio de taxis y transporte masivo como buses

grandes y pequeños en rutas internas, entre corregimientos y hacia la ciudad de Panamá.

La única empresa actualmente que se encarga de brindar el servicio hacia a la capital de país es la Cooperativa de Transporte San Cristóbal de Chepo, R.L. Las rutas de transporte que ofrece son por el Corredor Sur, Tumba Muerto-Transistmica, Vía España y Corredor Norte.

Mapa 09

Ruta para Pacora de MiBus.



Nota. Tomado de MiBus. (2019). Red de Rutas. <https://www.mibus.com.pa/red-de-rutas/>

Actualmente, no existe una terminal de transporte que organice la circulación y la frecuencia de salida de las distintas rutas.

Red Vial⁴⁷

Para llegar al distrito, se atraviesa la Carretera Panamericana con 129.00 km desde la cabecera de Chepo hasta el límite de la provincia de Panamá con Darién.

La extensión de la red vial del distrito de Chepo es de 762 km en la cual está compuesta de distas superficies.

Los tipos de carreteras que existen en el área son:

- Hormigón con 14.37 km de largo.
- Base de hormigón en superficie de concreto asfáltico con 15.00 km
- Asfalto con 277.61 km
- Tratamiento superficial con 30.30 km
- Revestido con 55.45 km
- Tierra con 419.39 km

Se puede observar que la mayoría de tipo de superficie vial en el distrito es de tierra, reflejando la carencia de infraestructura en el área.

⁴⁷ Información obtenida del documento “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022” pág. 93

A continuación, se mostrará un cuadro de tipos de caminos de la red vial en el distrito⁴⁸:

Tabla 13

Cuadro de Red Vial.

Red Vial por Tipo de Camino Construidos, Reparados y en Mantenimiento del Distrito, año 2015	
Tipo de Caminos	Longitud en Kilómetros
Hormigón	14.37
Capa Asfáltica	173.47
Tratamiento Superficial	2.90
Revestido	52.60
Tierra	429.29

Nota. Tomado de: El Municipio de Chepo. (2018). Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo.

La Red Maestra del Metro de Panamá

Como lo explica el “Estudio de Prefactibilidad del Metro de Panamá”, la Red Maestra del Metro de Panamá *“es el marco de referencia de los futuros proyectos de corredores de transporte público ferroviario que deben ser implementados, con el fin de mejorar la movilidad y la accesibilidad en el Área Metropolitana de Panamá (AMP).”*

En este plan se muestra las rutas de metro nuevas que se planean edificar a futuro. Específicamente la fase 2 de la línea 4 del metro sería una opción de transporte público para los habitantes del corregimiento de Chepo; ya que el plan muestra que la última estación se ubicaría en el corregimiento de Pacora y ya el traslado hacia Chepo sería mucho más acelerado que con el transporte actual. Lastimosamente la fase 2 de la línea 4 no muestra evidencias de su intención a extenderse hacia el distrito de Chepo ni tampoco hay un plan a futuro de parte de MiBus para ofrecer soluciones formales para el transporte colectivo en esta zona.

⁴⁸ Información obtenida del documento “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022”

Es de suma importancia ofrecer un servicio de transporte formal para el distrito de Chepo, ya que los viajes hacia la ciudad son costos y de muy larga duración. Aproximadamente el viaje desde la capital de Panamá hasta el centro del corregimiento de Chepo cabecera cuesta de B/. 4.00 a B/.7.00 diarios (ida y vuelta) y las duraciones pueden variar de 2 a 4 horas dependiendo del tráfico y el tiempo en que se viaja. El problema del transporte público en esta zona es evidente y es algo que debe planearse a futuro y corregirse.

A continuación, se muestran las rutas propuestas marcadas en el Plan Maestro del Metro de Panamá, en línea azul punteado fase 2 de la línea 4 del metro:

Mapa 10

Mapa de rutas del “Plan Maestro del Metro de Panamá.”



Nota. Tomado de: En azul punteado la Fase 2 de la Ruta 4 hacia Pacora. Tomado del Metro de Panamá. (2019). Estudio de Factibilidad, Nueva Red Maestra del Sistema de Metro de Panamá. pág. 46.

3.3.5. Equipamientos urbanos

En la Cabecera de Chepo se encuentran dos parques públicos: el Parque San Cristóbal y el Parque Loma de Río. El resto de los corregimientos del distrito cuentan con al menos con un parque en el centro de cada pueblo. Entre los diferentes tipos de equipamiento Urbano en el corregimiento, (ver MP_11) se presentan:

- Juzgado de Chepo
- Hospital Regional de Chepo
- Cementerio Municipal de Chepo
- Policentro MINSA Chepo
- Iglesia y Parque Central San Cristóbal
- C.E.B.G. Escuela José Gabriel Duque
- Campo de Béisbol
- Tribunal Electoral de Panamá
- Estadio José de la Luz Thompson
- Colegio Venancio Fenosa Pascual
- Estadio de Fútbol Margarita
- Iglesia y Parque de Santa Rosa de Lima
- Centro de Salud de Las Margaritas
- C.E.B.G. Escuela José Del C. Echevers
- Estadio de Béisbol Thomas Gabriel Altamirano Duque

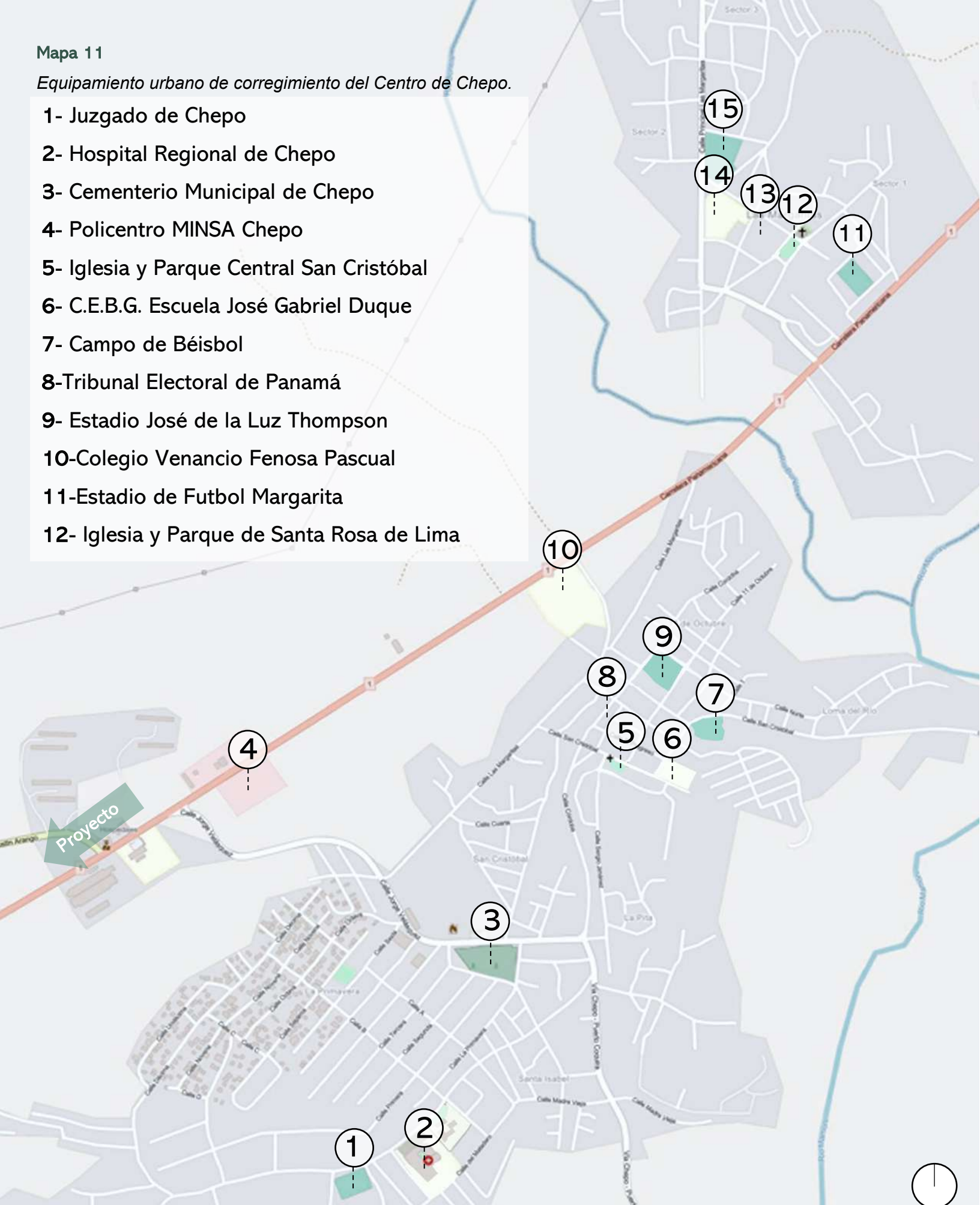
El gimnasio que cuenta el distrito y el cuadro de baloncesto de Chepo se encuentran en malas condiciones debido a que el personal administrativo no le ha dado el apropiado mantenimiento. Como expresa el ‘Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022: *“En el resto del Distrito carece de Infraestructuras Deportivas, Culturales, Auditorios y Anfiteatro que sirvan para despertar el sentimiento deportivo y cultural de la población.”* Evidentemente se aprecia un problema en las edificaciones de propagación cultural del distrito. Por el otro lado, todos los corregimientos de Chepo cuentan con casas locales y comunales.

La Hidroeléctrica del embalse del río Bayano se asienta en el distrito, esta junto la hidroeléctrica de Fortuna abastecen el 52.76 % de la energía consumida en el país. Aunque esta estación esté en el distrito, la electricidad no llega a todas partes de él. Se ha hecho difícil instalar una red de distribución eléctrica para los distintos poblados debido a las largas distancias entre comunidades y el terreno accidentado. Hace un tiempo se inició con la gestión de proyectos de instalación de paneles solares en distintos lugares, pero aún no se abastece la demanda eléctrica. En el distrito, se puede observar la presencia del Puerto Coquira ubicado en el río Mamoní. Pese a que el distrito se destaque por la agricultura, pesca y ganadería, no existe un mercado formal de alimentos ni de artesanías.

Mapa 11

Equipamiento urbano de corregimiento del Centro de Chepo.

- 1- Juzgado de Chepo
- 2- Hospital Regional de Chepo
- 3- Cementerio Municipal de Chepo
- 4- Policentro MINSA Chepo
- 5- Iglesia y Parque Central San Cristóbal
- 6- C.E.B.G. Escuela José Gabriel Duque
- 7- Campo de Béisbol
- 8-Tribunal Electoral de Panamá
- 9- Estadio José de la Luz Thompson
- 10-Colegio Venancio Fenosa Pascual
- 11-Estadio de Fútbol Margarita
- 12- Iglesia y Parque de Santa Rosa de Lima



Nota. En azul punteado la Fase 2 de la Ruta 4 hacia Pacora. Adaptado de [mapa de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Entre las instituciones públicas y de salud en el corregimiento Cabecera de Chepo, se nos ofrece la siguiente tabla resumen adquirido del Plan Distrital⁴⁹:

Tabla 14

Listado de instalaciones Salud y públicas del distrito de Chepo.

Listado de Instalaciones Salud y Públicas de del distrito de Chepo, según corregimiento, año 2014.				
Denominación	Institución	Distrito	Corregimiento	Lugar Poblado
Sede Regional				
Oficina Regional de Panamá Este	MINSA	Chepo	Chepo	Chepo
Hospital				
Hospital Regional de Chepo	CSS	Chepo	Chepo	Chepo
Policlínicas				
Policlínica de Cañita	CSS	Chepo	Chepo	Cañita
Centro de Salud sin cama				
C de S Loma de Naranjo	MINSA	Chepo	Chepo	El Llano
A de S Las margaritas	MINSA	Chepo	Chepo	Las Margaritas
C de S Tortí**	MINSA	Chepo	Chepo	Tortí
Puesto de Salud				
P de S Calobre San Judas	MINSA	Chepo	Chepo	Calobre Arriba
P de S el Tigre	MINSA	Chepo	Chepo	El Tigre
P de S Jesús María	MINSA	Chepo	Chepo	Jesús María
P de S Jesús La Limonada	MINSA	Chepo	Chepo	La Limonada
P de S Trapiche Arriba	MINSA	Chepo	Chepo	Trapiche Arriba
P de S San Judas	MINSA	Chepo	Chepo	San Judas

⁴⁹ Información obtenida del documento “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022” pág. 46 y 47.

Autoridad				
Autoridad de Tránsito y Transporte Terrestre	A.T.T.T.	Chepo	Chepo	Chepo
Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá	ARAP	Chepo	Chepo	Chepo
Autoridad Nacional de Administración de Tierras	ANATI	Chepo	Chepo	Chepo
Autoridad Nacional de Medioambiente	ANAM	Chepo	Chepo	Chepo
Banco				
Banco de Desarrollo Agropecuario	BDA	Chepo	Chepo	Chepo
Banco Nacional de Panamá	BNP	Chepo	Chepo	Tortí
Caja de Ahorros	CA	Chepo	Chepo	Chepo
Educación Técnica, Superior y Especial				
Instituto Panameño de Habilitación Especial	IPHE	Chepo	Chepo	Chepo
Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano	INADEH	Chepo	Chepo	Chepo
Universidad de Panamá	UP	Chepo	Chepo	Chepo
Instituciones Públicas				
Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales	IDAAN	Chepo	Chepo	Chepo
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.	IDIAP	Chepo	Chepo	Chepo
Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses	IMELCF	Chepo	Chepo	Chepo

de Panamá				
Instituto de Mercadeo Agropecuario	IMA	Chepo	Chepo	Chepo
Instituciones municipales				
Dirección de Investigación Judicial	DIJ	Chepo	Chepo	Chepo
Estación Policial Regional Zona A,	PNP	Chepo	Chepo	Chepo
Personería Municipal de Chepo	PMD	Chepo	Chepo	Chepo
Policía Nacional	PNP	Chepo	Chepo	Chepo
Instituciones de Cívicas				
Lotería Nacional de Beneficencia	LNB	Chepo	Chepo	Chepo
Instituto Panameño de Deportes	Pan deportes	Chepo	Chepo	El Llano
Benemérito cuerpo de Bomberos	BCGP	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerios				
Contraloría General de la República	CGR	Chepo	Chepo	Chepo
Tribunal Electoral	TE	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Desarrollo Agropecuario	MIDA	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Desarrollo Social	MIDA	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Educación	MEDUCA	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Obras Públicas	MOP	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral	MITRADEL	Chepo	Chepo	Chepo
Ministerio de Vivienda	MIVI	Chepo	Chepo	Chepo

**** El Centro de Salud de Tortí se convertirá en MINSA- CAPSI**

Nota. Tomado del Municipio de Chepo. (2018). Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo.

3.3.6. Infraestructura y deficiencias de la zona⁵⁰

Agua potable



Actualmente, el distrito de Chepo no cuenta con una adecuada red de abastecimiento de agua potable. En distintos sectores del distrito se observarán el constante uso de tanques de agua que son rellenados por un camión cisterna.

Saneamiento y alcantarillados



El 58.00 % de la población del distrito utilizan letrinas o servicio hueco, el 29.20 % poseen tanque séptico y el 2.41 % está conectado a un alcantarillado. Por el otro lado el 11.60 % de la población no cuentan con ningún servicio.

Alumbrado público



Entre los distintos tipos de alumbrado que se encuentra en el distrito están: el alumbrado eléctrico público, de compañía distribuidora, con un 70.4% en el distrito, eléctrico de la comunidad con 1.15 %, el eléctrico propio con planta eléctrica de 1.42 % y querosín o diésel con 14.60 %. La población que utiliza únicamente velas es de 5.30 %, con panel solar de 2.74 % y de los demás porcentajes menores utilizan otros tipos de métodos.

⁵⁰ Información obtenida del documento “Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo 2018-2022” pág. 93

Manejo de desechos sólidos



El municipio ofrece el uso de los carros recolectores públicos de basura y abarcan el 51.30 % de los desechos. Los recolectores privados recogen el 1.80 %. La basura incinerada o quemada es del 38.50 %. El depósito de desechos en terrenos baldíos es de un 4.40 % y el resto de los porcentajes son menores y de distintos métodos.

Conectividad de internet



En el distrito solo hay unos pocos corregimientos con conectividad a internet. La Cabecera de Chepo cuenta con conectividad en toda su extensión y Las Margaritas con gran parte de conexión. Para el resto de los distritos solo es posible acceder al internet mediante las juntas comunales gracias a un proyecto de empresas privadas.

Delincuencia



Durante los últimos años, la delincuencia común y organizada en el distrito han ido en aumento. A pesar de que no se ha desarrollado ningún plan nuevo para disminuir la criminalidad, se ha aumentado la cantidad de agentes de la Policía Nacional, y se está en procesos de iniciar activamente la participación en el Sistema de Vecinos Vigilantes en distintas áreas.



04

4. Análisis del Sitio

4.1. Factores naturales forma y superficie

Mapa 12

Mapa de localización regional.



Conocer el terreno en donde se edificará es tan importante como el diseño en sí. A continuación, se discutirán las características más destacadas del sitio.

4.1.1 Situación actual

El lote, en la actualidad, no tiene un uso en particular. Se encuentran evidencias de quema en el sitio y la vegetación rastrera está mayormente carbonizada o seca. En el lote no existe vegetación abundante debido a estas quemaduras. Solo se observan árboles en la parte posterior del terreno. La parte frontal baja de la topografía se encuentra una cancha improvisada de fútbol hecha por personas de las urbanizaciones vecinas.

Foto 01

Vista 01 del lote



Foto 02

Vista 02 del lote



Foto 03

Vista 03 del lote



Foto 04

Vista 04 del lote



Foto 05

Vista 05 del lote, cancha improvisada de fútbol

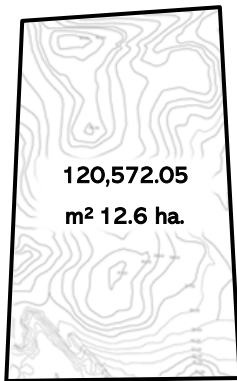


Foto 06

Vista 06 del lote



4.1.2. Topografía y superficie



El polígono tiene una forma de trapezoidal casi rectangular. Cuenta con una superficie de 120,572.05 m² o 12.06 hectáreas y un perímetro de 1,439.40 m².

La topografía es un tanto irregular en sus cotas con una pendiente máxima en el corte "B- lado 2" de 7.83% y un



porcentaje menor 2.16 % del corte "D- Lado 2". A continuación, un cuadro de las secciones topográficas:

Tabla 15

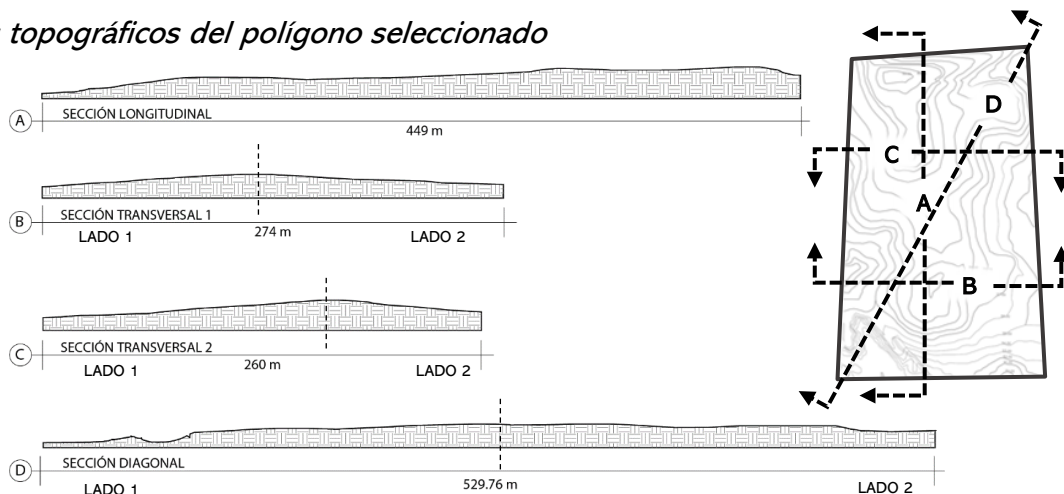
Porcentaje de inclinación topográfica de secciones

Porcentaje de las secciones topográficas	
Sección A	3.99 %
Sección B- Lado 1	7.00 %
Sección B- Lado 2	3.84 %
Sección C- Lado 1	5.86 %
Sección C- Lado 2	7.83 %
Sección D - Lado 1	3.37 %
Sección D - Lado 1	2.16 %

Nota. Cuadro de Porcentaje de Inclinación topográfica de secciones.

Diagrama 07

Cortes topográficos del polígono seleccionado



Nota. Cortes topográficos del polígono seleccionado.



Mapa 13. Plano Topográfico del polígono seleccionado, en Tanara Chepo.

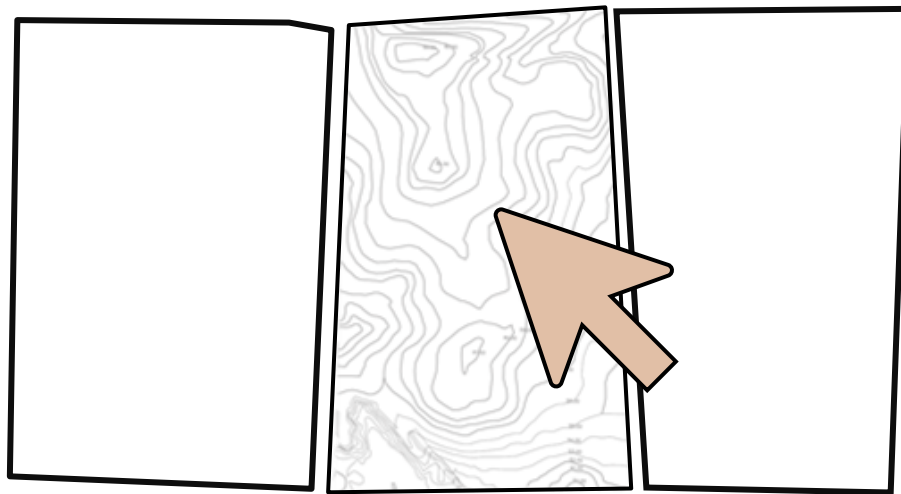
Selección del polígono

El polígono de Tanara se seleccionó para proyectar el modelo de viviendas propuesto en el trabajo de grado por los siguientes motivos:

- Está ubicado en unos de los distritos con mayor índice de viviendas informales en la provincia de Panamá.
- Se encuentra en el corregimiento cabecera de Chepo con cercanías a varios servicios y equipamientos urbanos ya mencionados.
- El polígono posee una topografía poco pronunciada con que se puede fácilmente trabajar un proyecto de urbanización de vivienda.
- Este sitio fue proporcionado por la Dirección Nacional de Asentamientos Informales del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial para la investigación y desarrollo de trabajo de grado. Se le explicó a la dirección el tipo de proyecto que se plantea y como recomendación ofrecieron la ubicación y plano topográfico en la cual se basa la propuesta.
- Es un terreno del Estado. *“Ha sido traspasado al BHN (Banco Hipotecario Nacional) por la ANATI, el cual es una respuesta para reubicar familias que están en terrenos privados de forma ordenada y cumpliendo con la normativa mínima para viviendas.”* Comenta Arquitecto Sahagun Lasso de la dirección Nacional de Asentamientos Informales del MIVIOT. Lo cual facilita las gestiones relacionadas al proyecto.
- Se encuentra a menos de 400m de la Avenida José Agustín Arango y a 1.5km de la Carretera Panamericana.
- Sus colindantes son urbanizaciones establecidas, lo cual no afectará negativamente al contexto social del lugar.

Diagrama 08

Diagrama conceptual de elección del sitio.

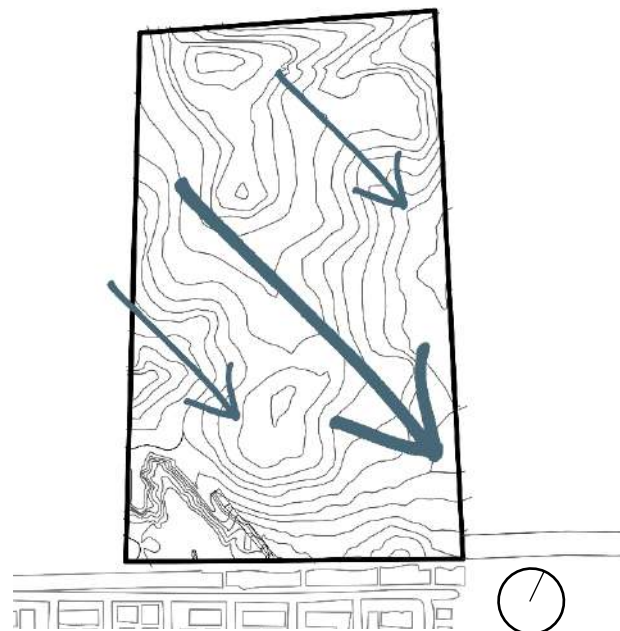


4.1.3. Vientos

Según la estación meteorológica de ETESA, El Narjal, los vientos predominantes en el sitio provienen del Noroeste y una velocidad de 2.16 m/s.

Diagrama 09

Diagrama de vientos del lote

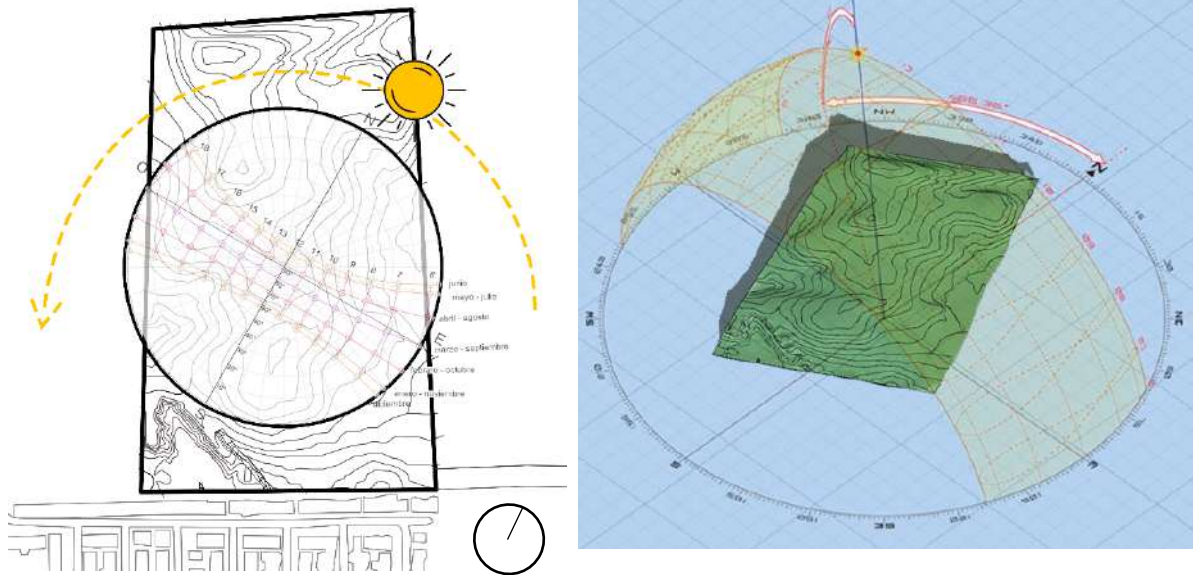


4.1.4. Asoleamientos

El sol de la mañana aparece a 45 ° aproximadamente, del lateral derecho del lote y de la tarde se esconde a -45° del lateral izquierdo.

Diagrama 10

Ilustración e isométrico de asoleamiento del lote.



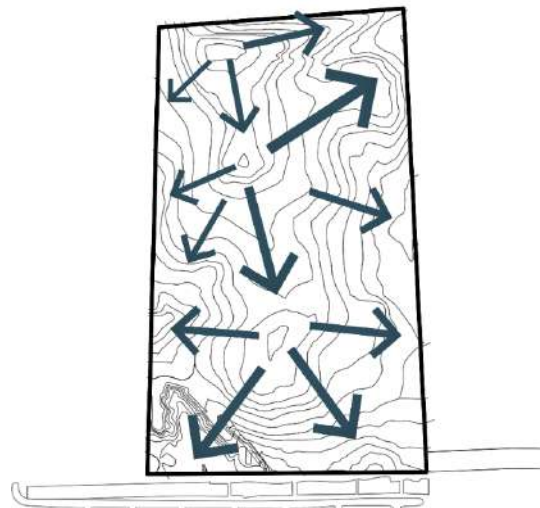
Nota. Adaptado de [Asoleamiento]. (2021). Andrewmarsh.
<http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>

4.1.5. Agua pluvial y escorrentías

La precipitación conocida del terreno según WindFinder⁵¹ es de 2.5 mm/3hr dando un total de 7,300 mm de agua pluvial anual en el sitio.

Diagrama 11

Diagrama en escorrentías del lote



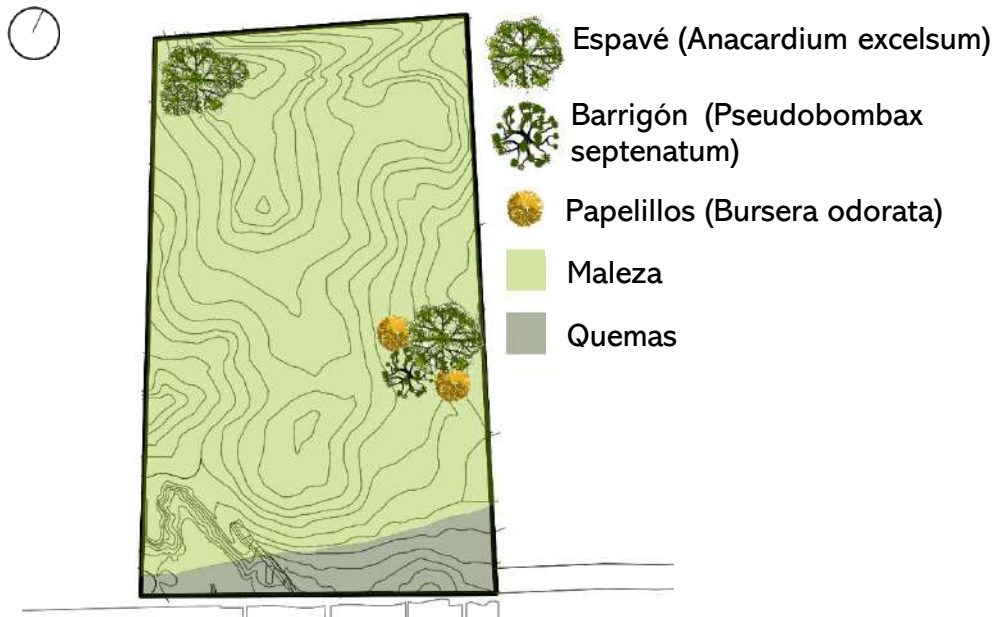
⁵¹ <https://www.windfinder.com/#15/9.1397/-79.2266/rain>

4.1.6. Vegetación existente.

La vegetación existente es casi nula. Se encuentran solo 3 especies de árboles en el lugar el Espavé (*Anacardium excelsum*), el Barrigón (*Pseudobombax septenatum*), y por último el Papelillo (*Bursera odorata*). Entre la vegetación rastrera se puede apreciar la maleza abundante y hay evidencias sólidas que se hicieron quemas en el lugar.

Diagrama 12

Diagrama de vegetación del lote.



4.1.7. Tipo de suelos

El área en donde se escogió el lote para el desarrollo del proyecto está entre los tipos de suelo pasto (III) y bosque latifoliado secundario (II). La tierra en el polígono es arcillosa seca en donde se encuentran asentamientos petrificados de esta misma.

Foto 07

Roca presente del suelo del lote



4.1.8. Vistas de calidad y vecinos

Los linderos del polígono colindan, del lado A se encuentra la urbanización Villas del Tanara; el lado B, otro polígono vecino en donde se desconoce al dueño y por el momento (2021) está desolado.

En el Lado C, se aprecia a la distancia la vista más hermosa del sitio. Ya que se destacan los árboles que se nutren del río cercano trasero y a la distancia unas monumentales montañas que al verlas se siente una paz y un agradecimiento a la vida misma. Por último, del lado D se encuentra otro polígono vecino sin uso alguno por el momento (2021).

A continuación, se presentarán algunas imágenes de las vistas, desde el sitio, encontradas:

Foto 08

Villas de Tanara, Lado A.



Diagrama 13

Diagrama conceptual de linderos del sitio

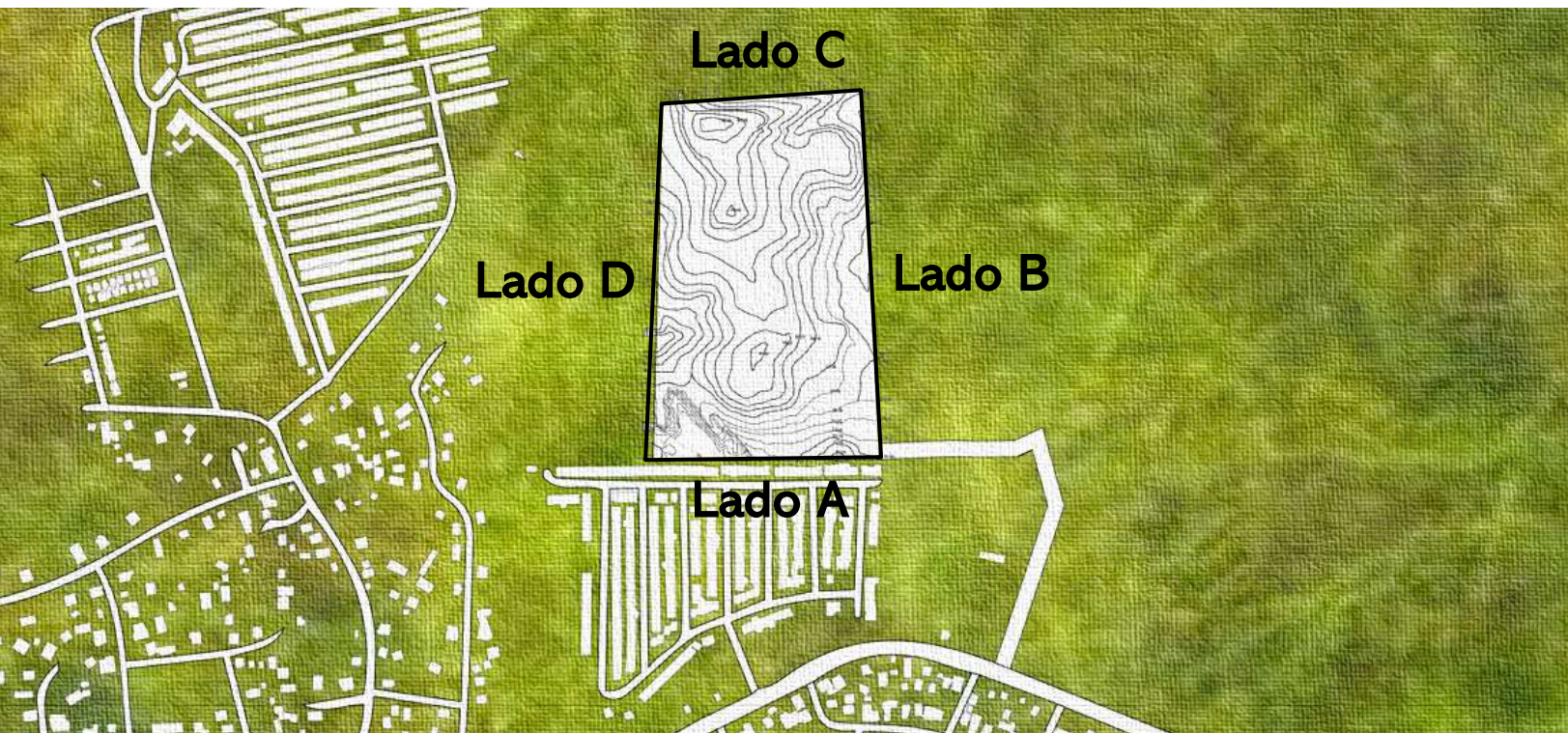


Foto 09

Lindero del lado B.



Foto 10

Montañas del lado C.



Foto 11

Lindero del lado B.



Foto 12

Panorámica del lote



Foto 13

Calle de urbanización de villas del Tanara



4.2. Factores urbanos

Los factores urbanos son aquellas unidades o partes de una urbanización que sistemáticamente componen el lugar, ya sea física y culturalmente. A continuación, se explicarán a detalle.

4.2.1. Vialidad y accesos

Las dos vías principales de acceso hacia el lote seleccionado son la carretera Panamericana y la Avenida José Agustín Arango. El mapa es representado en rojo y azul respectivamente y, en color negro, la entrada que el Ministerio de Vivienda desea concederle al polígono. Actualmente, solo se permite entrar al terreno cruzando la urbanización Villas del Tanara.

Diagrama 14

Diagrama de vías principales de acceso al lote.



Foto 14

Autopista Panamericana.



4.2.2. Edificaciones colindantes

Como es de notar en el mapa (MP_14) por la periferia del área seleccionada se observa la gran cantidad de residencias y comercios presentes en la zona.

Mapa 14

Mapa de llenos y vacíos del Lote.



4.2.3. Redes de suministro

El corregimiento de Chepo se ha caracterizado por no tener muchos servicios básicos urbanos. A continuación, se hablará del estado actual de Tanara y las distintas redes de suministro que poseen o carecen.

Sistema de acueducto

El acueducto utilizado es denominado, según el IDAAN, como “Acueducto Rural”. Este funciona en donde el mismo poblado bajo la junta comunal, recogen el agua mediante posos de abastecimiento. De igual manera, las casas en esta periferia reciben una ayuda del IDAAN mediante camiones cisterna en donde estos abastecen las edificaciones colindantes.

Alcantarillado sanitario

Por el momento no existe un sistema de alcantarillado en Chepo.

Sistema pluvial

El Área de Chepo ciudad central y Tanara, no presentan inundaciones producidas por las lluvias.

Sistema eléctrico

Por el momento no hay algún tipo de sistema eléctrico para el polígono. Para la villa vecina, Villas del Tanara, la compañía ETESA les ofrece cableado aéreo. Por el momento no existe antena o sistema de telecomunicación para el polígono.

Telecomunicaciones

Para las áreas vecinas del terreno, como Villas del Tanara se pueden apreciar antenas de la compañía de Internet y teléfono Claro.

Sistema de recolección de desechos

Según la página oficial de la Autoridad de Aseo de Panamá (Autoridad de Aseo, 2015), el vertedero de Chepo es el sitio de disposición final de los desechos de todos los corregimientos del distrito de Cepo. La superficie con la que cuenta es de una hectárea y media y esos terrenos fueron proporcionados del Municipio para esta finalidad. El

vertedero de Chepo tiene más de 20 años utilizándose para este fin, el 9 de junio del 2015, La a Autoridad de aseo Urbano y Domiciliario realizó un plan para mejorar el hecho de solo depositar la basura en un vertedero distrital. Entre los puntos lograron están (Obtenido de Informe Técnico Oficial: Saneamiento y Adecuación Provisional del Vertedero distrito de Chepo):

- *“Se conformó y estabilizó las vías de acceso internas y externas.*
- *Se conformó un sistema para las aguas pluviales.*
- *Se realizó una limpieza de las áreas afectadas.*
- *Se realizó una remoción de los desechos.*
- *Se realizó la cobertura de los desechos.*
- *Se implementaron controles de seguridad.*
- *Se realizó la compactación de los desechos.*
- *Conformación de taludes.*
- *Conformación de banquetas.*
- *Conformación de muros.*
- *Se consiguió una fuente de material para cobertura y las vías.*
- *Se capacitó al personal del Municipio en sitio.*
- *Se aumentó la vida útil del vertedero.*
- *Enlaces entre diferentes entidades públicas (IDAAN, MOP, entre otros)”*

Aunque se han hecho varias mejoras, el sistema de desechos actual, no aparentan ser sostenibles ni se habla del reciclado de estos.

4.2.4. Normas de zonificación y uso de suelo

Mapa 15

Mapa de uso de suelos a periferias del Lote.



El corregimiento de Chepo no posee un Plan de Ordenamiento Territorial actualmente (2021). Según “Cuadro Síntesis de las Normas de Desarrollo Urbano para la ciudad de Panamá y San Miguelito (1)” (Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, 2004), se ha podido deducir los tipos de suelos en el siguiente mapa (MP_15). Para el desarrollo del proyecto arquitectónico se ha escogido el código urbano de RB-2, Residencial Básico 2.

A continuación, un cuadro resumen del código seleccionado para el polígono:

Tabla 16

Tabla de normas de desarrollo RB-2

Normas de Desarrollo RB-2	
Usos y Permisos	Principal: <ul style="list-style-type: none"> • Vivienda unifamiliar • Bifamiliar adosada • Vivienda en hileras • Apartamentos
Densidad Neta	700 Hab/ha
Área Mínima del Lote en m ²	110 m ² -unifamiliar, 96 m ² -bifamiliar, 75 m ² - vivienda en hileras
Frente Mínimo (M/L)	7.50 ml -vivienda unifamiliar, 7.00 ml - viviendas bifamiliares adosadas, 5.00 m - viviendas en hilera
Fondo Mínimo	Libre
Altura Máxima	P.B. +2
Retiro Lateral	1.00 ml con aberturas. Adosamiento con pared ciega. Las viviendas en esquinas, deberán guardar la línea de construcción aprobada para la vía
Retiro Posterior	2.50 ml en planta baja 1.50 ml en planta alta
Estacionamientos por vivienda	Un (1) estacionamiento por vivienda. Se permitirán estacionamientos comunales, en proporción de un (1) estacionamiento por cada unidad de vivienda.
Línea de construcción	2.50 m

4.2.5. Ruidos

El polígono se encuentra en un área semi apartada, ya que dos de sus cuatro lados no poseen residentes aún. Del lado frontal y lateral izquierdo sí se ve comprometido por los vecinos, ya que de parte de villas del Tanara y “Ciudad Brisas del Tanara” son espacios de potenciales ruidos dado las malas costumbres de escuchar música a volúmenes muy altos.

En cuestión de los ruidos automovilísticos, no se presentan de estos ya que el polígono está a un retiro bastante pronunciado y no se llegan a escuchar.

4.2.7. Suministros y escasez

Como se observó en el punto de redes de suministro, es de notar las carencias de cada uno de estos que se resumirían en:

- **Agua:** el IDAAN no ha proporcionado una red de tuberías para la zona, se cuenta con un “Acueducto Rural”
- **Alcantarillado sanitario:** No existe un sistema de alcantarillado para la zona.
- **Aguas pluviales:** Aunque no hay inundaciones, no se cuenta con una red de desalojo de las aguas ni prevención ante el cambio climático
- **Sistema eléctrico:** La compañía de ETESA provee electricidad aérea para Villas del Tanara, pero aún no hay aún contrato para el polígono seleccionado
- **Telecomunicaciones:** Por el momento no existe antena o sistema de telecomunicación para el polígono, pero si para las villas vecinas.
- **Recolección de desechos:** El sistema actual es un vertedero municipal que no se maneja bajo los criterios sostenibles.

Notando la escasez en los suministros básicos en el área, la opción más adecuada es de una urbanización descentralizada a estos servicios para que pueda ser suficiente y eficiente para ella misma.

4.2.9. FODA

Tabla 17

Tabla de FODA

FODA

POLÍGONO TANARA



<h3>FORTALEZAS</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Buena vista. • Hay comunidades aledañas. • El polígono no posee mucha vegetación. • No hay mucha contaminación del hombre en el polígono. 	<h3>OPORTUNIDADES</h3> <ul style="list-style-type: none"> • El terreno permite alojar a familias sin acceso a viviendas propia. • Al no poseer de mucha vegetación, el polígono, al construir, se le da la oportunidad al diseñador de reforestar a gusto y necesidad del proyecto. • Tiene mucha ventilación el área. • El sitio no se inunda con facilidad.
<h3>DEBILIDADES</h3> <ul style="list-style-type: none"> • El polígono ha sufrido varias quemas • Se encuentra un poco lejano de la mayoría de los puntos de trabajo los que residen cerca • No posee línea del metro ni sistemas actualizados del transporte como en la ciudad de panamá • No hay muchas áreas comerciales en su cercanía 	<h3>AMENAZAS</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra cercano al centro penitenciario "La Joya" • Hay ciertos sectores del área que no son seguros. • Los vecinos son un tanto, hostiles al expresarse, frente la idea de una nueva urbanización social



5. Propuesta arquitectónica

La propuesta de un **modelo de vivienda sostenible para el desarrollo social con la implementación de la impresión 3D**, nace tras ver cómo las soluciones habitacionales en el país cumplen con la necesidad de ofrecer un techo para las familias que aplican para adquirir una vivienda de interés social, pero carecen en el papel de brindar espacios óptimos para el desarrollo integral del individuo y pocas veces se vela por proporcionar zonas que interrelacionan el espacio exterior con el interior de la vivienda.

5.1 Descripción del proyecto

El proyecto busca incentivar el desarrollo social y económico de las familias, mediante un prototipo de 3 tipologías de vivienda que han sido diseñadas para poder crecer a futuro y proporcionar espacios flexibles para las distintas necesidades de los usuarios. Todo dentro de una urbanización modelo que incluye un parque central equipado de una infraestructura que ofrece espacios de recreación y potenciadores económicos, como un huerto urbano y una plaza con centro comercial.

El concepto de diseño de las casas nace tras estudiar tipologías exitosas de vivienda de interés social alrededor del mundo. Se analizaron proyectos como Quinta Monroy y Villa Verde de la firma Elemental dirigido por el Arquitecto Alejandro Aravena. El concepto de ofrecer la mitad de una vivienda completa para que la otra mitad tuviese la oportunidad de ser incrementada por los usuarios se vio como una alternativa realista y práctica para la problemática de la vivienda en el país. No solo las personas pueden mejorar los espacios de sus hogares, sino que también les da un sentir de propiedad y de superación.

Basándose en esto, se pensó integrar en el diseño una estructura externa que remarcará el futuro crecimiento de las viviendas complementándolo con la tecnología de la impresión 3D para facilitar su construcción y bajando significativamente los gastos del proyecto. De esta manera, nace el **Proyecto Crescendo**, donde las viviendas tienen la oportunidad de evolucionar, y también impulsar, por medio de su ambiente, el desarrollo integral del individuo; dentro de un estándar de diseño sostenible. El proyecto busca en convertirse en un prototipo en donde pueda ser replicado en

distintas partes del país, así mejorar la calidad de vida de miles de panameños que no solo merecen una vivienda digna, sino también una comunidad que ofrezca herramientas para poder progresar.

5.2 Desarrollo de espacios

Para idear un proyecto que busca satisfacer las necesidades básicas para el vivir óptimo del individuo, se tomaron en cuenta distintos espacios que definieron el carácter de la propuesta.

Área residencial

Sin duda la zona más importante del proyecto, compuesta de una sala-comedor, cocina, patio y una habitación principal con su baño. Para esta zona se busca ofrecer espacios flexibles que se adapten a las necesidades particulares de cada familia y al mismo tiempo contar con áreas para un futuro crecimiento, ya sea para aumentar la cantidad de habitaciones o iniciar un emprendimiento incluyendo un local comercial en uno de los espacios.

Estacionamientos

Mediante estacionamientos comunales, se busca desplazar un espacio que usualmente se encuentra en la vivienda, así ofreciéndole más metraje a la residencia. Estos estacionamientos se ubican en puntos estratégicos para no estorbar los pasos peatonales y así poder ofrecer mayor seguridad al peatón.

Parque central

Un parque dentro de la urbanización ofrece espacios multiusos donde la recreación, el aprendizaje, el comercio y la cultura pueden desarrollarse con mejor facilidad. Ofreciendo zonas deportivas, culturales, juegos infantiles, un huerto urbano y áreas de picnic. Un espacio verde central, proporciona a las viviendas un pulmón natural e

incentiva la mejor interacción entre los vecinos. De igual manera, otorgar un parque vecinal público permite a las comunidades vecinas obtener estos mismos beneficios y cumple con una necesidad, ya que en el área que se está interviniendo no cuenta con un parque cercano.

Huerto urbano

Pensando en cómo los usuarios podrían mantener una actividad que pudiera aportar alguna ganancia económica, y al mismo tiempo mejorar la salud alimenticia de los involucrados, se pensó en la idea de integrar en el proyecto un huerto urbano. En donde los propietarios de la urbanización pudiesen sembrar alimentos frescos aptos para el clima local y así poder consumir o vender de sus frutos.

Plaza y Centro Comercial

Toda vivienda debería tener a su cercanía distintos comercios donde se puede acceder a servicios básicos y al mismo tiempo contar con un lugar en donde se presenten oportunidades de trabajo e intercambio económico. Con la implementación de una plaza con locales comerciales a su alrededor, se piensa en una zona en donde se pueden realizar ferias comerciales y poder acceder a espacios de alquiler de distintos negocios locales. Dentro de este se ubicará un mercado que pondrá a la venta los cultivos recolectados en el huerto urbano, una zona para la administración de la urbanización y una sala de reuniones que tiene la dualidad de convertirse en un espacio de reuniones eclesíásticas.

Circulación peatonal

El proyecto debe contar con aceras anchas y que de acceso a todas las áreas del proyecto para así dar prioridad al peatón. Los desniveles deben accederse mediante rampas para poder ofrecer un diseño accesible para personas con movilidad reducida.

Ciclovía

La movilización mediante bicicletas es una alternativa saludable utilizada como una solución en distintas ciudades del mundo. Al integrar una ciclovía perimetral hace mucho más sencillo el transporte dentro de la urbanización.

Circulación vehicular

Surgió la idea de establecer una calle alrededor del proyecto para movilizar los vehículos hacia estacionamientos comunales sin que tuviese que interactuar directamente con las viviendas y áreas comunes. De esta manera, se proporciona seguridad para el peatón.

Sistemas y servicios

Dado a la carencia de un sistema de tuberías en el corregimiento, la urbanización debe abastecerse de agua limpia mediante torres de agua alimentadas por camiones cisterna y una zona destinada para una planta de tratamiento de aguas residuales. Para aportar en el cuidado del ambiente se incluirá un sistema de recolección y filtrado de las aguas pluviales para utilizarse en el riego de las áreas verdes. Un sistema de paneles solares será un fuerte apoyo para la producción de energía de las viviendas y centro comercial. Siguiendo el concepto de estacionamientos comunales, se designarán espacios de recolección de residuos colectivos y de desechos reciclables.

5.3. Diagrama de relaciones espaciales

La vivienda debe proporcionar espacios flexibles que se adapten a las necesidades de los residentes. Se optó por un concepto de diseño de patio central, que interrelacionaría los distintos espacios de la casa y proporcionaría una zona donde se posibilita realizar múltiples actividades. La sala-comedor debe estar interconectada directamente con la cocina al igual que con la lavandería. Siendo el patio interno el centro de la vivienda, este debe tener acceso a la circulación vertical para servir a la recámara principal, con un acceso directo al baño. Para cuando se le añadan espacios a la residencia, estos nuevos deben tener buena integración con las zonas originales, de esta manera colocándolos cerca del patio central.

Una buena asociación de espacios garantiza el éxito en la funcionalidad de un proyecto. Colocando en el centro las áreas comunes se ofrece equidad y accesibilidad para las residencias. Relacionando directamente la entrada con las casas y el centro comercial, se facilita la movilización en la urbanización. Al conectar el huerto con el centro comercial se hace más sencillo el transporte del cultivo para su venta. El área deportiva, los juegos infantiles y el área cultural en el parque deben facilitar sus conexiones para ofrecer un espacio agradable y que sus usos sean variados y útiles para las distintas actividades y necesidades que presenten los usuarios.

Diagrama 15

Diagrama de relaciones espaciales de la vivienda

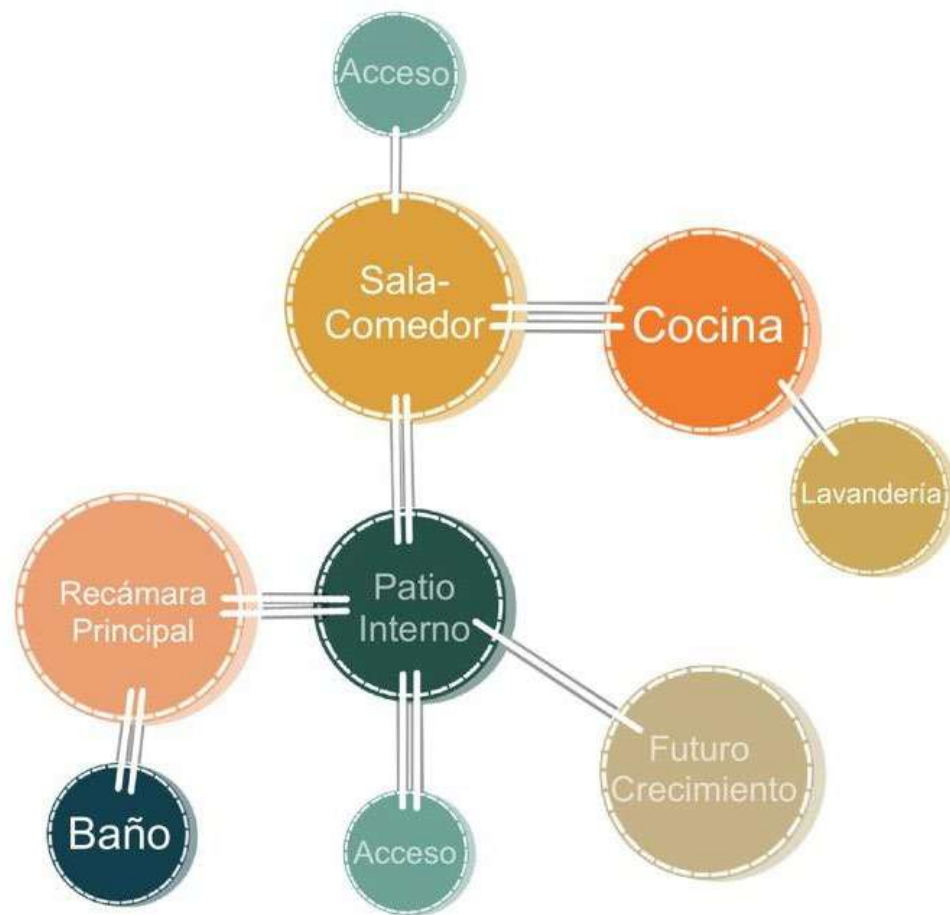
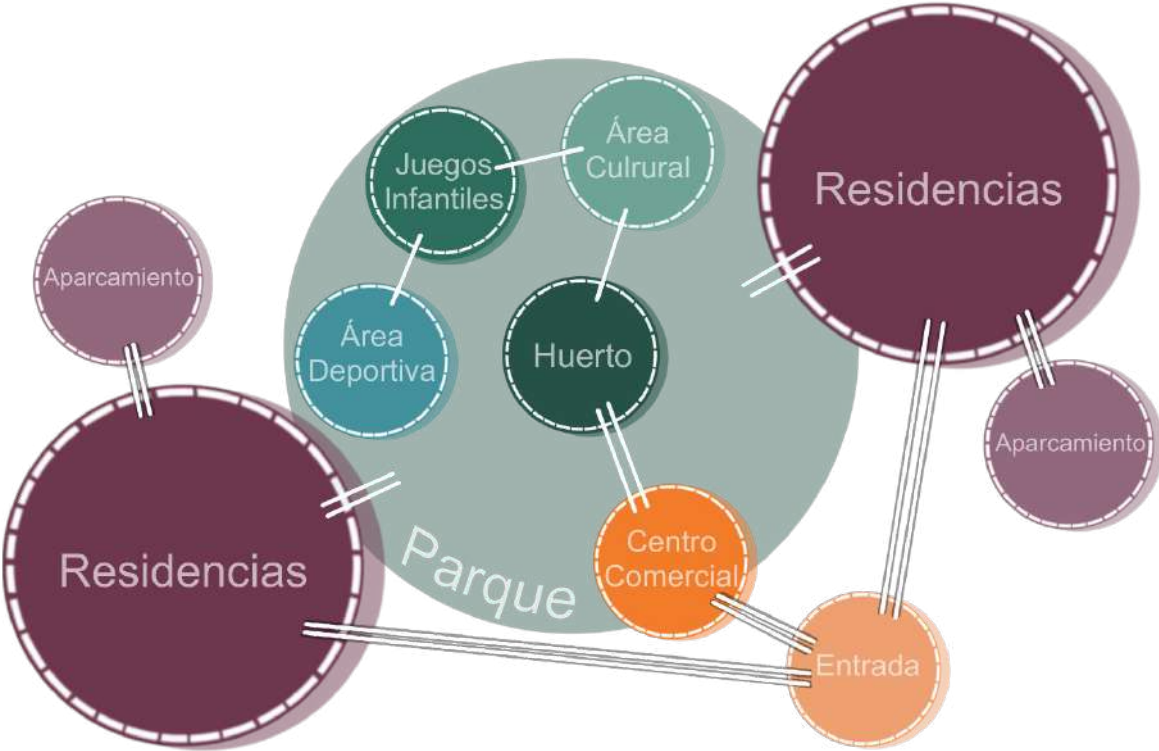


Diagrama 16
Diagrama general de relaciones espaciales.



5.4. Programa arquitectónico

Zona Residencial

Casa Allegro:

Sala- comedor
 Cocina
 Patio Interno
 Circulación vertical
 Habitación principal
 Baño
 Zona para futuro
 crecimiento:
 2 habitaciones
 1 baño
 1 estudio

Casa Acorde:

Sala- comedor
 Cocina
 Patio Interno
 Circulación vertical
 Habitación principal
 Baño
 Zona para futuro
 crecimiento:
 2 habitaciones
 1 baño
 1 estudio

Casa Presto:

Sala- comedor
 Cocina
 Patio Interno
 Circulación vertical
 Habitación principal
 Baño
 Zona para futuro
 crecimiento:
 1 habitación
 1 Baño

Zona Comercial

Estacionamientos
 Plaza
 Mercado
 Locales comerciales (4)
 Sala de reuniones
 Administración

Parque

Zona recreativa:

Juegos infantiles
 Ranchos de picnic

Zona deportiva:

Cancha multiusos
 Skate park

Zona cultural:

Anfiteatro
 Pabellón para futuro
 parvulario

Huerto Urbano

Zona de Servicios

Torres de Agua
 Área de desechos
 Área de reciclaje
 Centro de recolección de aguas
 pluviales
 Planta de Tratamiento de aguas
 residuales
 Área de producción de energía
 solar

5.5. Criterios de diseño

Para el proceso de diseño se establecieron distintos criterios para ofrecer una propuesta sostenible, humana y agradable. Habiendo analizado el material teórico que se ha compartido a lo largo de los distintos capítulos, se concluyó que la solución arquitectónica debe estar compuesta de lo siguiente:

Viviendas

- Siguiendo el concepto de entregar media vivienda y optar por un futuro crecimiento, se debe diseñar un domicilio con dos niveles para aprovechar mejor el espacio dentro del lote.
- La residencia debe componerse de un diseño modular para su sencilla construcción y adaptación de los espacios.
- Las zonas que compongan la vivienda deben ser flexibles con utilidades múltiples, que permita la fácil adecuación del usuario.
- La casa debe contar con pocas divisiones internas para asegurar una mejor adaptabilidad del residente.
- Utilización de celosías para mejorar la ventilación interna de la vivienda.
- Incluir un patio central para proporcionar una óptima circulación, ventilación y climatización en la vivienda.
- Establecer en el crecimiento, espacios para posibilitar la implementación de un emprendimiento dentro de la residencia, así la arquitectura permite aportar para incentivar la economía de la familia.

Urbanización

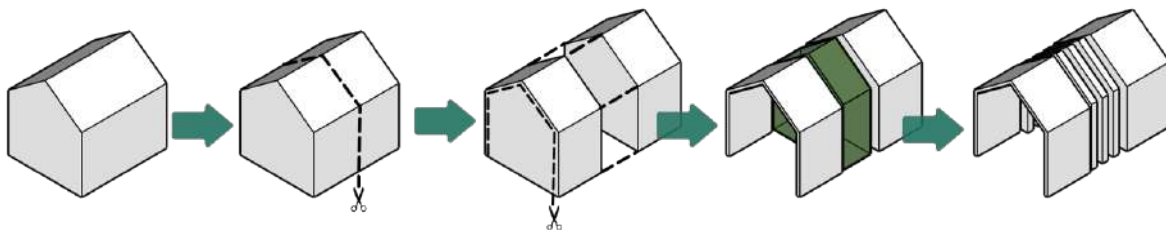
- Proporcionar un diseño tipo ciudad jardín, para minimizar el impacto ambiental y aumentar los espacios verdes naturales dentro del proyecto.
- Dar prioridad a la persona que camina dentro de la urbanización, para crear un entorno saludable y adecuado para ser universalmente accesible.
- Integración de un parque central para un uso equitativo de espacios de usos múltiples y recreativos.
- Implementación de amplias aceras y rampas para una adecuada accesibilidad.

- Introducir espacios arborizados para refrescar, sombrear el ambiente y hacerlo agradable para el usuario.
- Establecer una ciclovía para ofrecer una conveniente movilidad entre la urbanización.
- Colocar una vía vehicular perimetral para ofrecer seguridad al peatón.
- Utilizar sistemas e Infraestructura ecológica para los distintos servicios básicos del complejo.

5.6. Concepto de diseño

Diagrama 17

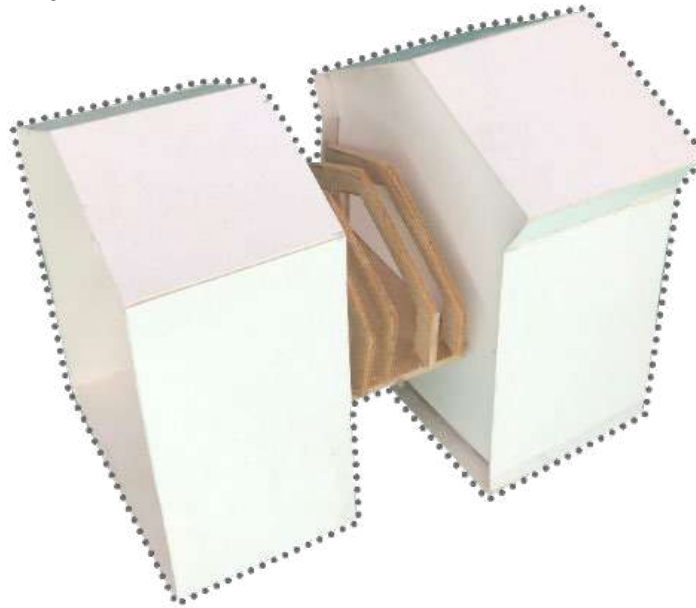
Diagrama conceptual de evolución del diseño de la vivienda.



El concepto de diseño nace tras pensar en una manera de reinventar la vivienda convencional. Al proporcionar espacios multiusos para las distintas necesidades de los usuarios. La morfología de la vivienda típica evoluciona al dividirse en dos secciones modulares, destinando una de las mitades vacías solo con la estructura para poder proporcionar una gran terraza que posteriormente se transformará en habitaciones para un futuro crecimiento. La idea de introducir un jardín justo en el centro de la vivienda surge al notar cómo los patios exteriores suelen dársele poco uso para las actividades del hogar. Colocándolo en el corazón de la vivienda se convierte en un espacio para usos variados, una vía de circulación, y un ducto de ventilación e iluminación natural. El método constructivo de impresión 3D es clave para la propuesta, ya que cada pieza de la casa debe pensarse de manera monolítica y de sencilla instalación.

Figura 126

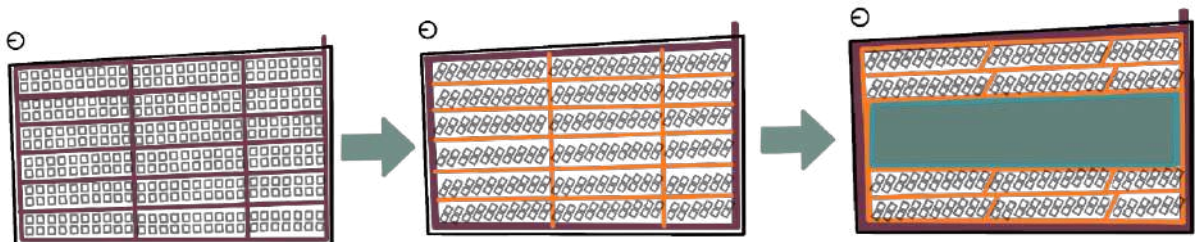
Maqueta de trabajo del prototipo de vivienda.



El diseño del conjunto surge tras analizar la organización de una urbanización convencional y proporcionar una alternativa mucho más sostenible. Observando la retícula que se forman entre las calles y las viviendas, se pensó en otorgar más áreas caminables y menos cruces vehiculares, lo cual se concluyó que lo más razonable es proporcionar una calle que rodee el proyecto.

Diagrama 18

Diagrama conceptual de evolución del diseño de la urbanización.



Orientando las residencias con los lados más largos hacia noroeste, se reduce la incidencia directa del sol y se aprovecha las corrientes del viento para un diseño adecuado al clima local. Se analizó cómo ofrecer una urbanización más digna y que pueda convertirse en una herramienta para el desarrollo integral de los residentes. De esta manera, se concluyó diseñar un parque central rodeado de una ciclovía; equipado con espacios recreativos, deportivos, culturales y de intercambio económico.

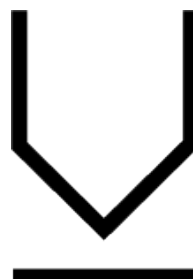
Como en Tanara, Chepo hace faltan parques y centros que brinden este tipo de infraestructura en la zona, se estableció como una buena propuesta que cumpla con las necesidades de los residentes y usuarios exteriores.

5.7. Propuesta arquitectónica

El Proyecto Crescendo consiste en 3 tipologías de casas modelos dentro una urbanización de 240 viviendas con la intención de ser repetido en distintas partes del país.

Diagrama 19

Logotipo del proyecto





1. Ingreso
2. Estacionamiento publico
3. Andante: Plaza y Centro comercial
4. Huerto
5. Anfiteatro
6. Pabellón
7. Rancho de picnic
8. Juegos Infantiles
9. Cancha multiusos
10. Skate Park
11. Casa Alegre
12. Casa Acorde
13. Casa Presto
14. Estacionamiento
15. PTAR
16. Torre de agua



5.7.1 Plan Maestro

Las residencias se agrupan en núcleos de a grupos de 32, 40 y 44 casas con la intención de facilitar la interacción entre vecinos y que la orientación dentro del complejo se facilite. Entre los núcleos se encuentran las aceras principales que comunican las residencias con las áreas comunes.

La urbanización se compone de un ingreso vehicular en rotonda que conduce a una calle perimetral a las residencias. En el centro de la urbanización se encuentra un parque lineal equipado inicialmente con un centro comercial llamado Andante, que se compone de 4 locales comerciales, un mercado de alimentos cuyos productos en venta son los recolectados en el huerto urbano. Igualmente, se encuentra oficinas administrativas y una sala de reuniones con la dualidad de ser un espacio para reuniones eclesíásticas.

Dentro del parque central se ubica el huerto urbano destinado para que los residentes tengan la oportunidad de cultivar alimentos para su consumo y venta. Un anfiteatro al aire libre para patrocinar eventos culturales dentro del complejo. Mas adelante se localiza un pabellón que tiene la finalidad de proporcionar la estructura para un futuro parvulario o estación policial, dependiendo de las necesidades que presenten los residentes. Avanzando se ubica el área de juegos infantiles, una cancha multiusos y un parque de patinaje.

El propósito es de ofrecer espacios que incentive el sentir de comunidad entre vecinos y usuarios exteriores, de esta manera, dignificando las viviendas y aportando para el crecimiento integral del individuo.



Ghee Tree



Roble Rosado



Guayacán



Crespón



Palma Navidad



Espavé



PLANTA DE VEGETACIÓN





Nombre común: Ghee Tree

Nombre Científico: Mimusops elengi L

Familia: Sapotaceae.

Origen: Sureste de Asia.

Fenología: Perennifolio; florece de marzo a junio y fructifica de julio a enero.

Descripción: Crece hasta 15 metros de altura. Sus hojas son simples y alternas de flores pequeñas, blancas y fragantes. Florece de marzo a junio y fructifica de julio a enero. Frutos de drupas carnosas, de forma ovoide. Semilla color marrón oscuro.



Nombre común: Roble Rosado

Nombre Científico: Tabebuia rosea (Bertol.) Bertero ex A.DC

Familia: Bignoniaceae.

Origen: América tropical, esparcida desde el sur de México hasta el norte de Venezuela.

Fenología: Caducifolio; florece y fructifica entre febrero y marzo.

Descripción: Crece hasta 30 metros de altura, de copa estratificada. Sus hojas son compuestas digitadas y opuestas. Florescencia de racimos de flores rosadas. Frutos de capsulas cilíndricas.



Nombre común: Guayacán

Nombre Científico: Handroanthus guayacan (Seem.) S.O. Grose

Sinónimo: Tabebuia guayacan

Familia: Bignoniaceae.

Origen: Nativo desde el Sur de México hasta Brasil.

Fenología: Caducifolio; florece de marzo a mayo y fructifica de mayo a junio.

Descripción: Crece hasta 20 metros de altura. Las hojas son digitado compuestas y opuestas y las inflorescencias son panículas con flores amarillas. Los frutos son capsulas, linear cilíndricas que se abren al madurar. Sus semillas son aplanadas y numerosas.



Nombre común: Crespón o astromelia

Nombre Científico: Lagerstroemia speciosa (L.) Pers.

Familia: Lythraceae

Origen: Nativo desde Honduras a Colombia, Ecuador y norte de Venezuela

Fenología: Perennifolio; florece de enero a junio; fructifica de abril a julio.

Descripción: Crece hasta 45 metros de altura. Sus flores son verdes de panículas grandes. Los frutos son de color grisáceo de drupas reniformes sostenidas y contiene una sola semilla.



Nombre común: Palma navidad o palma manila

Nombre Científico: Veitchia merrillii (Becc.) H.E. Moore.

Familia: Arecaceae.

Origen: Nativa de las islas del Pacífico Sur, Fiji y Filipinas.

Fenología: Perennifolia; florece y fructifica casi todo el año.

Descripción: Crece hasta 10 metros de altura. Sus hojas son compuestas, arqueadas y pinadas. Su inflorescencia son racimos que se localizan debajo de las hojas con flores blancas. Sus frutos don drupas ovaladas que al madurar se tornan rojos, de una sola semilla.



Nombre común: Espavé

Nombre Científico: Anacardium excelsum (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels.

Familia: Anacardiaceae

Origen: Nativo desde Honduras a Colombia, Ecuador y norte de Venezuela

Fenología: Perennifolio; florece de enero a junio; fructifica de abril a julio.

Descripción: Crece hasta 30 metros de altura. Sus hojas son simples y opuestas. Las inflorescencias son panículas con flores de color violeta. Sus frutos son cápsulas, globosas, que al madurar tornan un color café. Sus semillas son chocolates, y numerosas.

*Ficha de vegetación resumida del documento: “Árboles y Palmas de la ciudad de Panamá” de la Alcaldía de Panamá.

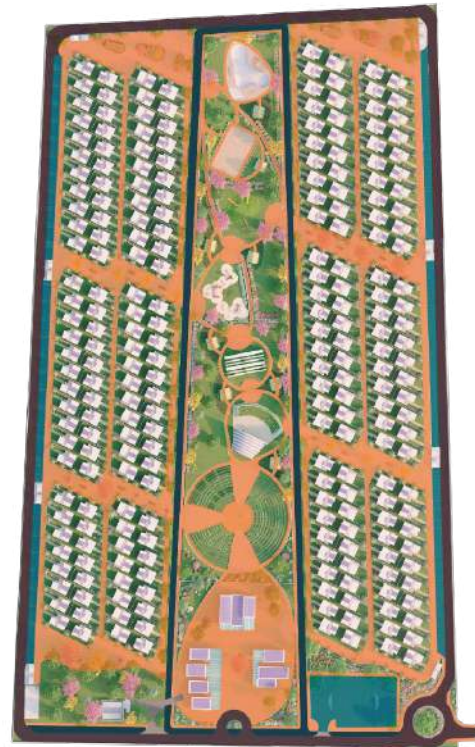
5.7.3 Movilidad

5 caminos peatonales principales conectan transversalmente el proyecto, integrándose al paseo del parque central. La ciclovía que lo rodea facilita la movilización dentro de la urbanización. La calle perimetral conduce a los 7 globos de estacionamientos que se ubican dentro del complejo, el más cercano del ingreso destinado para uso público y los otros 6 para uso de los residentes y sus visitas. A inicios de la plaza del centro comercial se ubica una llegada de buses y taxis.

- Aceras
- Estacionamiento
- Ciclovía
- Calle

Diagrama 20

Diagrama de movilidad

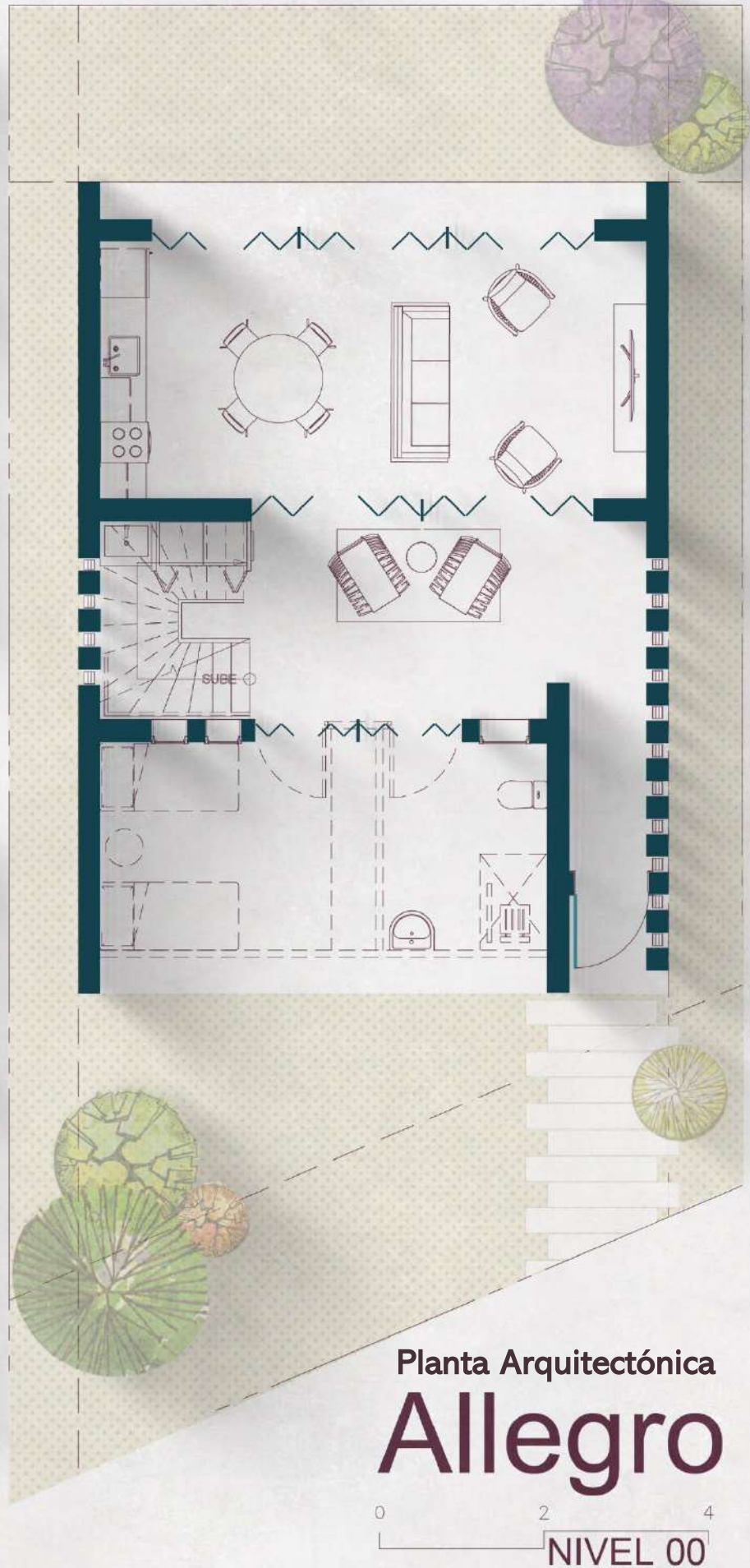
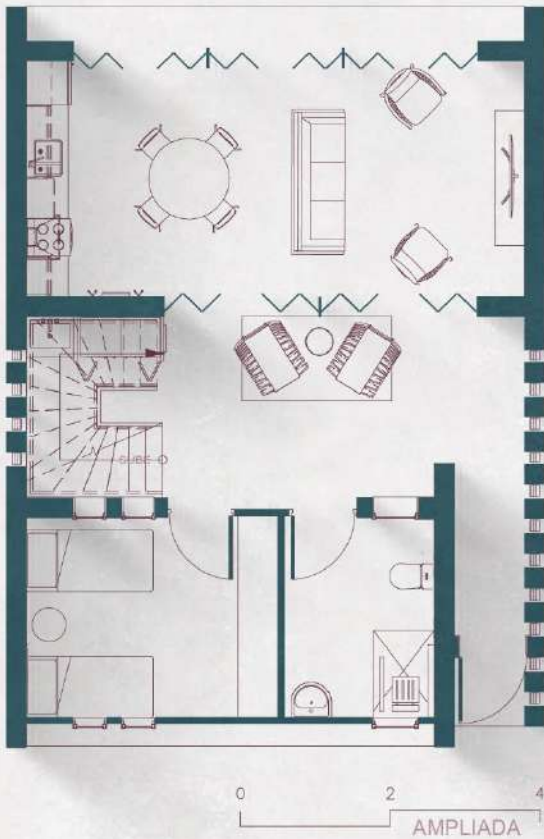
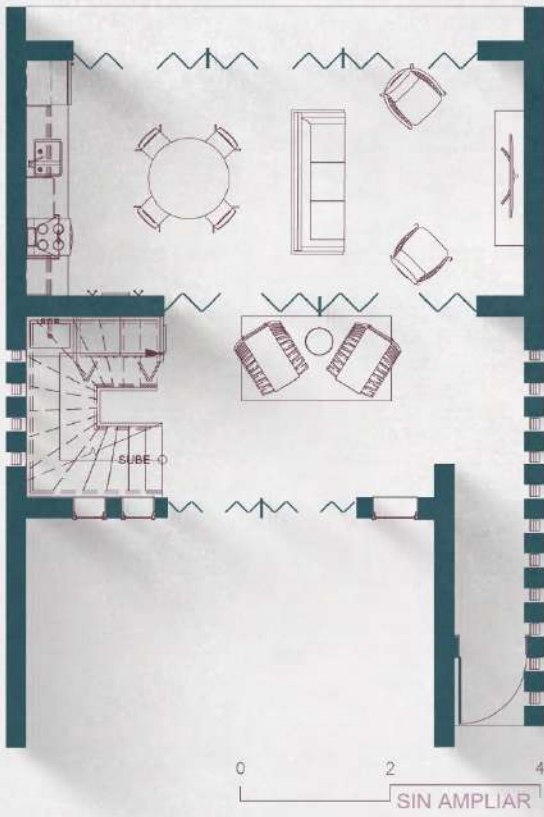


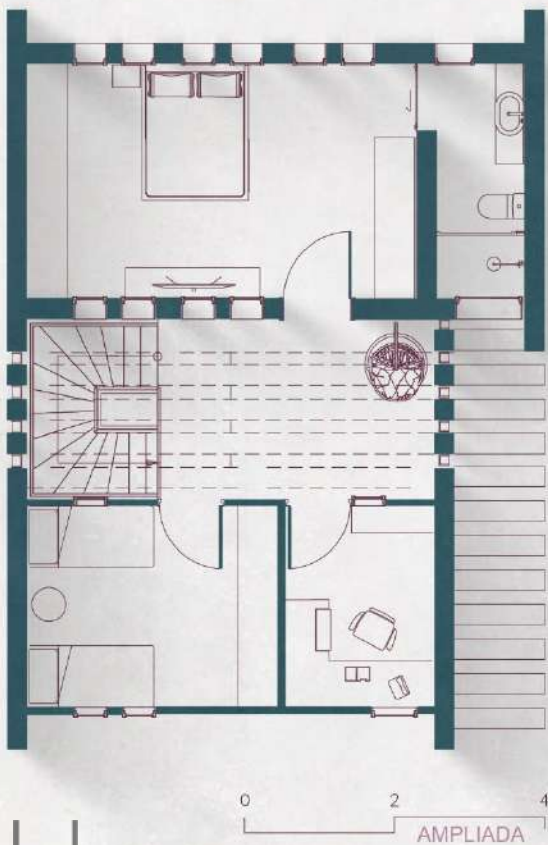
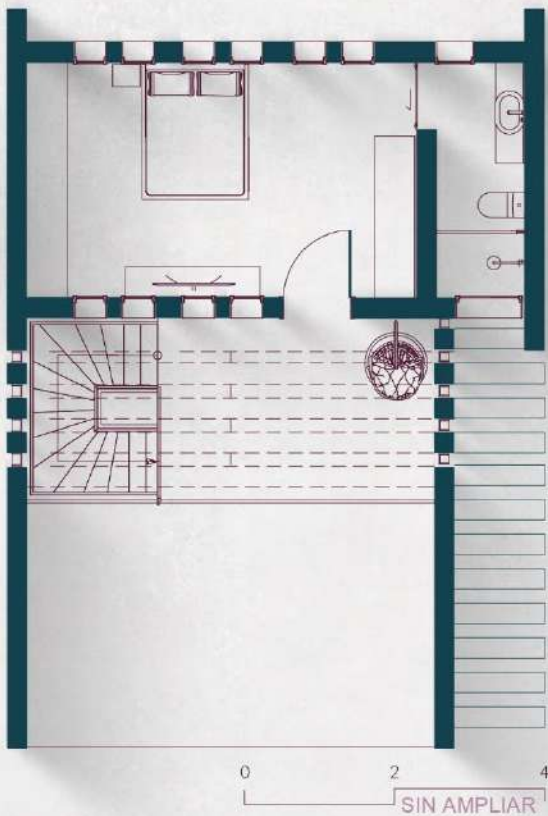
5.7.4. Desglose y ampliaciones por área

Las siguientes ilustraciones mostrarán los planos arquitectónicos, elevaciones, vistas y cortes del proyecto, estas son herramientas básicas para la presentación y entendimiento de la propuesta que se ofrece.

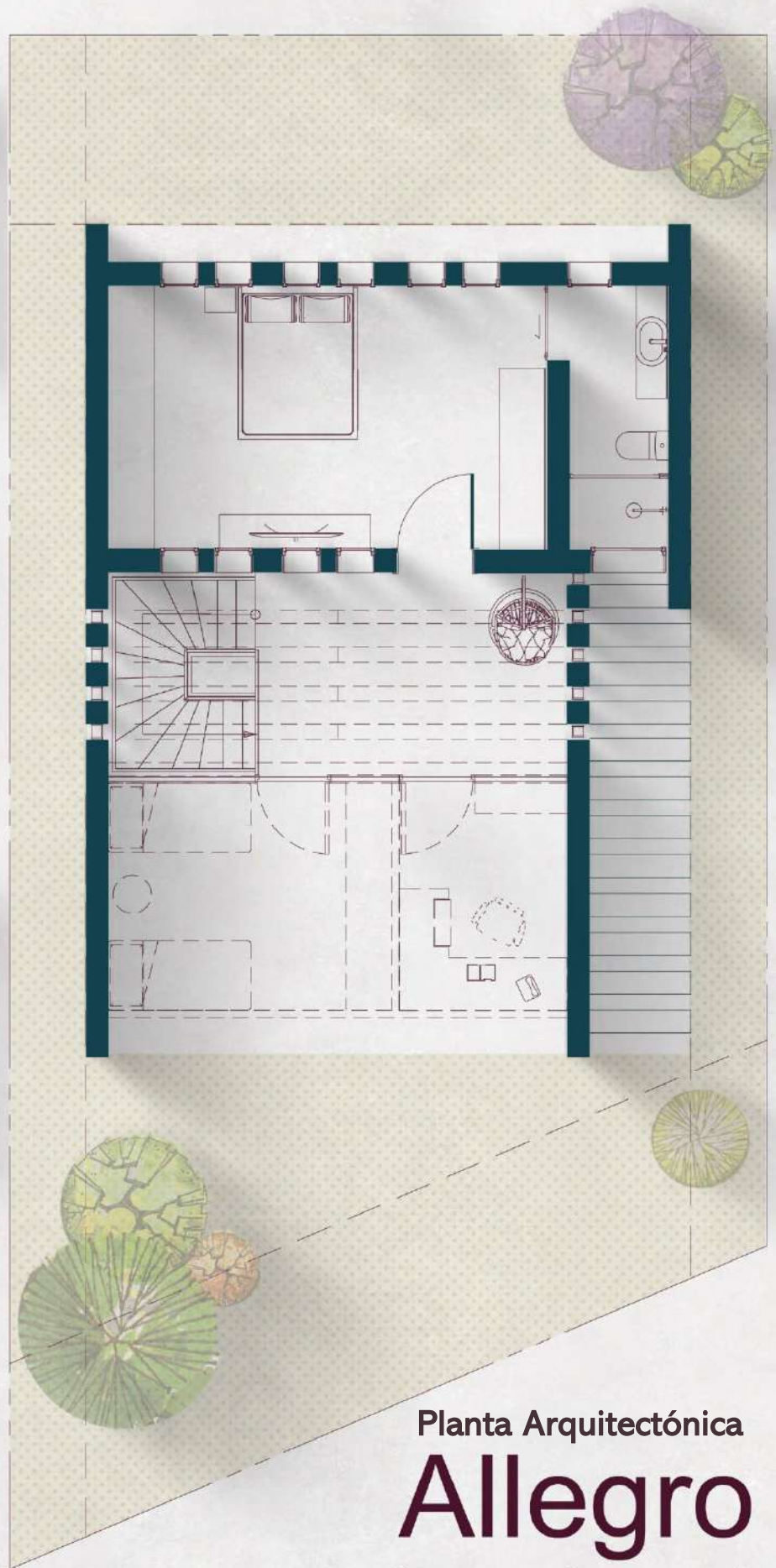
CASA ALLEGRO







190



Planta Arquitectónica
Allegro

0 2 4
NIVEL 01

Casa Alegro



Isométrico- Nivel 00

En términos musicales, Allegro significa alegre. Se aplica esta terminología cuando la música va rápido y con una melodía animada. Como la casa crece al igual las personas que viven en ella, rápidamente su vida cobra más color y toman otras perspectivas de ver las cosas.

El acceso principal de la vivienda se encuentra en planta baja, donde un pasillo enmarcado por pilastras con celosías lo recibe y dirige al patio central. En este punto el usuario puede dirigirse a la sala comedor que posee una cocina lineal, esta zona diseñada con un concepto abierto. Al abrirse las puertas plegables el espacio se percibe más amplio y el patio se integra con el área social. La parte frontal de la vivienda está limitada mediante un marco estructural que ocupará la zona de futuro crecimiento de una habitación o local comercial y un segundo baño.

Debajo de las escaleras se encuentra un mueble que almacena el área de lavandería y al lado la tina de lavar. Subiendo, nos recibe un balcón con vistas al frente de la vivienda. Este nos dirige a la habitación, pensado para ser la recámara principal, sus dimensiones son amplias para dar la posibilidad de dividir el espacio. Dentro de este se encuentra un baño completo. Frente al balcón que recibe la escalera se encuentra una reja ornamental que posteriormente se moverá para ser una doble cubierta del futuro incremento de una recámara y un estudio. La vivienda cuenta con 63.00 m² en el nivel 00 y 54.00 m² en el nivel 001 con un total de 117.00 m². Añadiéndole a futuro un crecimiento de 20.00 m² por nivel dando un total de 157.00 m².

Debajo de las escaleras se encuentra un mueble que almacena el área de lavandería y al lado la tina de lavar. Subiendo, nos recibe un balcón con vistas al frente de la vivienda. Este nos dirige a la habitación, pensado para ser la recámara principal, sus dimensiones son amplias para dar la posibilidad de dividir el espacio. Dentro de este se encuentra un baño completo. Frente al balcón que recibe la escalera se encuentra una reja ornamental que posteriormente se moverá para ser una doble cubierta del futuro incremento de una recámara y un estudio. La vivienda cuenta con 63.00 m² en el nivel 00 y 54.00 m² en el nivel 001 con un total de 117.00 m². Añadiéndole a futuro un crecimiento de 20.00 m² por nivel dando un total de 157.00 m².



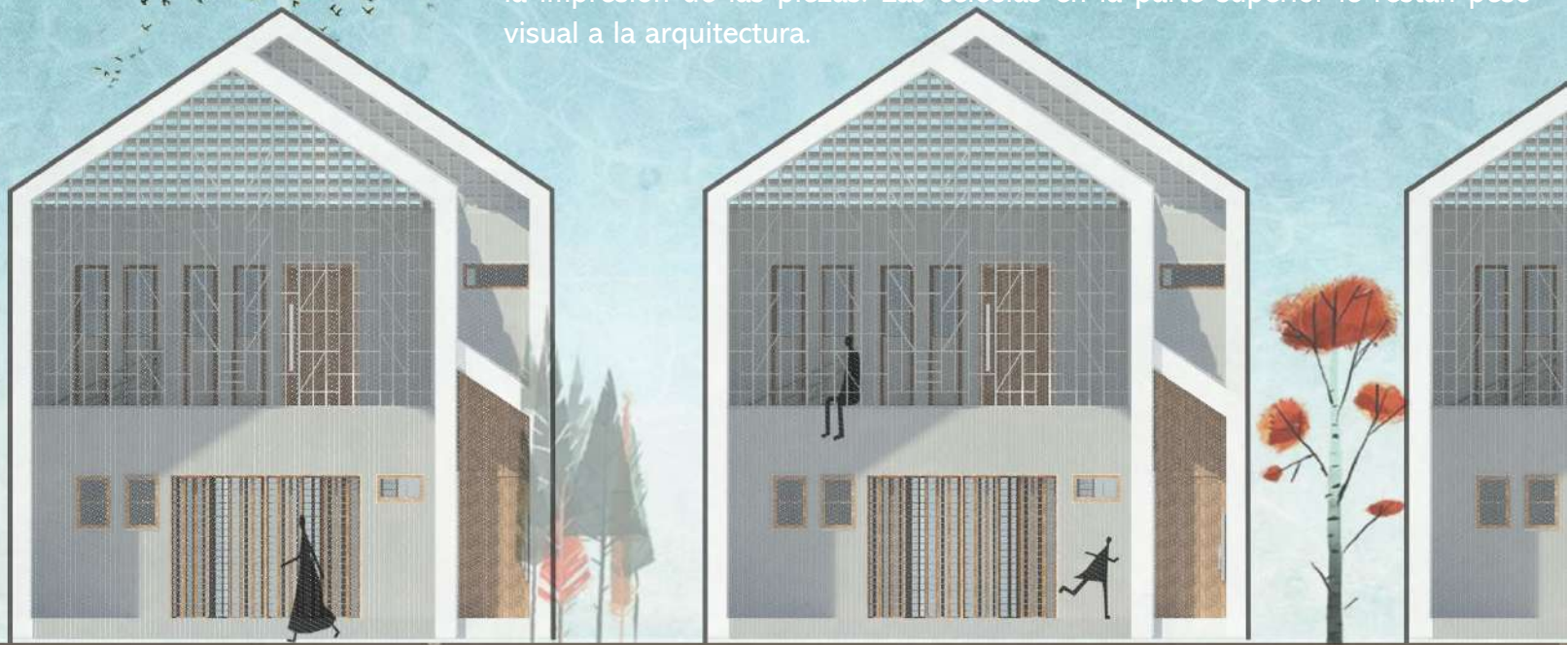
Isométrico- Nivel 01

La vivienda cuenta con 63.00 m² en el nivel 00 y 54.00 m² en el nivel 001 con un total de 117.00 m². Añadiéndole a futuro un crecimiento de 20.00 m² por nivel dando un total de 157.00 m².



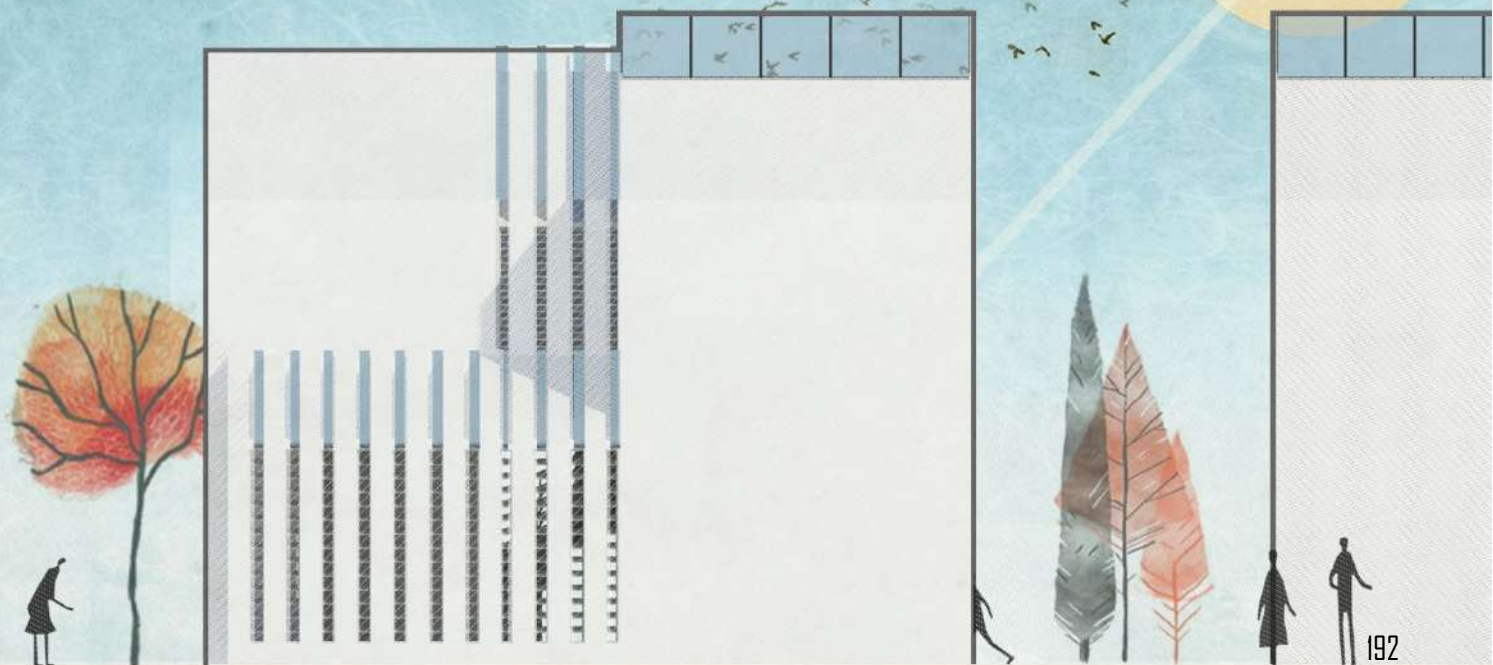
Elevación Frontal

Para la plástica de la vivienda, se propuso seguir un estilo minimalista utilizando pocos ornamentales. Se optó por una casa tipo marco, que facilitaría la impresión de las piezas. Las celosías en la parte superior le restan peso visual a la arquitectura.



Elevación Lateral Derecha

Los espacios entre las pilastras permiten un patrón de llenos y vacíos que enriquecen la composición arquitectónica. Para impedir el ingreso del agua se implementó una cubierta traslúcida, al mismo tiempo permite el paso de la iluminación natural.



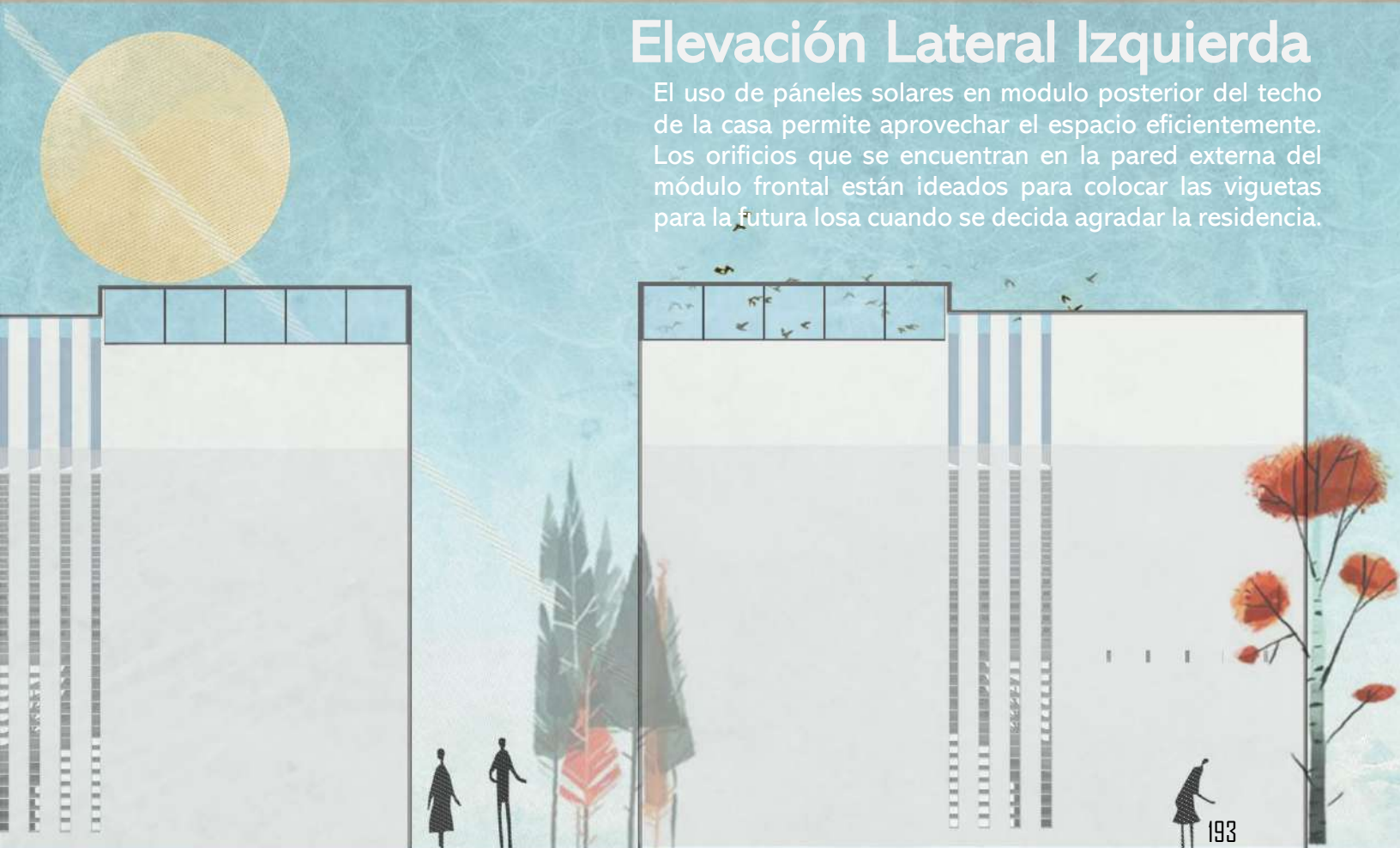
Elevación Posterior

El ritmo de las ventanas brinda un patrón armonioso y se complementan con el espacio del vano de las puertas plegables.



Elevación Lateral Izquierda

El uso de paneles solares en modulo posterior del techo de la casa permite aprovechar el espacio eficientemente. Los orificios que se encuentran en la pared externa del módulo frontal están ideados para colocar las viguetas para la futura losa cuando se decida agrandar la residencia.



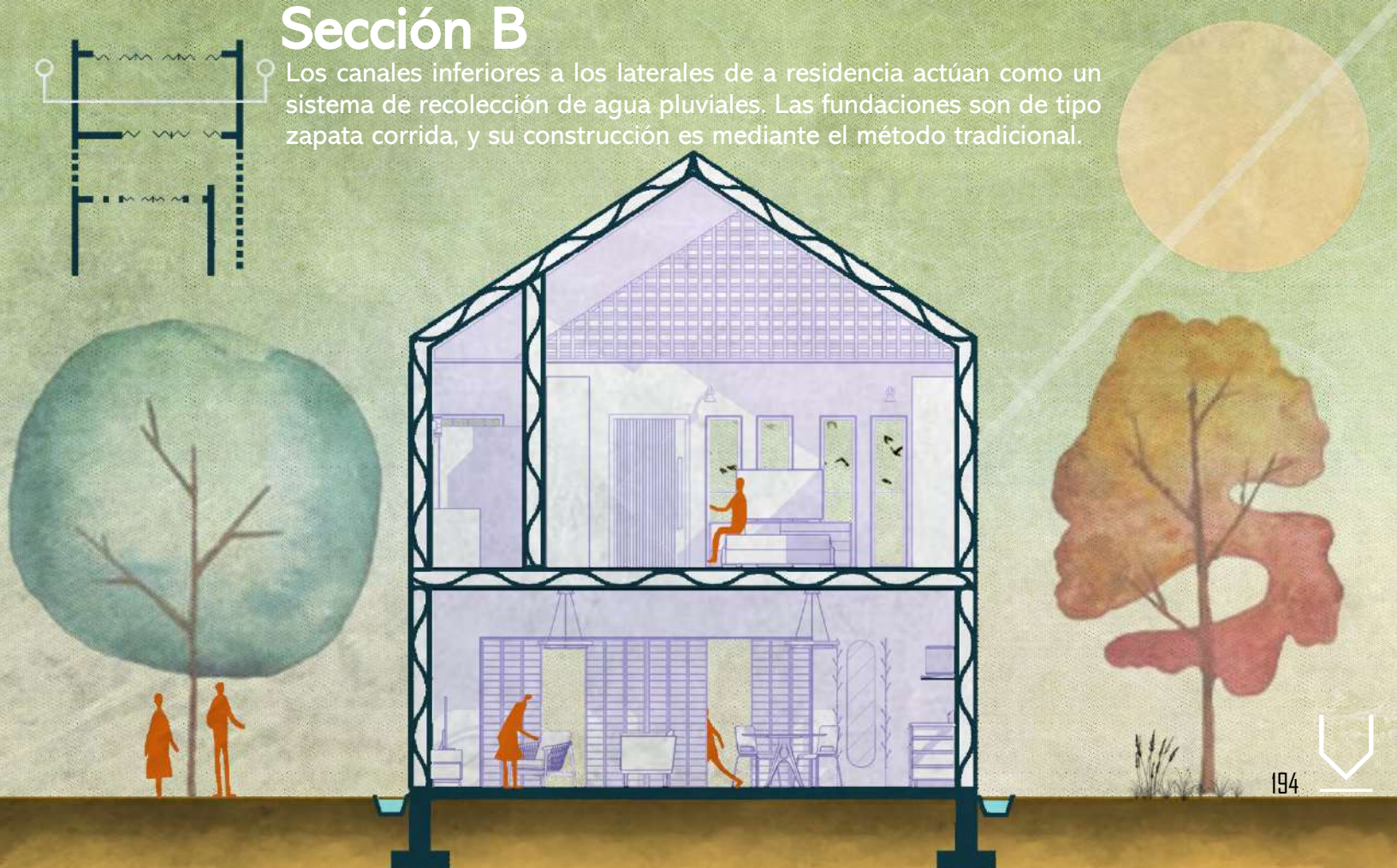
Sección A

Se aprecia en la sección de pared, como la impresora extruye las paredes con un patrón tipo serpiente.

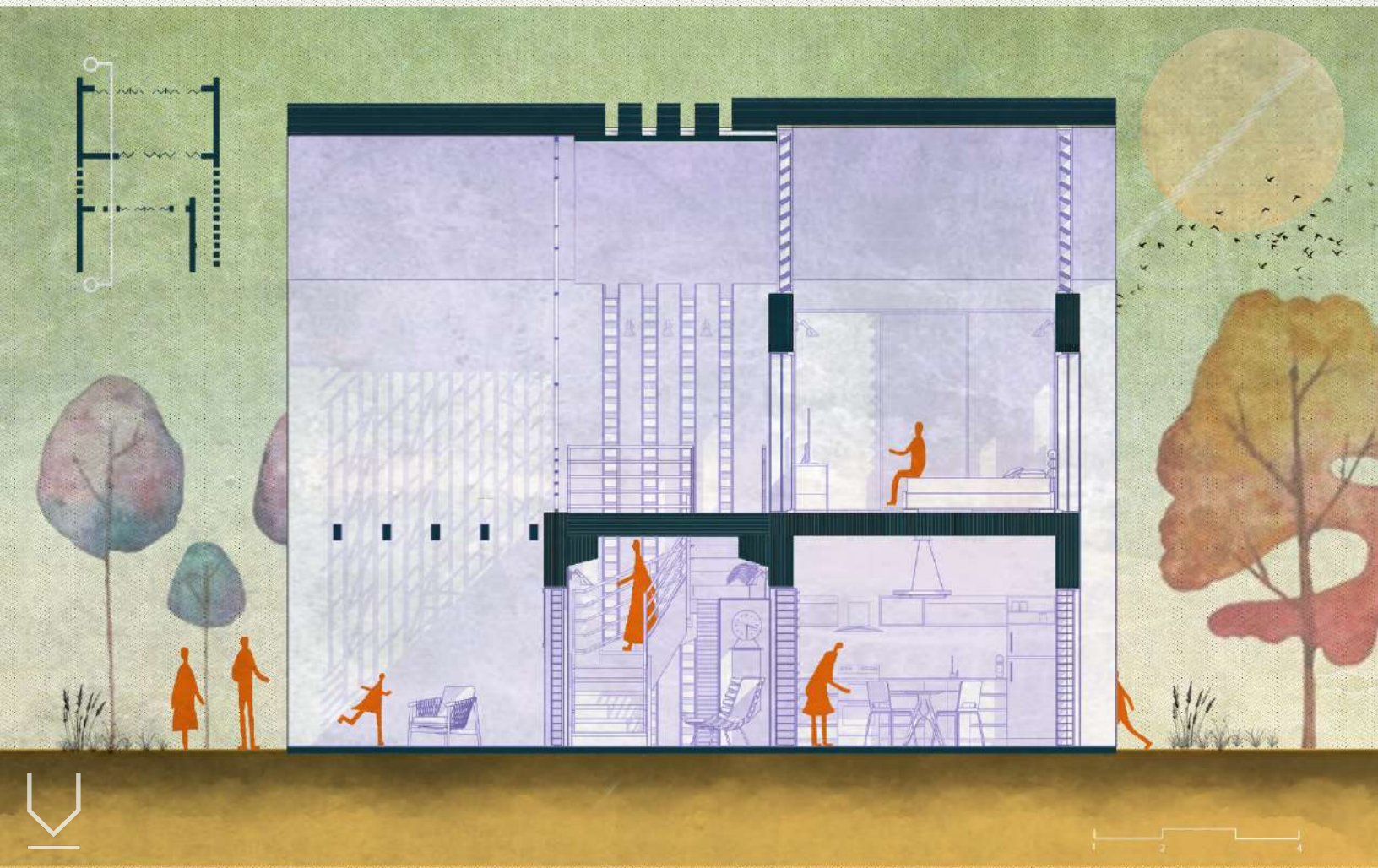


Sección B

Los canales inferiores a los laterales de a residencia actúan como un sistema de recolección de agua pluviales. Las fundaciones son de tipo zapata corrida, y su construcción es mediante el método tradicional.



Sección C



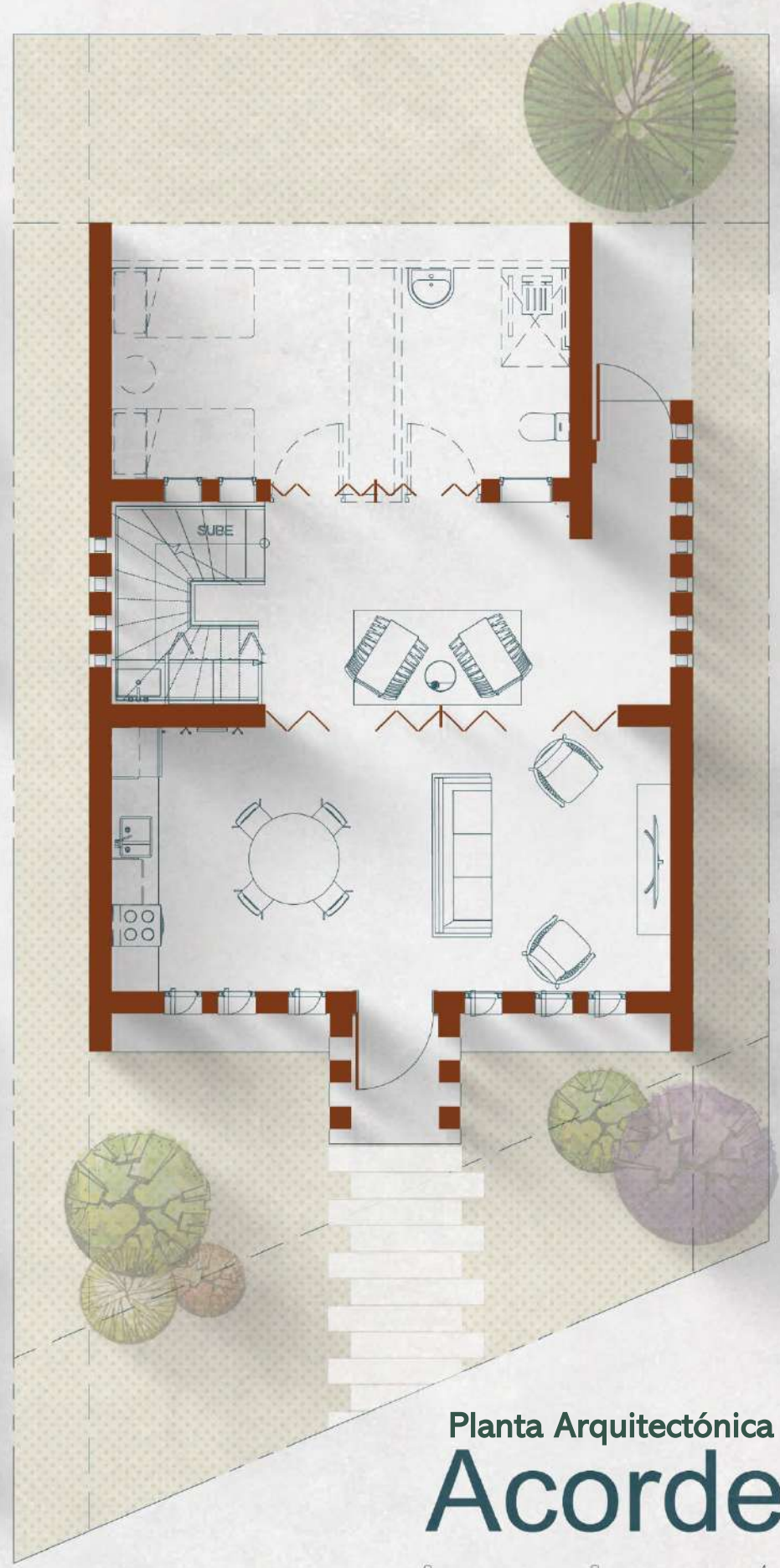
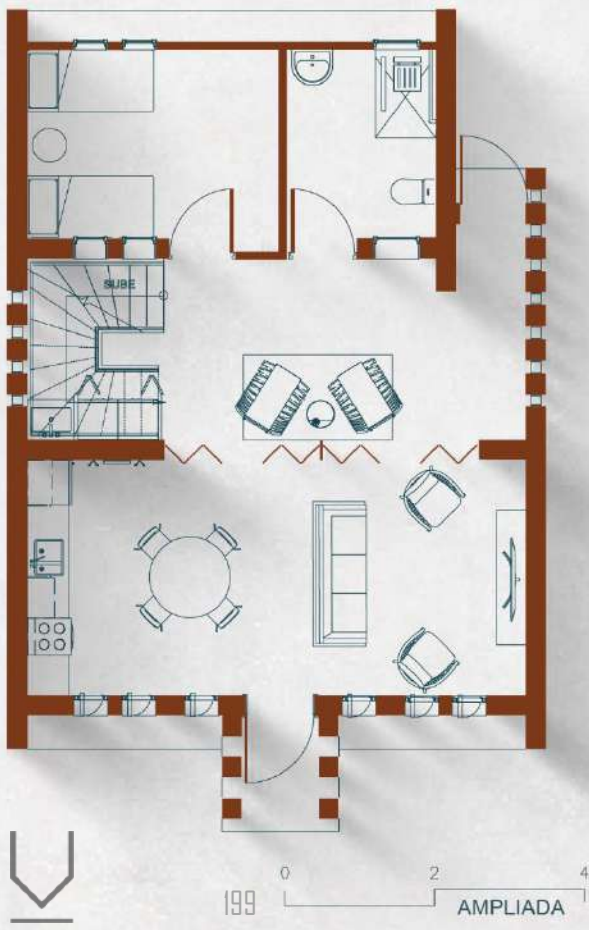
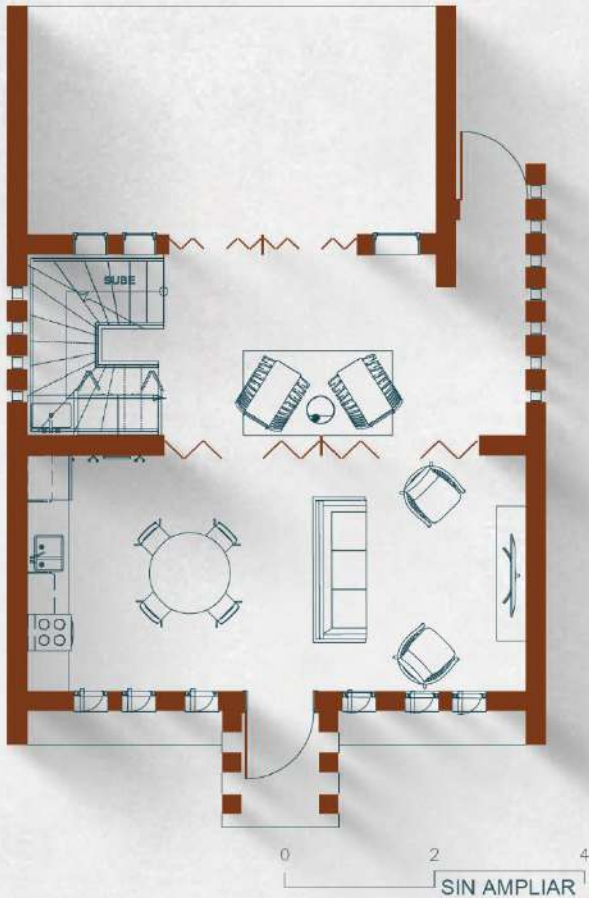
El módulo frontal inicialmente se destina como una terraza de doble altura, para que posteriormente pueda cerrarse y ser utilizado como habitaciones adicionales. El patio interno y el balcón ofrecen espacios agradables, de conexión y de múltiple utilidad.

Vista de casa Alegro

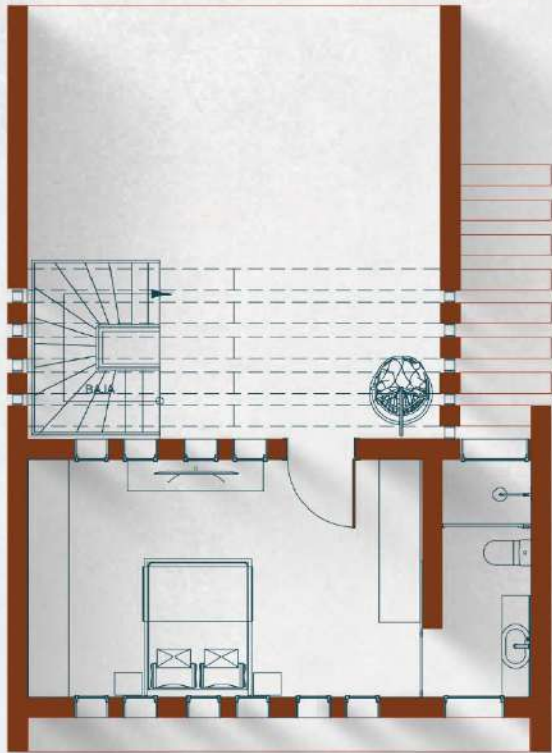


CASA ACORDE

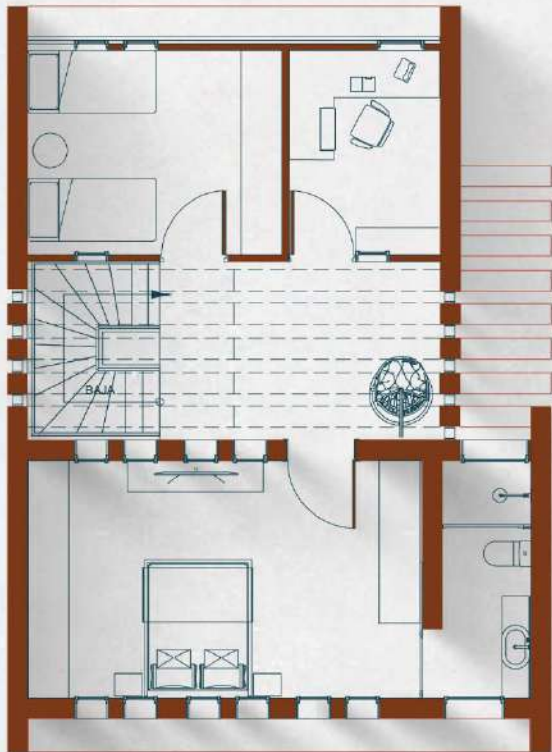




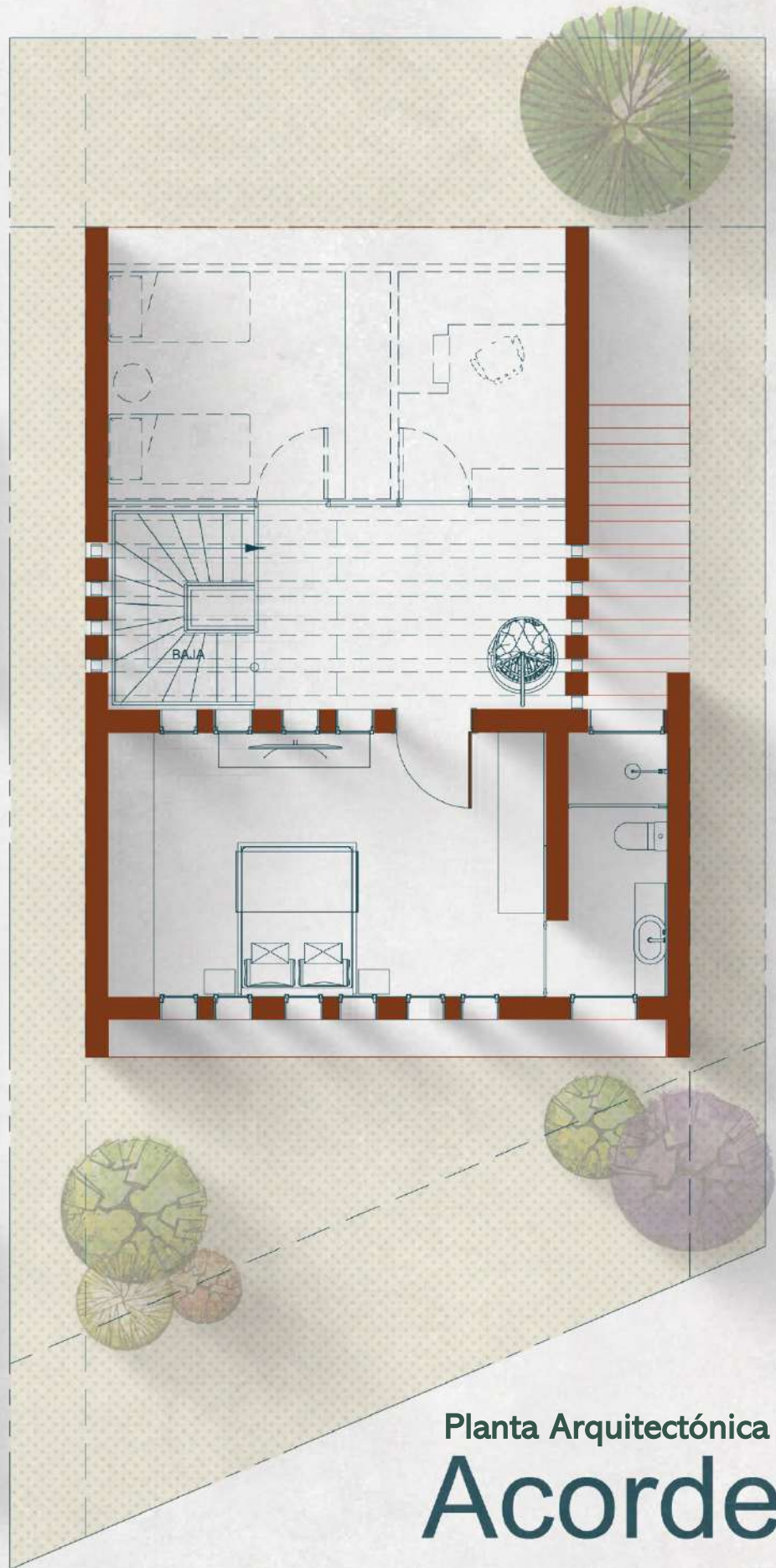
Planta Arquitectónica
Acorde
 0 2 4
 NIVEL 00



0 2 4
SIN AMPLIAR



0 2 4
200 AMPLIADA



Planta Arquitectónica
Acorde
0 2 4
NIVEL 01

Casa Acorde



Isométrico- Nivel 00

Como el término musical indica, Acorde es cuando dos notas suenan al mismo tiempo formando una armonía, esta casa hace armonía con su alrededor. Es la casa hermana de Allegro, ya que su distribución general se invierte para impedir que el área social de las casas se mire de frente y ofrecer más privacidad.

El ingreso principal de la vivienda dirige directamente hacia la sala comedor. En la parte posterior se encuentra el patio central con un segundo acceso posterior y el espacio destinado al crecimiento.

El ingreso principal de la vivienda dirige directamente hacia la sala comedor. En la parte posterior se encuentra el patio central con un segundo acceso posterior y el espacio destinado al crecimiento.



Isométrico- Nivel 00

El siguiente nivel lleva a un balcón con vistas a la parte posterior de la vivienda, seguido por la recámara principal con su baño. Al igual que el modelo Allegro, la vivienda cuenta con 63.00 m² en el nivel 00 y 54.00 m² en el nivel 001 con un total de 117.00 m². Añadiéndole a futuro un crecimiento de 20.00 m² por nivel dando un total de 157.00 m².



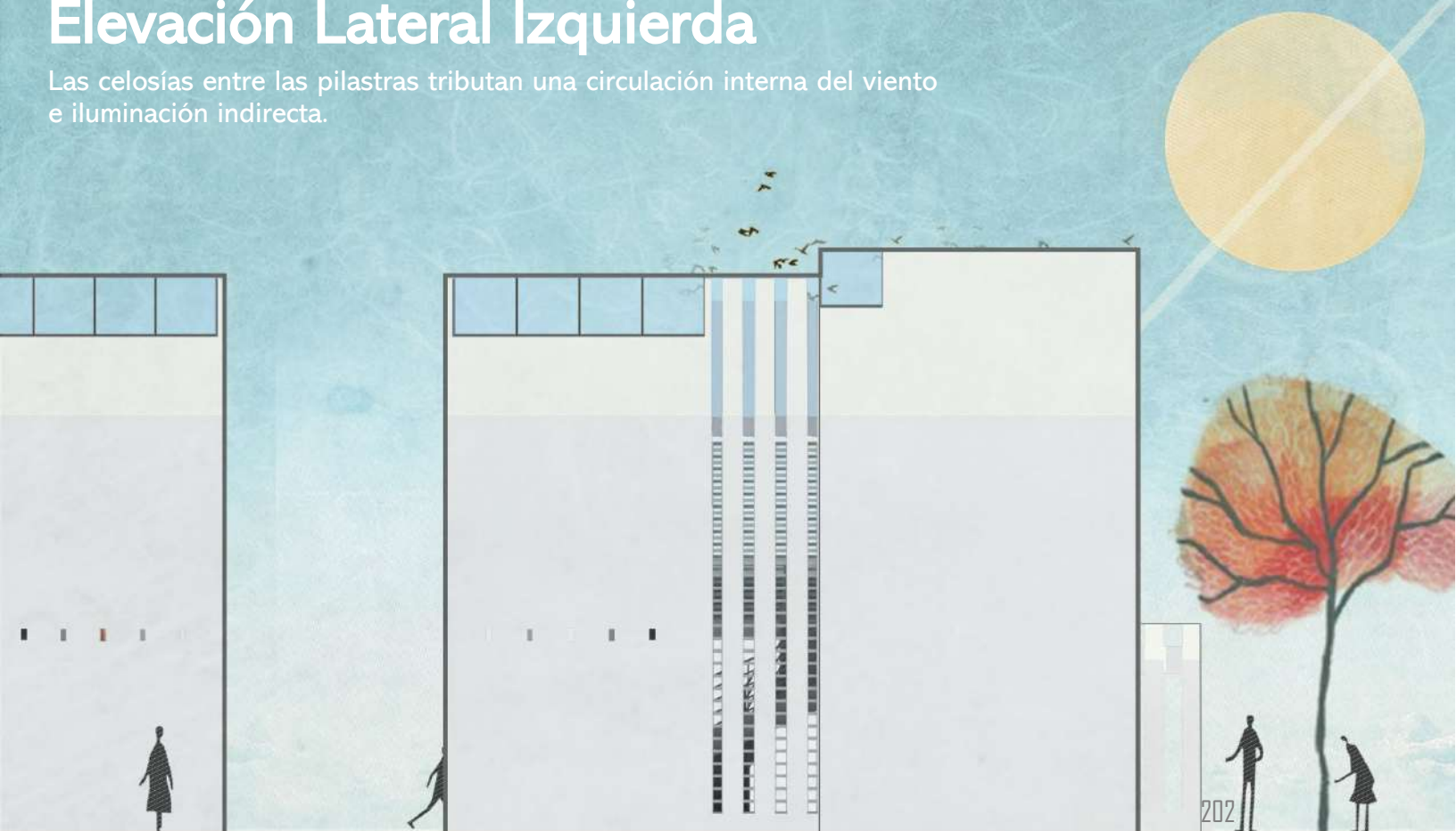
Elevación Frontal

La puerta principal es marcada por un marco blanco en medio de la fachada frontal. El ritmo de las ventanas aporta a un balance a la visual.



Elevación Lateral Izquierda

Las celosías entre las pilastras tributan una circulación interna del viento e iluminación indirecta.



Elevación Posterior

La fachada frontal de la casa Allegro se asemeja a la posterior del modelo Acorde.



Elevación Lateral Derecha

La diferencia de niveles de los techos le da más dinamismo a la volumetría en la arquitectura.



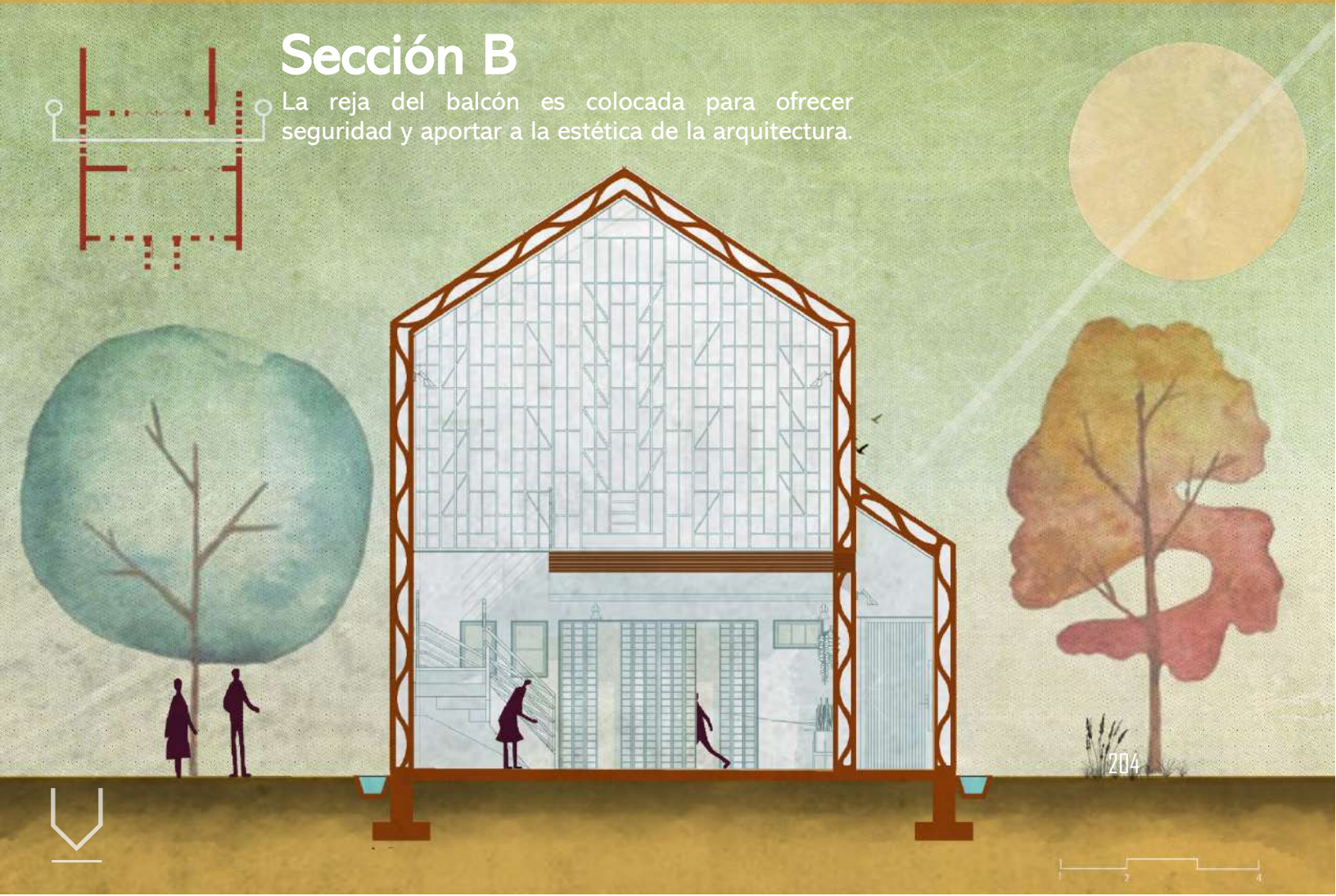
Sección A

La pared del baño es la única pared transversal en la vivienda, esta para promover un diseño de planta libre.

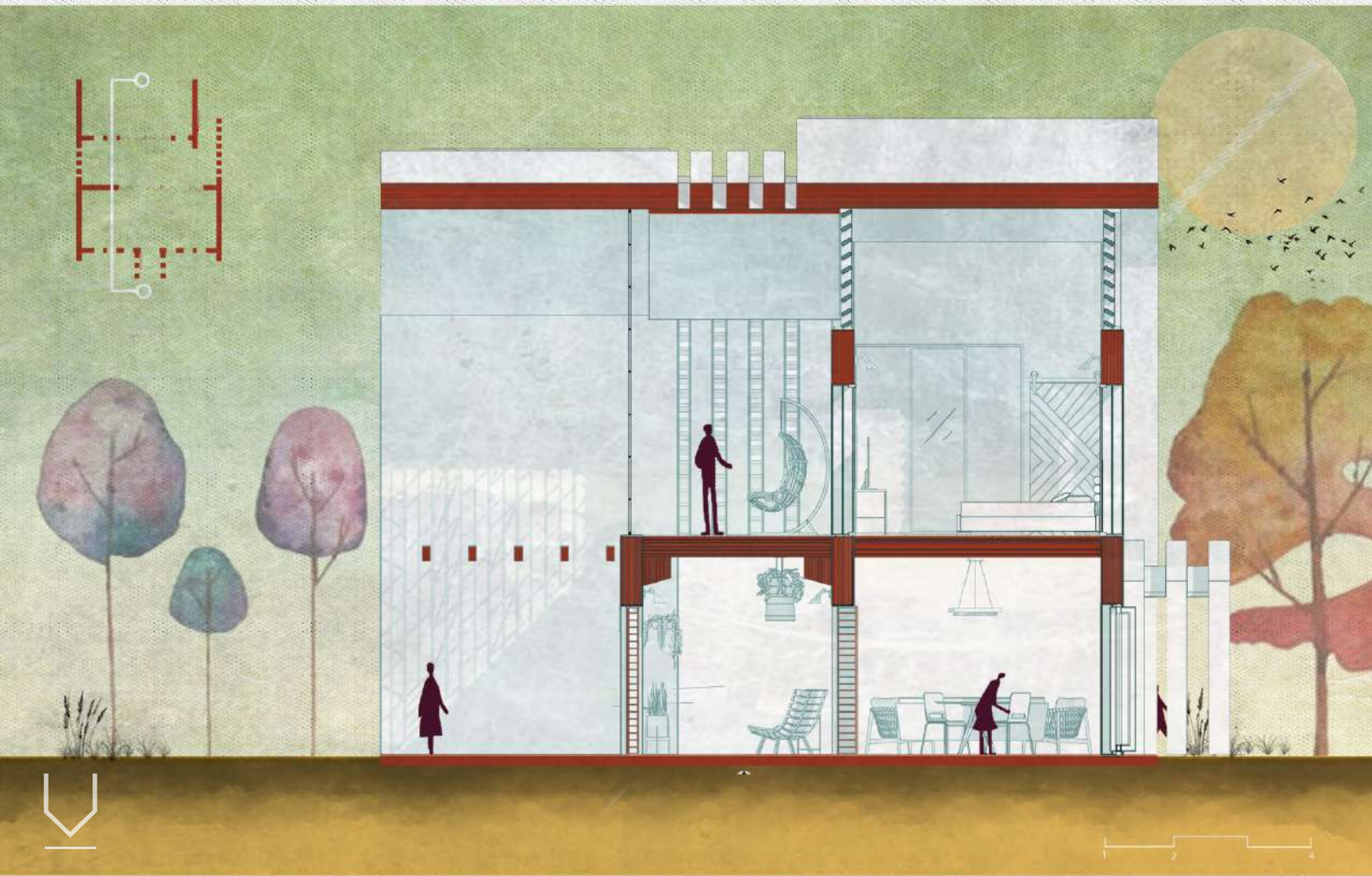


Sección B

La reja del balcón es colocada para ofrecer seguridad y aportar a la estética de la arquitectura.



Sección C



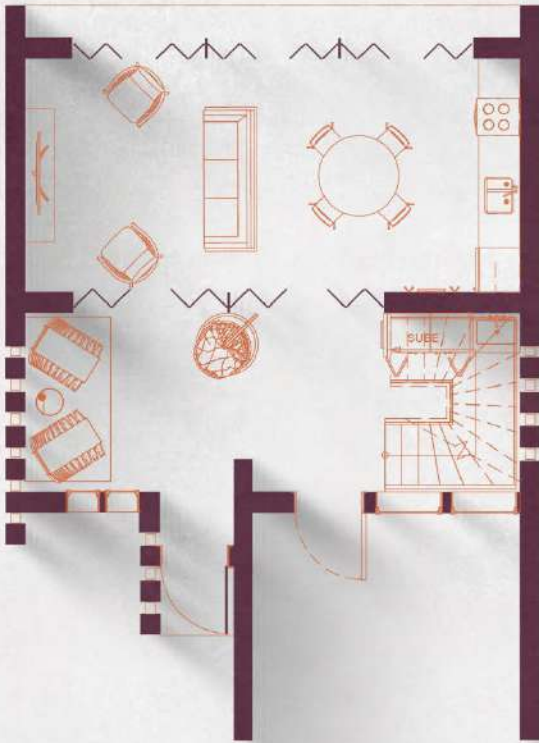
La losa del nivel superior es impresa aparte e instalada encima de dos pilastras fundidas en las paredes laterales.

Vista de Casa Acorde

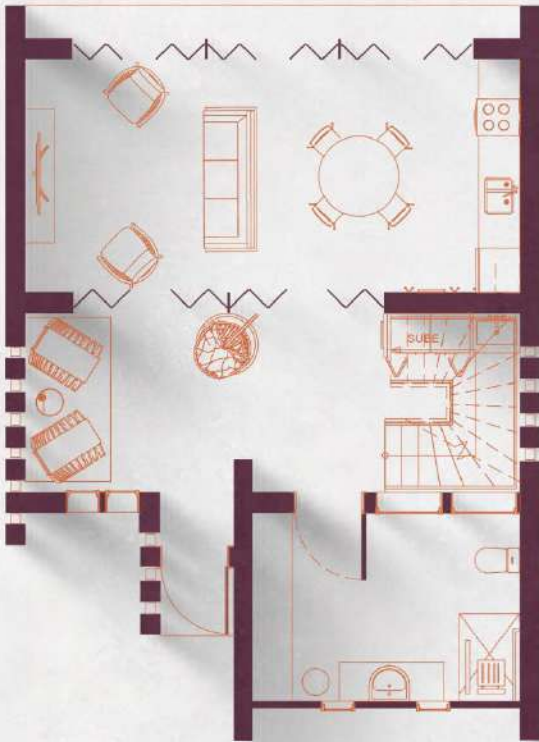


CASA PRESTO

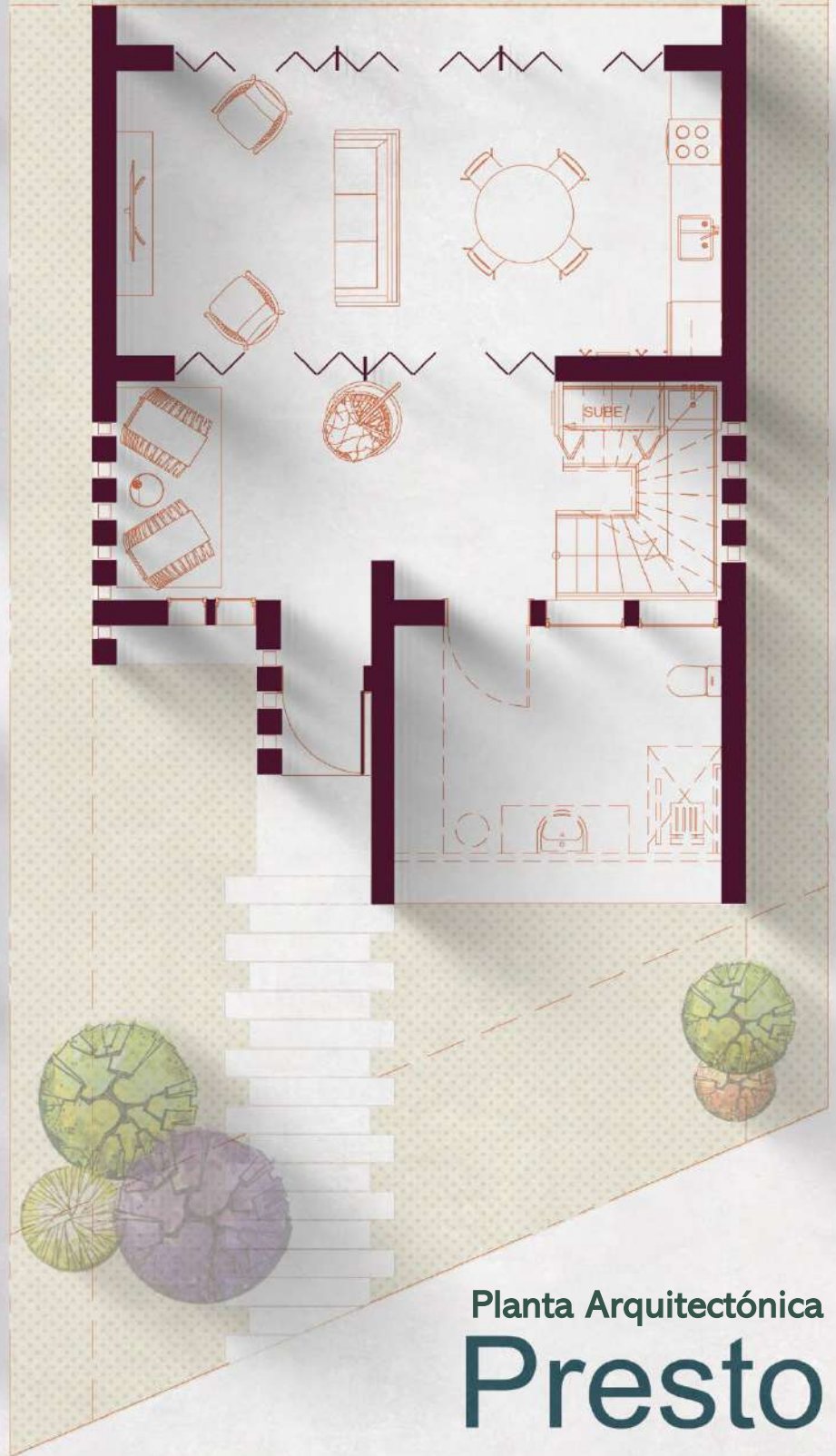
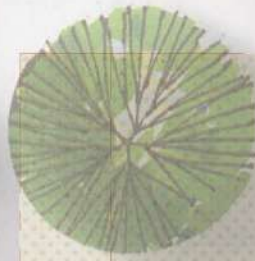




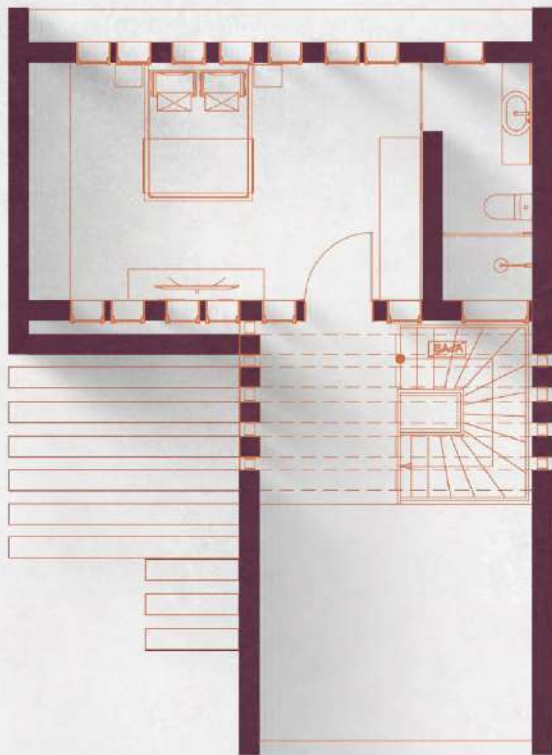
0 2 4
SIN AMPLIAR



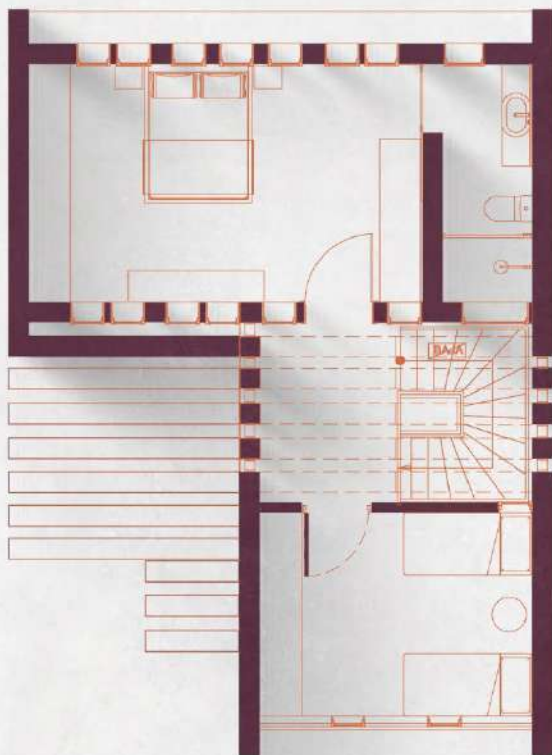
209 0 2 4
AMPLIADA



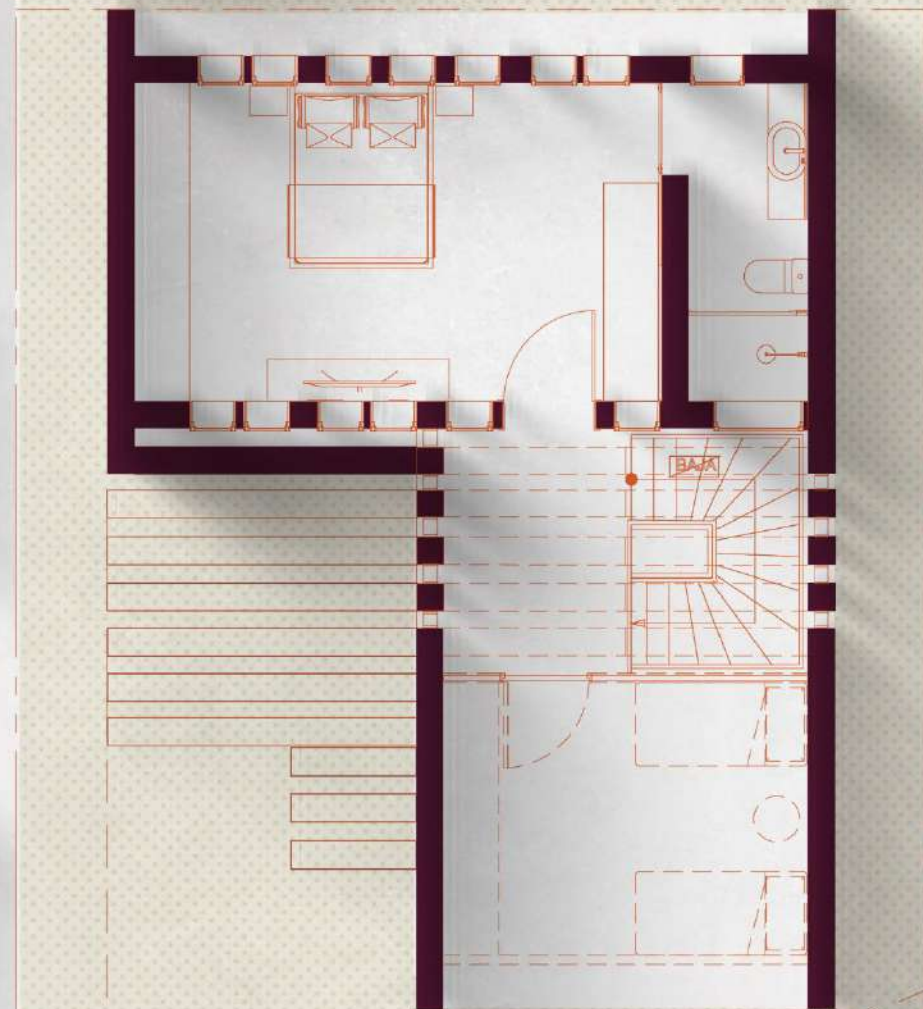
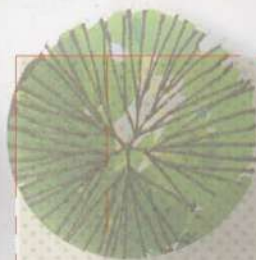
Planta Arquitectónica
Presto
0 2 4
NIVEL 00



0 2 4
SIN AMPLIAR



210 0 2 4
AMPLIADA



Planta Arquitectónica

Presto

0 2 4
NIVEL 01

Casa Presto

Presto en la música se refiere a una indicación de tiempo equivalente a muy deprisa. De igual manera, presto significa que está preparado y dispuesto para realizar una acción con prontitud y diligencia. La vivienda busca dar una solución rápida y digna. Este modelo es una alternativa más pequeña de las tipologías de viviendas ofrecidas destinada a familias menos numerosas.



Isométrico- Nivel 00

Al entrar por el ingreso de pilastras, nos recibe un patio central con una distribución distinta a las otros dos modelos. Al fondo se localiza la sala-comedor con su cocina lineal. Frente el patio se encuentra el espacio destinado a crecimiento para un baño completo o un local comercial. Debajo de las escaleras metálicas prefabricadas se localiza la lavandería.



Isométrico- Nivel 01

Subiendo las escaleras nos recibe un balcón un poco más chico a los anteriores, que nos dirige a la recámara principal con su baño. Frente al balcón se ubica el espacio de futuro crecimiento de una habitación adicional. La vivienda cuenta con 62.00 m² en el nivel 00 y 49.00 m² en el nivel 001 con un total de 111.00 m². Añadiéndole a futuro un crecimiento de 15.00 m² por nivel dando un total de 141.00 m².



Elevación Frontal

Los distintos niveles de los techos aportan dinamismo a la volumetría.



Elevación Lateral Derecha

Las paredes exteriores al ser blancas reflejan la incidencia solar, enfriando la vivienda.



Elevación Posterior

El elemento sólido al fondo de las celosías impide que el agua de la lluvia entre a la recámara.



Elevación Lateral Izquierda

Las líneas rectas proporcionan una estética limpia y pura.



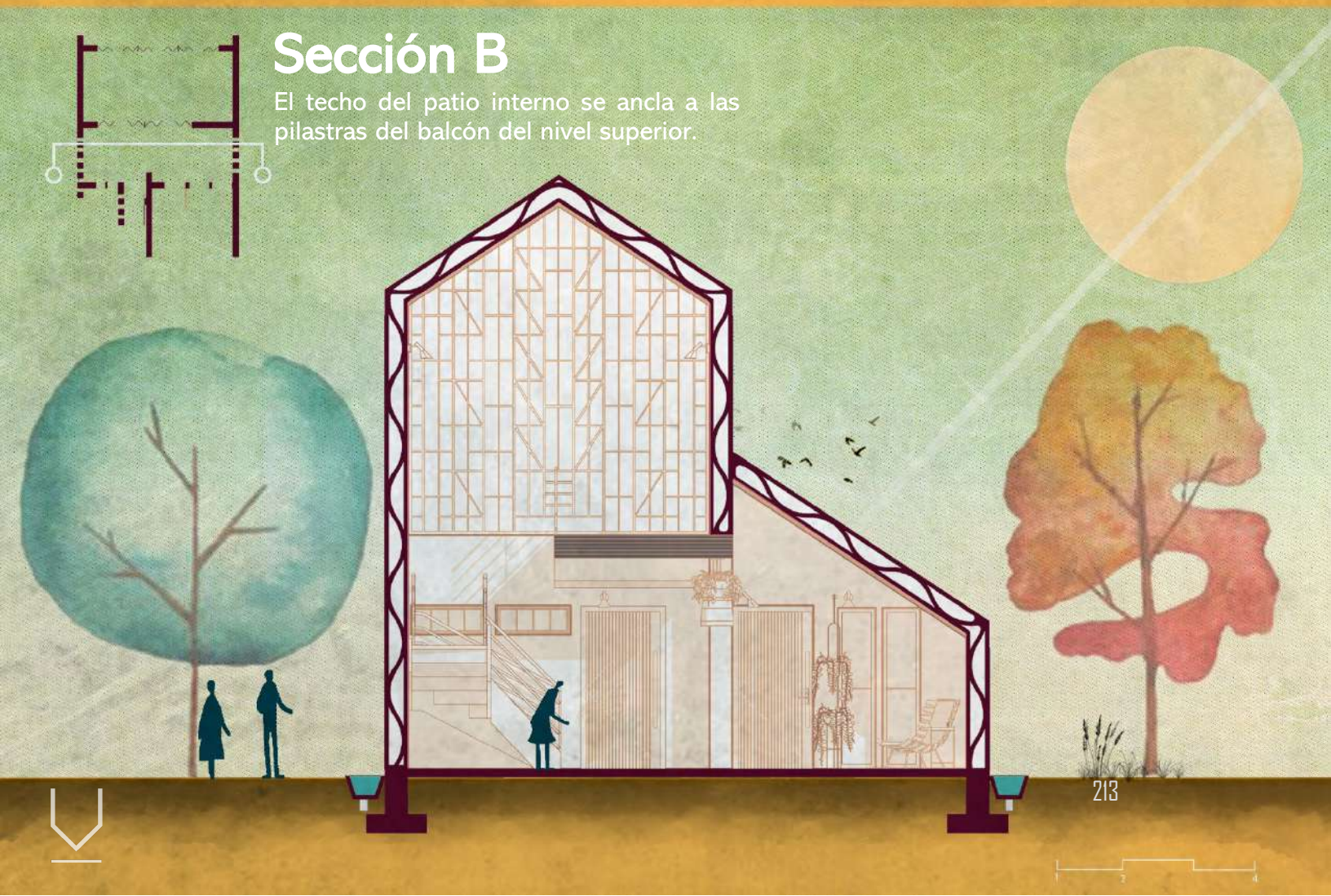
Sección A

El nivel del techo en el patio interno da la sensación de un espacio tipo ático.



Sección B

El techo del patio interno se ancla a las pilastras del balcón del nivel superior.



Sección C



El techo de la recámara es alto para que la habitación se refresque con rapidez.

Vista de casa Presto



El módulo frontal de la vivienda Presto es más angosto que las otras dos tipologías.



Vista interna del patio interno de casa Presto

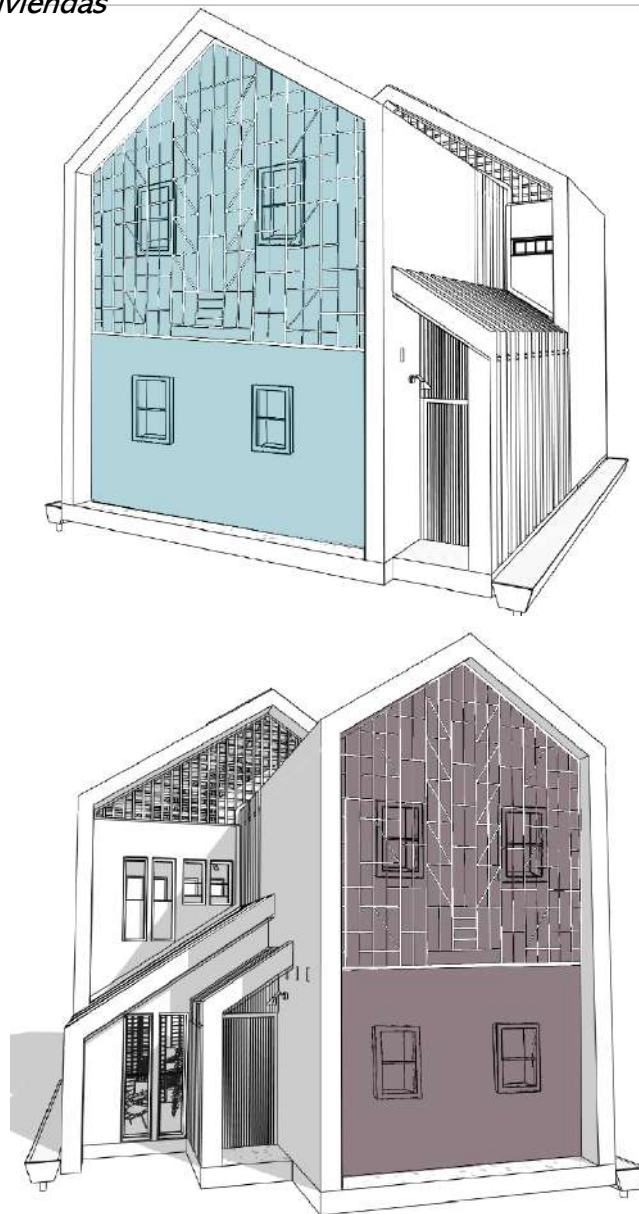
5.7.8. Crecimiento

Las zonas de futuro crecimiento se pueden adaptar para construir habitaciones adicionales o un pequeño local comercial para incentivar los ingresos económicos de los usuarios.

Las ampliaciones muestran distintos usos comerciales que se pueden establecer en estos espacios.

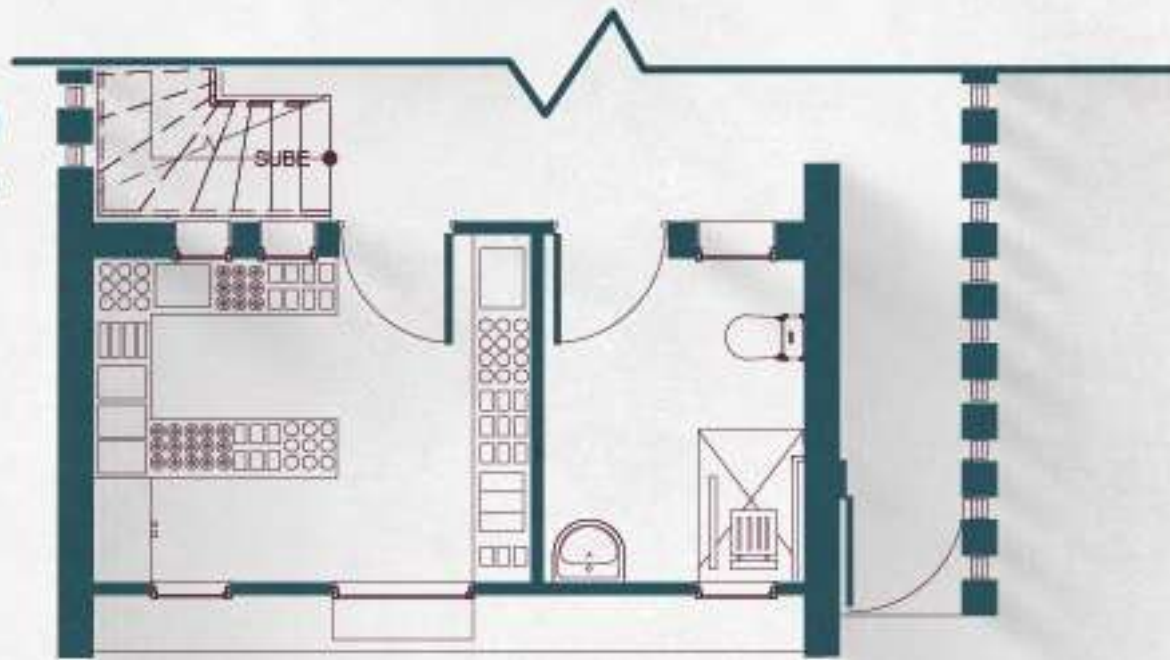
Diagrama 21

Crecimiento de viviendas



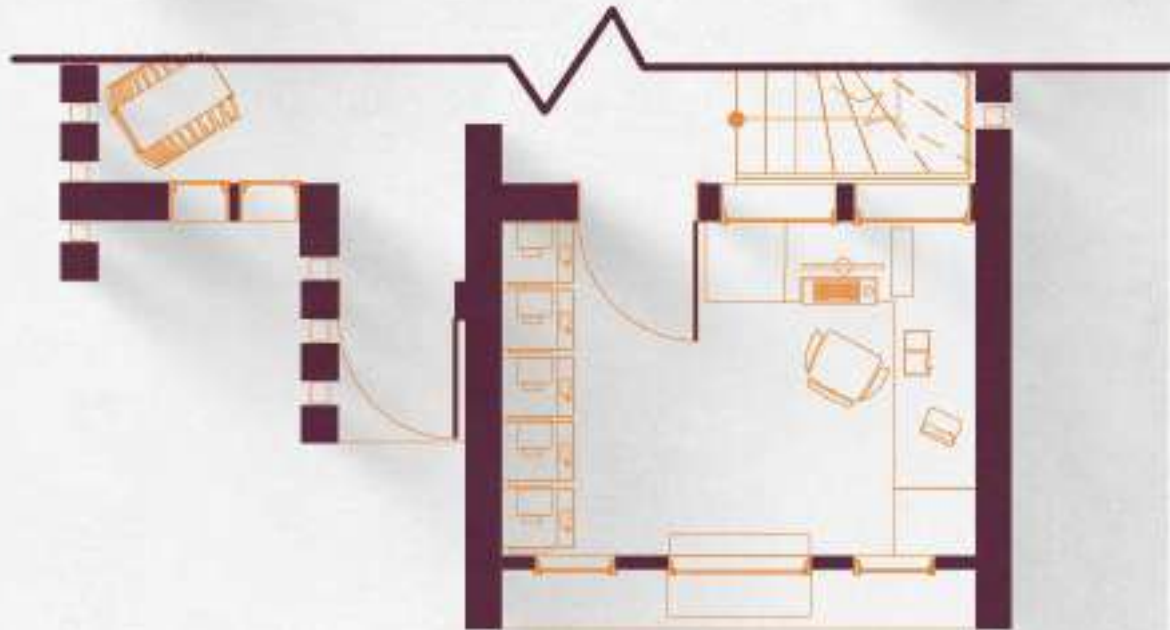
Allegro

MINI SUPERMERCADO



Presto

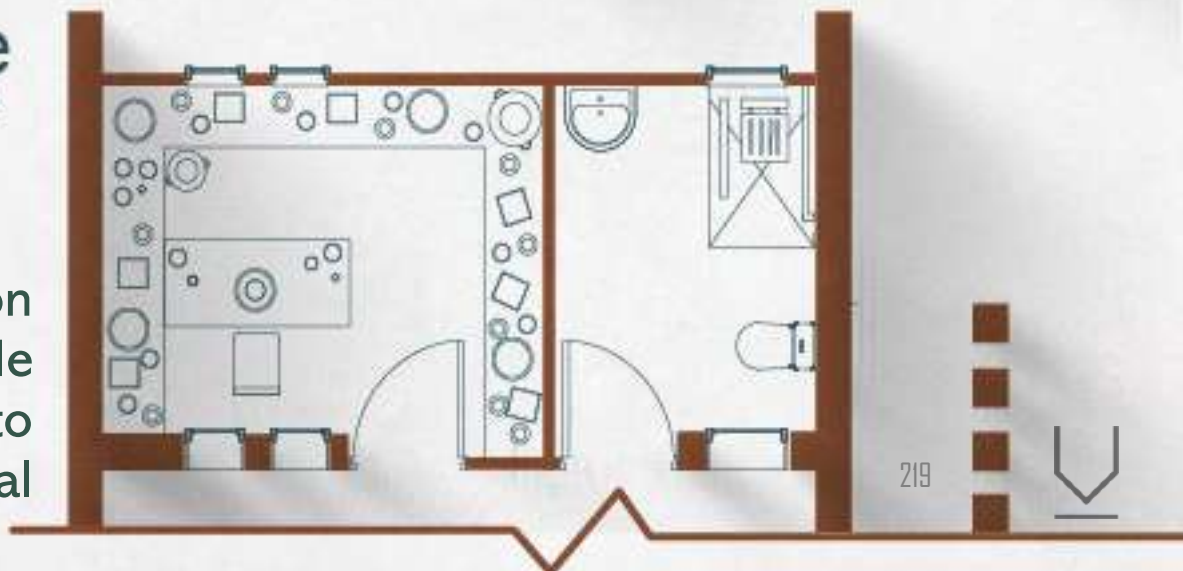
CENTRO DE FOTOCOPIA



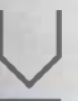
Acorde

TALLER DE CERMICA

Adaptación
de
Crecimiento
Comercial

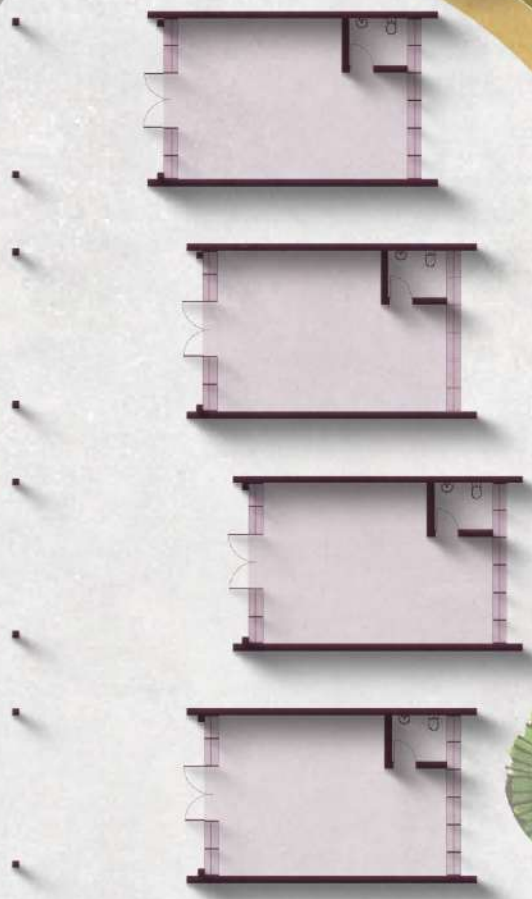
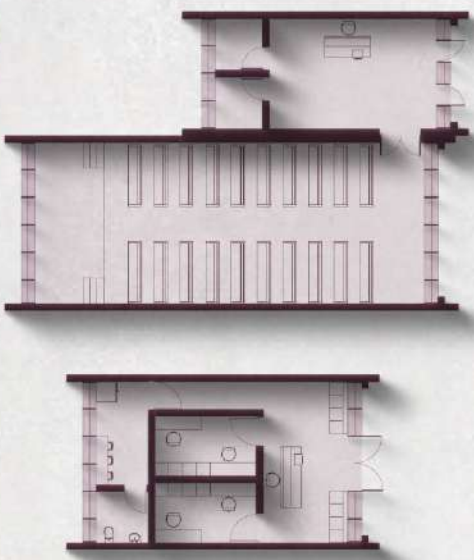


219

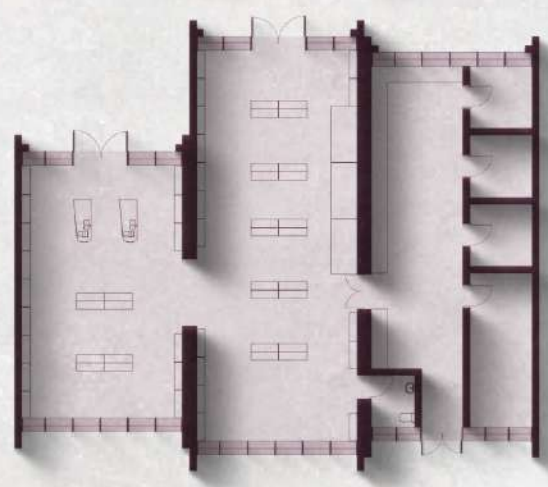


Andante: Centro Comercial

Planta Arquitectónica



N56



220



Andante: Centro Comercial

Toda urbanización sostenible debe contar con espacios comerciales y de intercambio económico, laboral y social dentro de ella. La plaza y centro comercial Andante contiene 4 locales comerciales de alquiler destinado para negocios de primera necesidad como panadería, farmacia, internet, lavandería y negocios afines. En el centro, se localiza el mercado que asigna a la venta los productos recolectados en el huerto. A un lateral se encuentra el edificio de administración y una sala de reuniones con su recepción y baños.

Un sendero techado protege a los usuarios de la lluvia y el sol, y el concepto abierto permite realizar ferias de tipo bazar.

La volumetría del centro comercial emula el estilo arquitectónico de las viviendas y, de igual manera, está diseñado modularmente para que se impriman las piezas prefabricada y posteriormente sean ensambladas.

Elevación Frontal



Elevación Lateral Izquierda



Elevación Posterior



Elevación Lateral Derecha



Vista Centro Comercial Andante



Una semi rotonda cumple la función de parada de transporte público directo a la plaza.

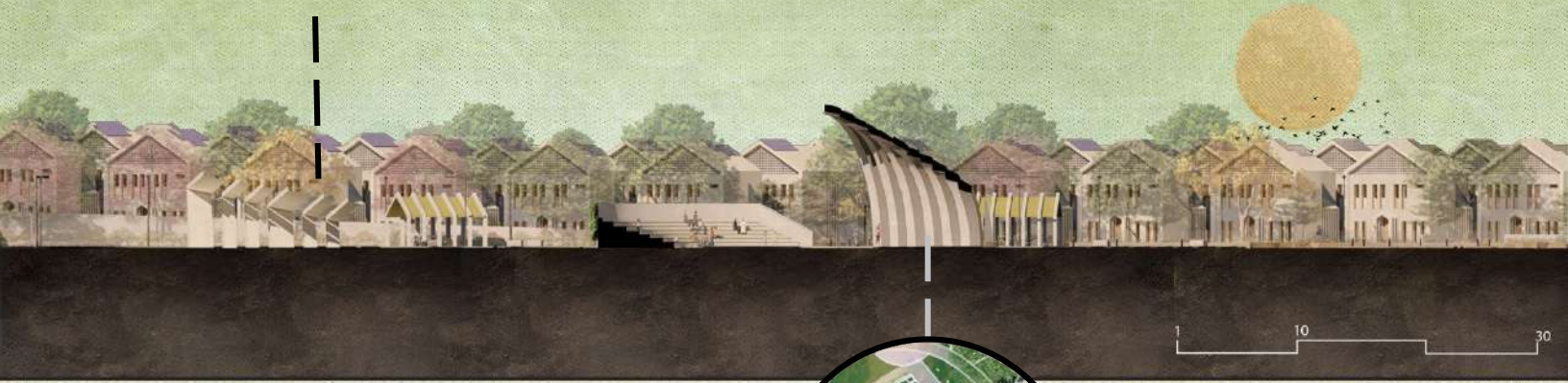
Sección Longitudinal de Conjunto



Parte 1

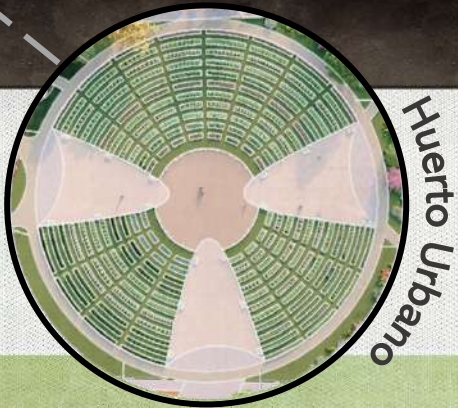


Parte 2



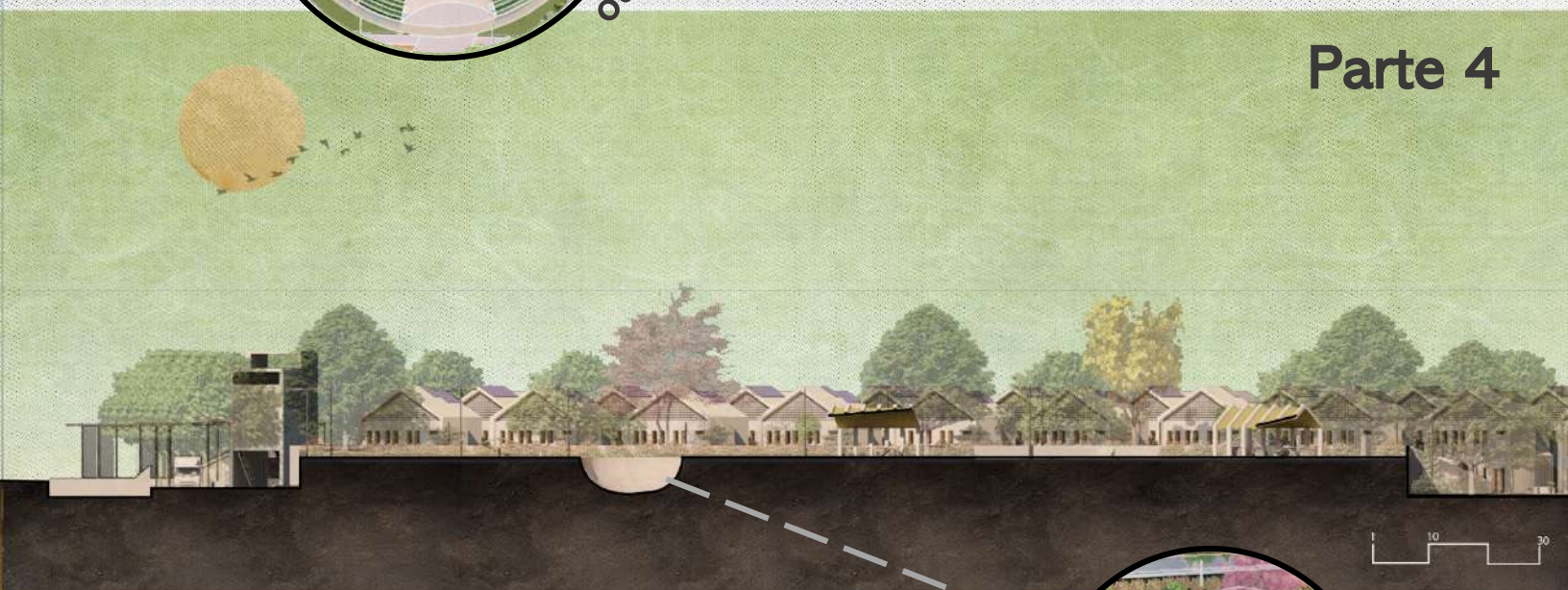


Parte 3



Huerto Urbano

Parte 4



Parque de Skate



Sección Transversal de Conjunto





Vistas Áreas de Conjunto





Patio Interno de Casa Allegro

Cocina y Comedor de Casa Allegro





Casa Acorde

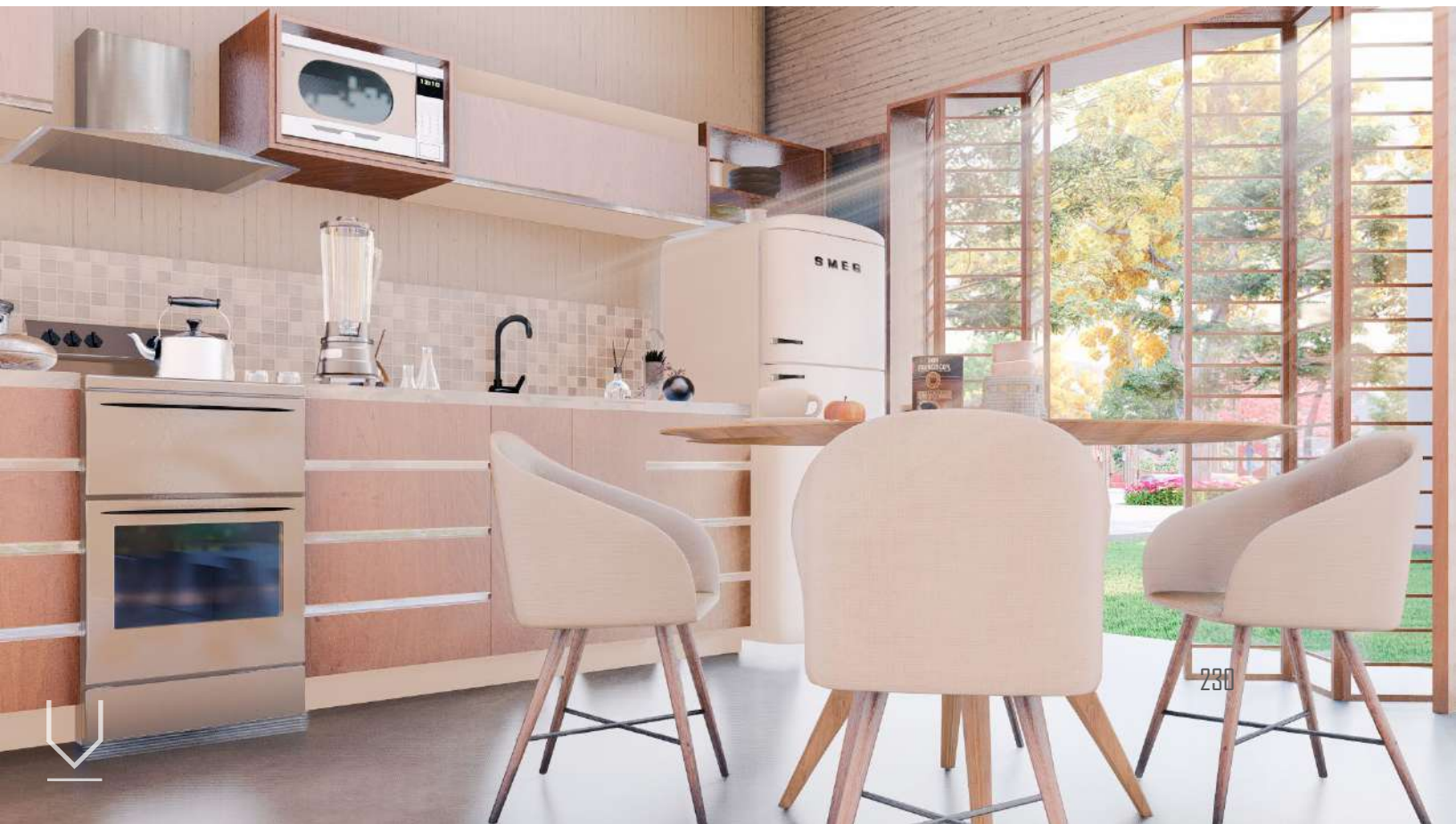
Sala Comedor de Casa Acorde





Casa Presto

Cocina de Casa Presto





Casa Allegro

Balcón de Casa Allegro





Balcón de Casa Presto

Patio Interno de Casa Allegro





Patio Interno Casa Acorde

Recámara Principal





Recámara Principal

Sala de Casa Allegro





Vereda

Anfiteatro





Acera

Cancha Multiusos





Área de Juegos Infantiles





Área de Juegos Infantiles

Pabellón para Futuro Parvulario





Huerto Urbano

Parque de Skate





Andante: Plaza y Centro Comercial





Torre de Agua

Vista Aérea





Vista en Planta del Conjunto

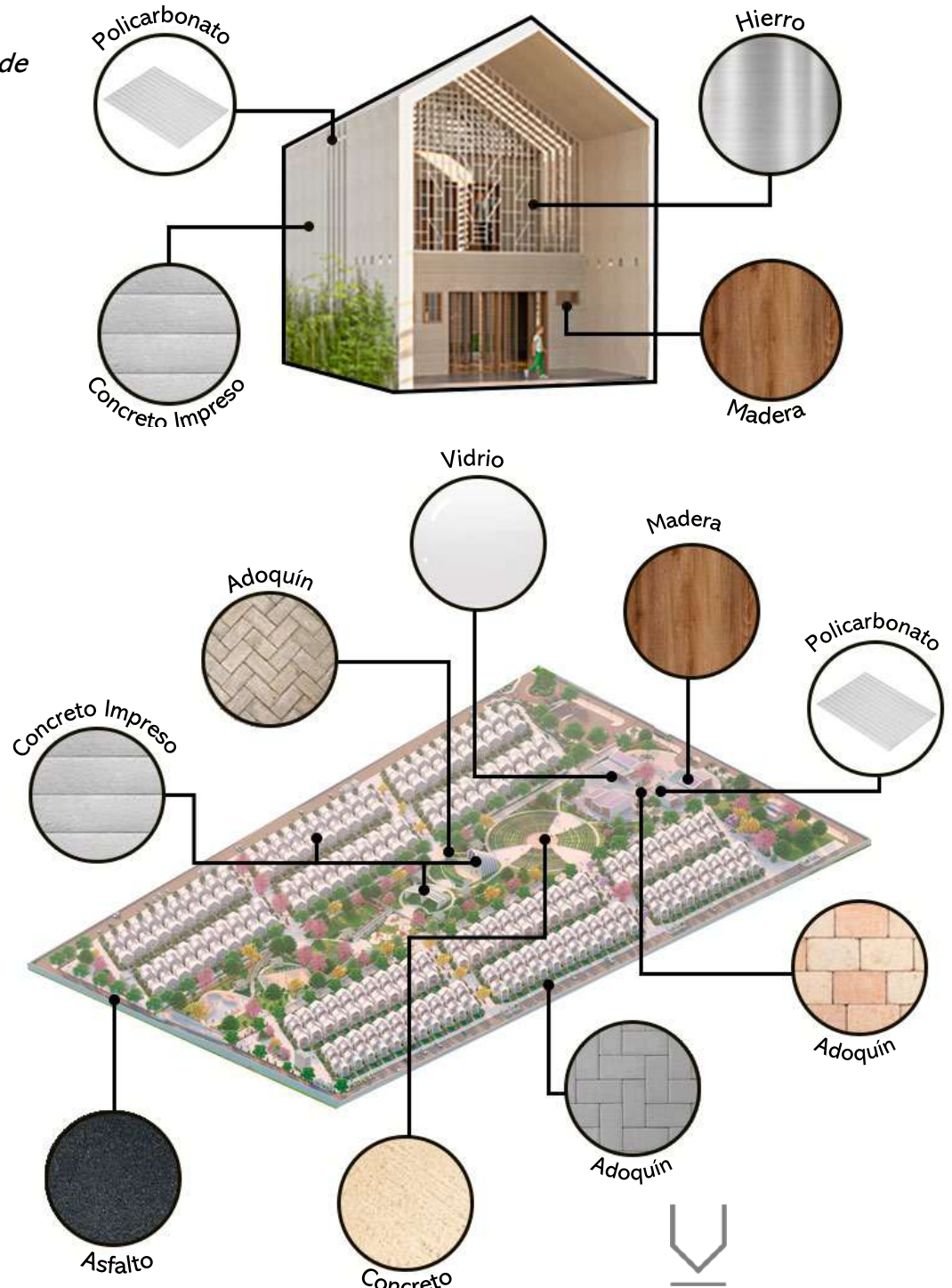
Isométrico del Proyecto



5.7.12. Materialidad

Entre los materiales utilizados para el proyecto están el concreto impreso, metal, madera y láminas de policarbonato para las viviendas. En el complejo se definieron materiales como Hormigón impreso para las estructuras, adoquines variados, vidrio, madera, láminas de policarbonato, hormigón regular y asfalto.

Diagrama 22
Crecimiento de viviendas



5.7.13. Equipamientos y sistemas

A continuación, se describirán los equipos de los sistemas utilizados dentro del proyecto.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

La planta LAGO MBR de la compañía GIRH SA es una planta de tratamiento compacta que incorpora la tecnología de biorreactor de membrana (MBR). Esta tecnología combina una técnica de separación de membrana de alta eficacia y un tratamiento de lodos activados. Al juntarlas se intensifica el efecto del tratamiento bioquímico. Este equipo se puede utilizar en aguas de alto contenido orgánico o para tratamiento de aguas residuales industriales. Según la densidad del proyecto se está contando con dos unidades.

Figura 127

Planta de tratamiento LAGO BMR



Tabla 18

Tabla de especificaciones de la PTAR

Especificaciones	
Tecnología	MBR (hollow fiber PVDF)
Capacidad de tratamiento	Hasta 180.00 m ³ /día
IoT	Integrado
Eficiencia de remoción alcanzable	DBO ≥ 90%; NTK ≥ 80%; P≥80% (Sin procesos adicionales)
Dimensiones para la Instalación (Lx A x H)	12.00 x 3.50 x 4.00 m
Peso Neto	12,500.00 kg
Eléctrico	440.00 /440.00 /EPH/60.00 HZ
Desinfección	UV integrado

Sistema de recolección de agua de lluvia

Mediante canales con mallas, ubicados a cada lado de las viviendas, se recolecta el agua pluvial donde por un sistema de tuberías se dirige al filtro UpFlo™ que purifica

Figura 128

Imagen de filtro UpFlo.



Nota. Tomado de UpFlo. (2021). Hidropluviales. <https://hidropluviales.com/2012/10/15/filtro-de-flujo-ascendente/#filtros>

al agua y lo almacena a los tanques recolectores para su uso al regar la vegetación de las áreas comunes.

Tabla 19

Tabla de especificaciones de la UpFlo

Especificaciones de la UpFlo							
Modelo	Dimensiones (m)	Numero de módulos filtrantes	Caudal de tratamiento	Caudal hidráulico (L/s) ²	Carga hidráulica	Volumen aceites y flotantes (litros)	Volumen de sedimentos mínimo
Pozo	1.20	1.00 - 6.00	1.30- 1.70	170.00	750.00	190.00	0.70
Cámara	Según Proyecto	7.00 - 50.00	7.80 - 6.50	Según proyecto	750.00	Según proyecto	Según proyecto

Nota. Tomado de UpFlo. (2021). Hidro pluviales. <https://hidropluviales.com/2012/10/15/filtro-de-flujo-ascendente/#filtros>

Tanque de agua

Para abastecer las viviendas del conjunto de agua limpia se necesitan 4 tanques de 40,000.00 galones, estos localizados en las torres de agua diseñadas para ser impresas en concreto. Se estará trabajando con tanque cilíndricos de 3.50 x 4.76 m de la compañía Tecno Tanques.

Figura 129

Imagen de tanque de agua.

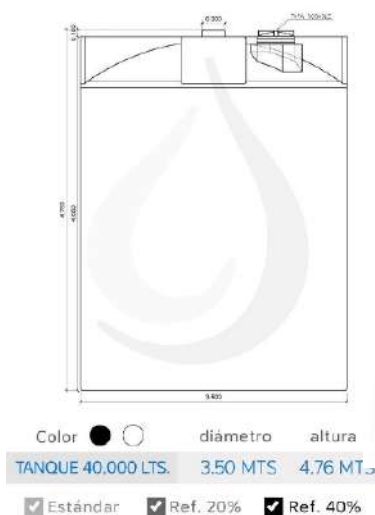


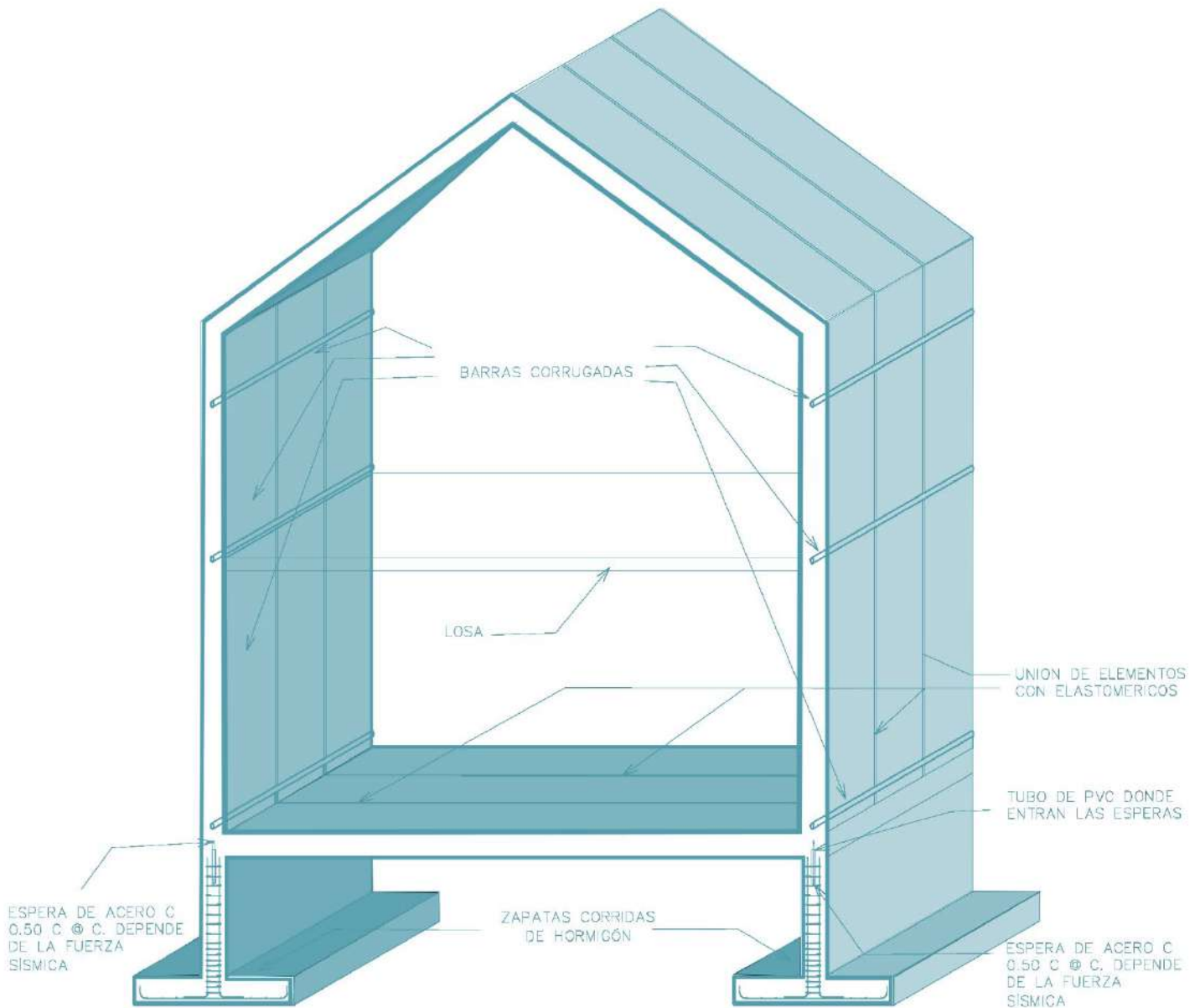
Figura 130

Torre de agua del proyecto.



Nota. Tomado de [Tanque de 40,000 L]. (2021). Distribuidor Nacional. <https://www.distribuidornacional.com/tanque-de-40000-litros/>

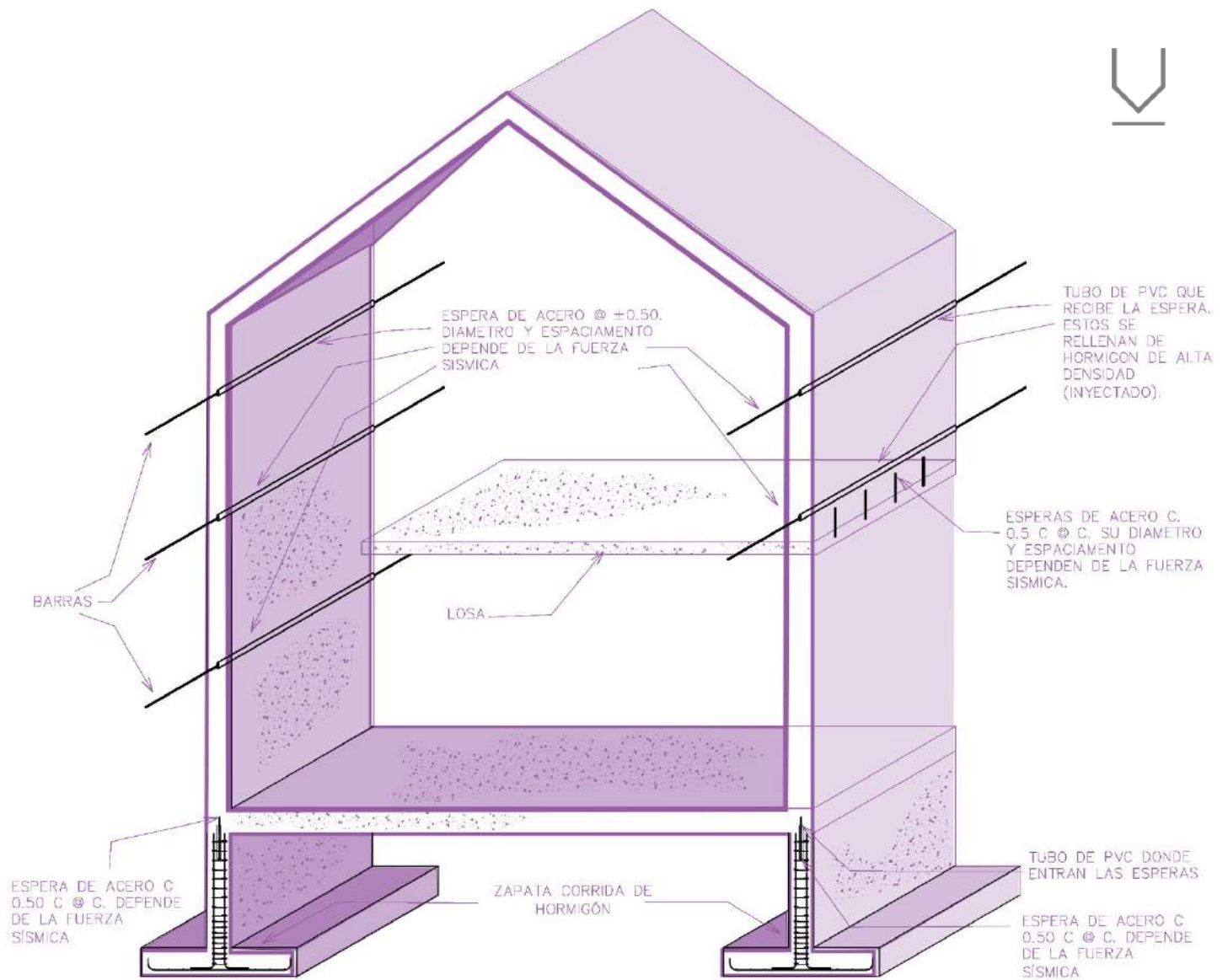
5.8. Detalles Constructivos



DETALLE DE UNION DE PIEZAS PARALELAS

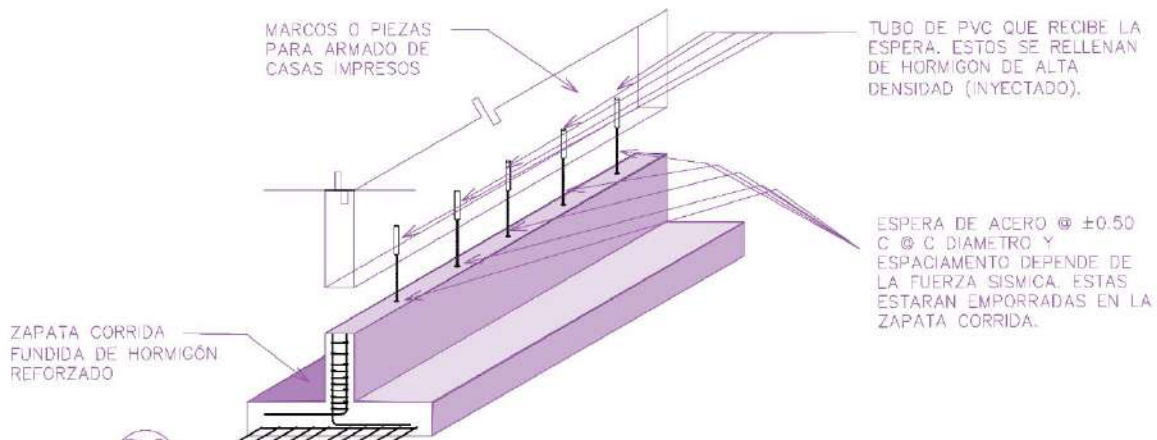
Para los detalles constructivos y uniones estructurales se trabajó bajo la consulta y guía del Ingeniero Estructural Luis Márquez y su compañía LMM Ingeniería.





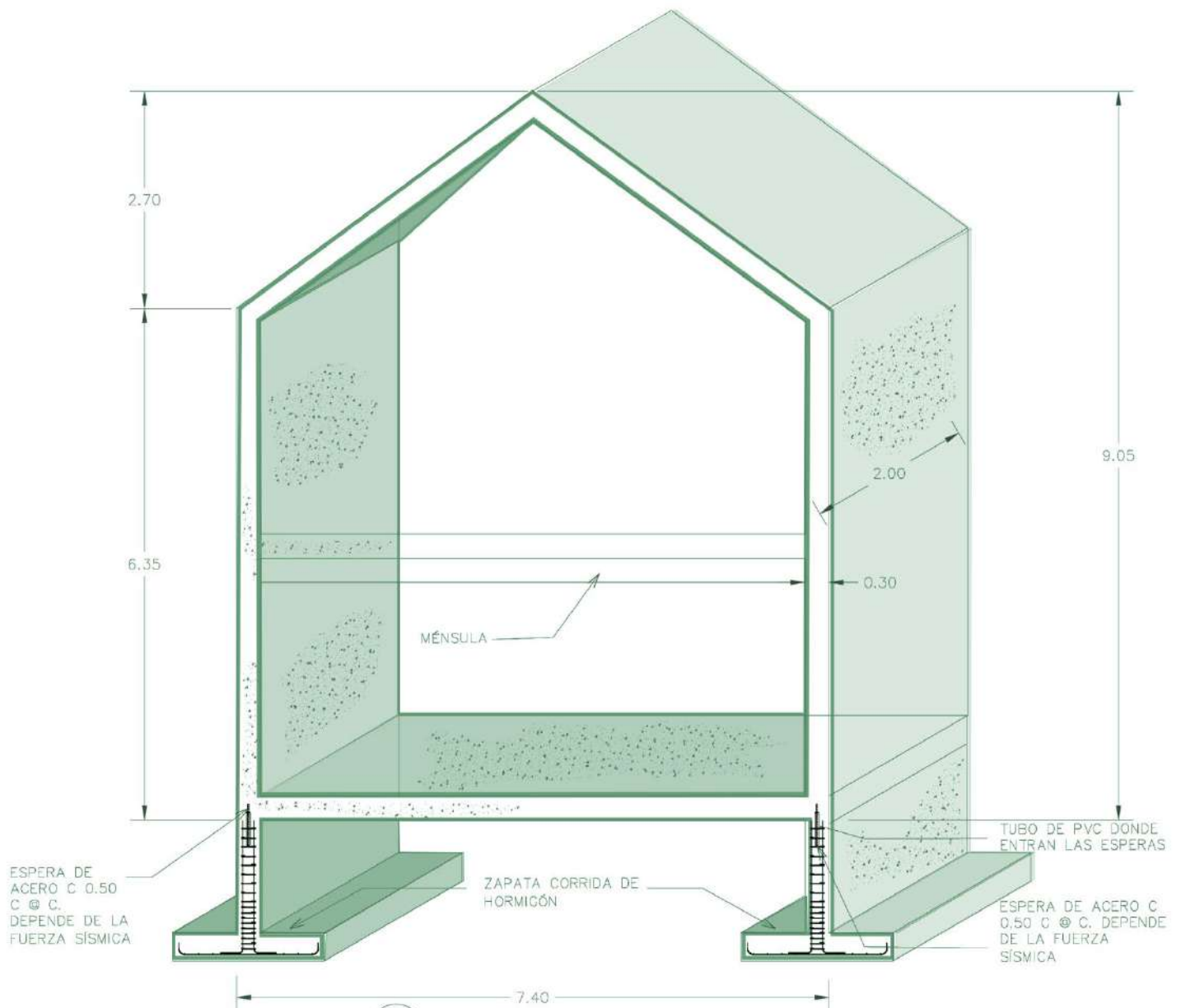
D-2
0/E

DETALLE DE ANCLAJE UNION PIEZA 8 A LOSA VERDE Y FUNDACIONES

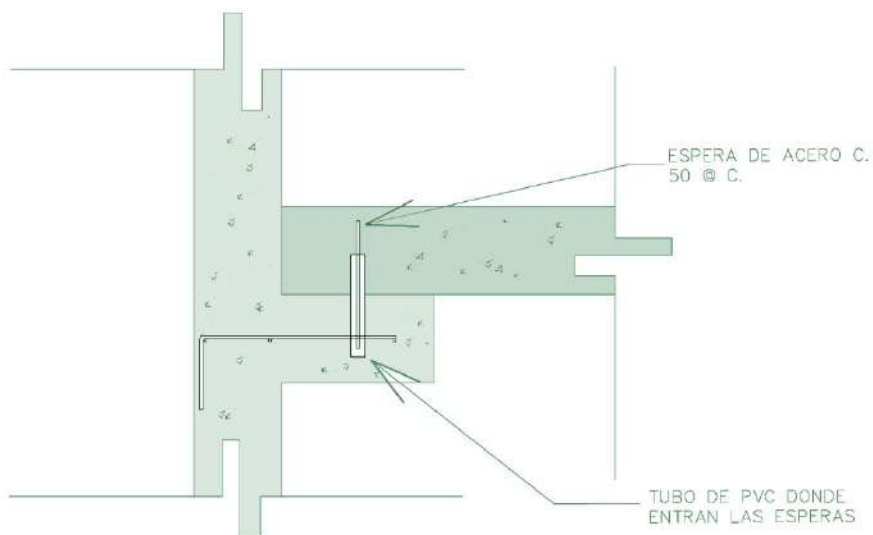


D-3
0/E

DETALLE DE FUNDACION Y ANCLAJE DE PIEZA CON MARCOS IMPRESOS

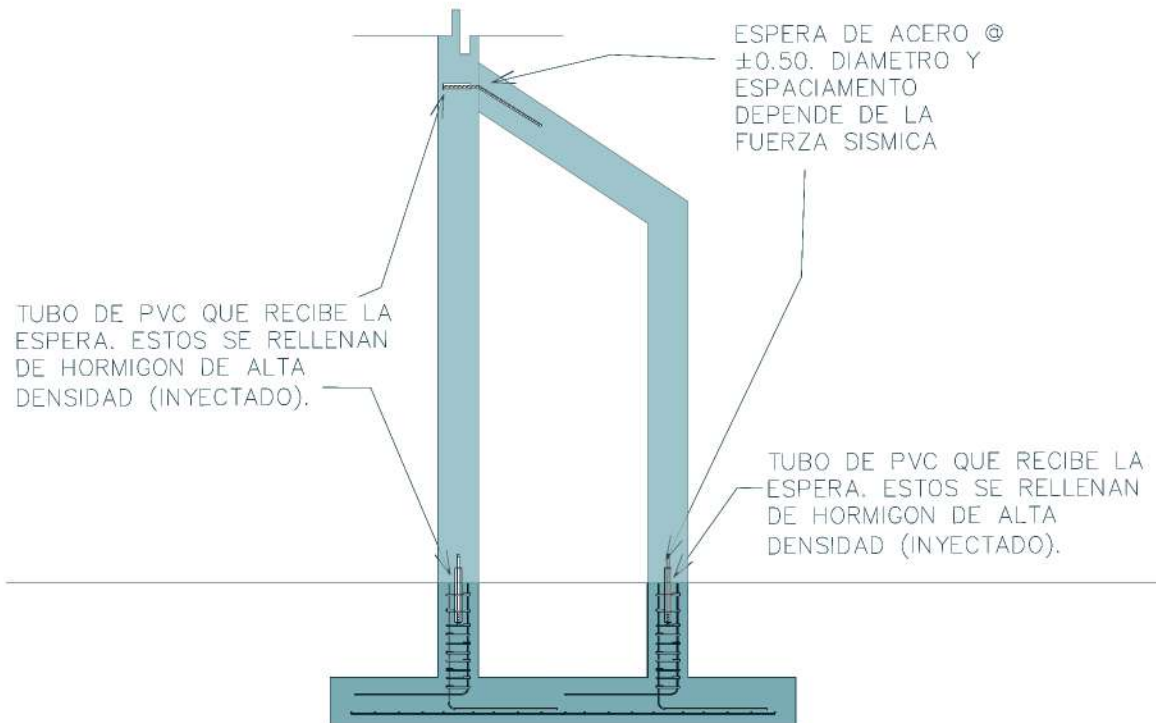


D-4
DETALLE DE PIEZA 3 Y 4



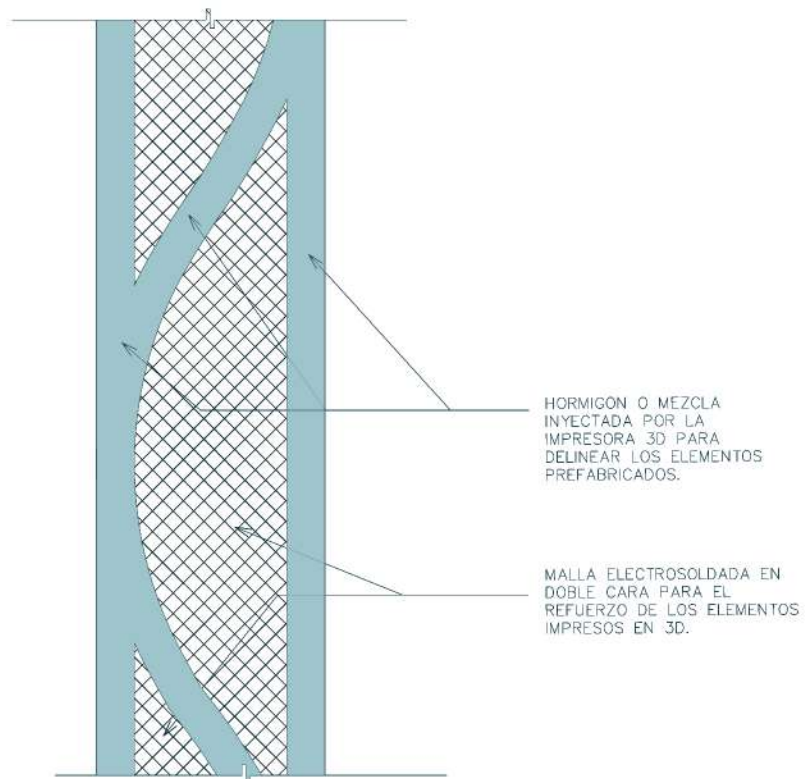
D-5
DETALLE DE MÉNSULA





D-6
0/E

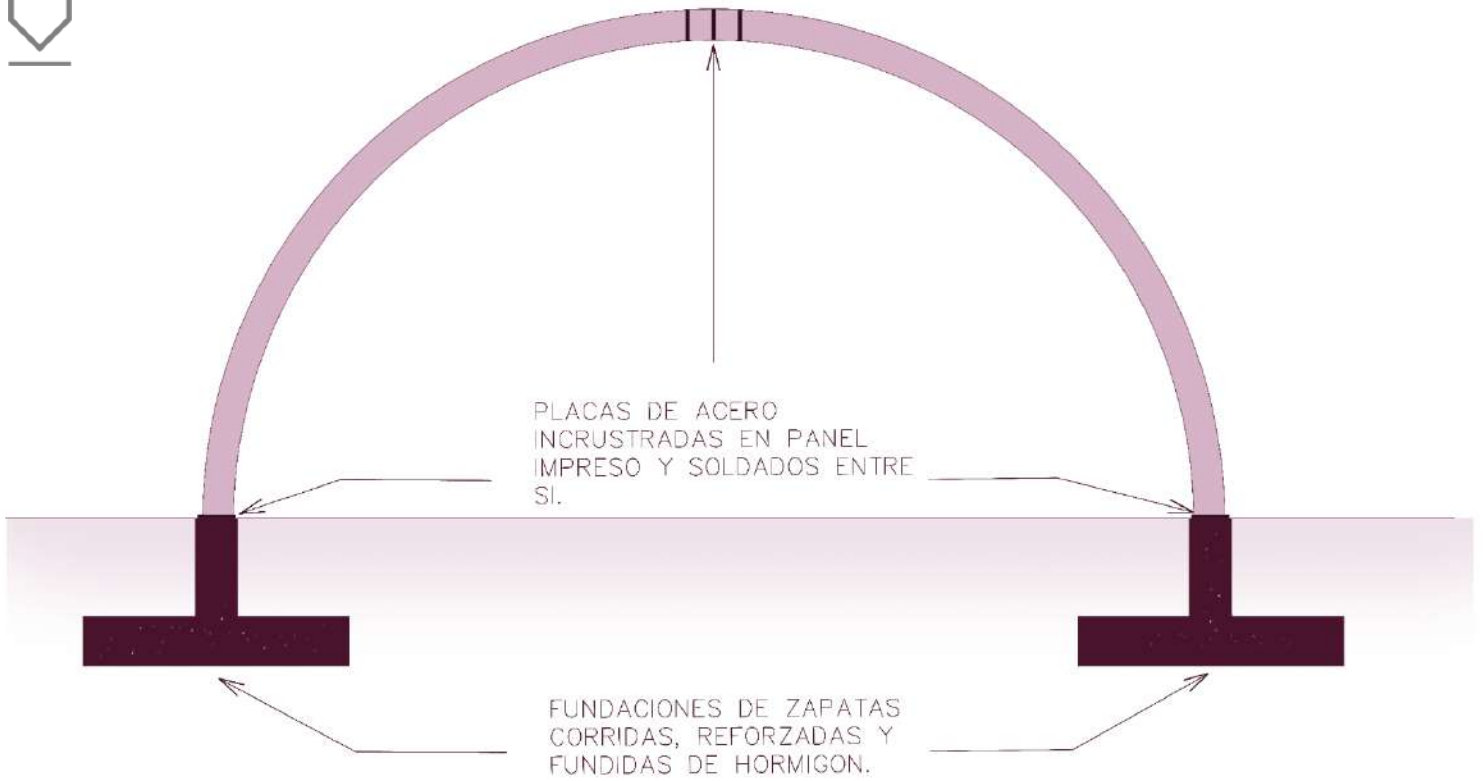
DETALLE DE ANCLAJE DE PIEZA 9 A MARCOS



D-7
0/E

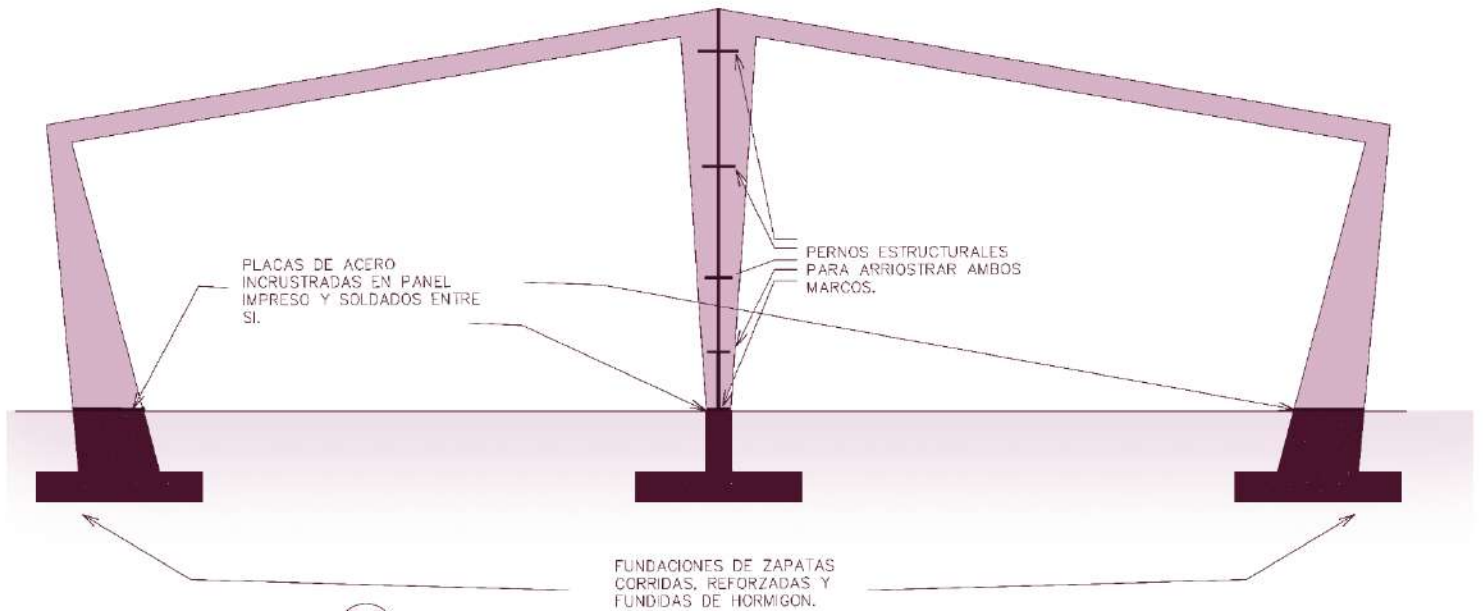
DETALLE DE REFUERZO ESTRUCTURAL DE MARCOS FUNDIDOS EN 3D





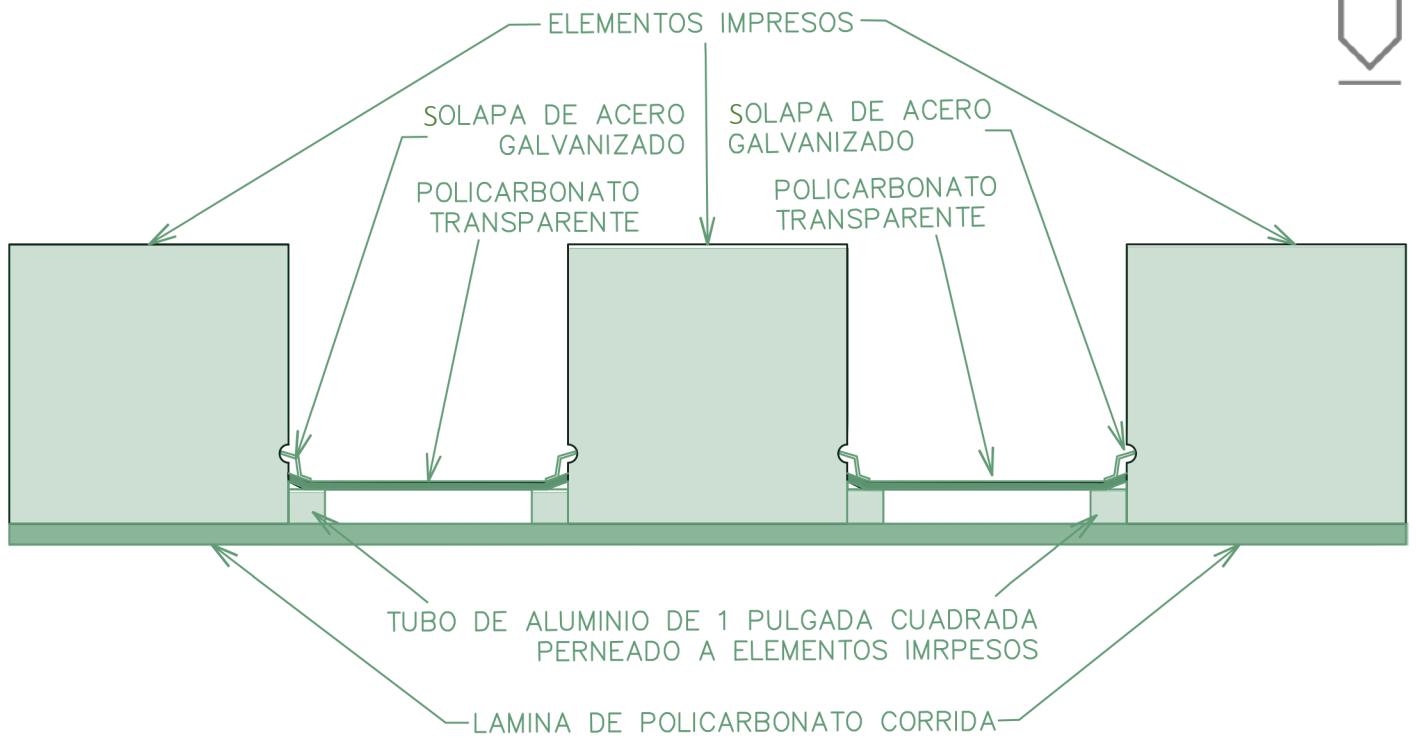
D-8
O/E

DETALLES ESTRUCTURALES PARA MARCOS SEMI CIRCULARES



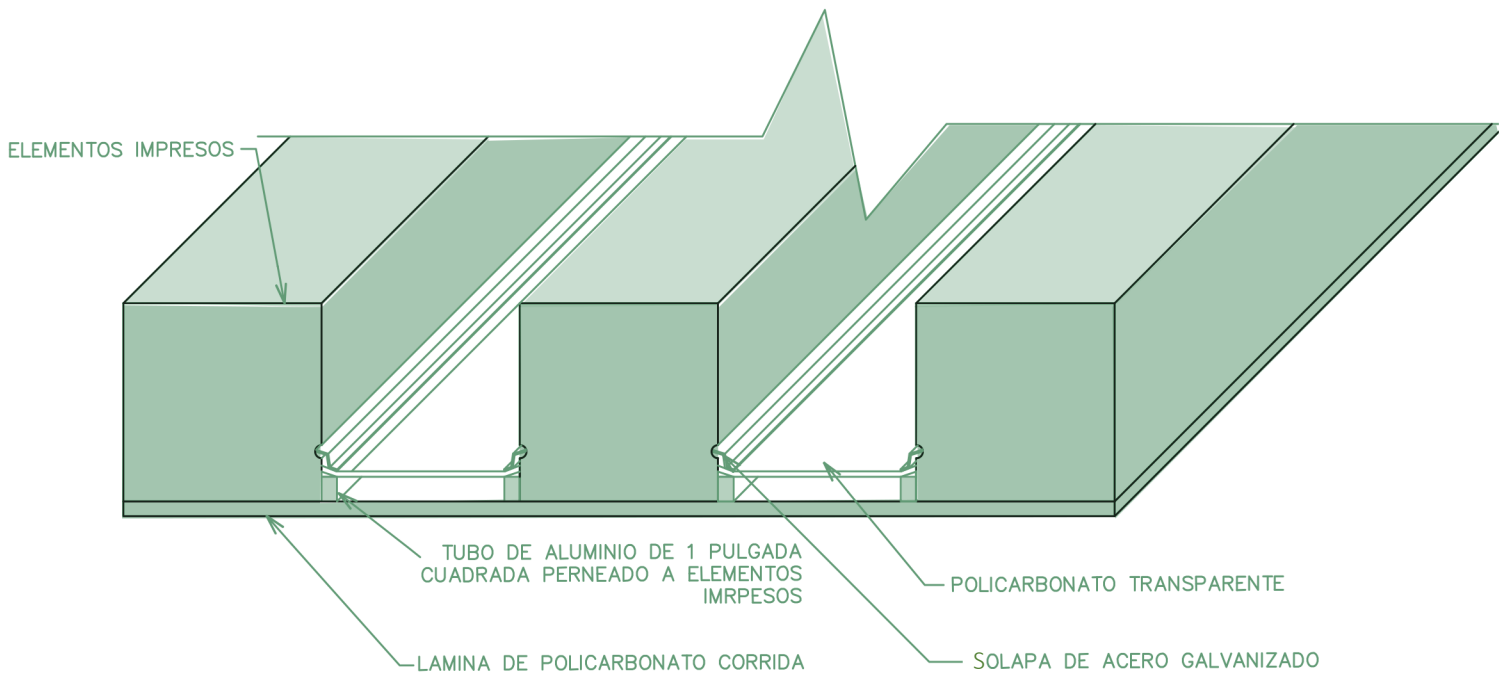
D-9
O/E

DETALLES ESTRUCTURALES PARA MARCOS



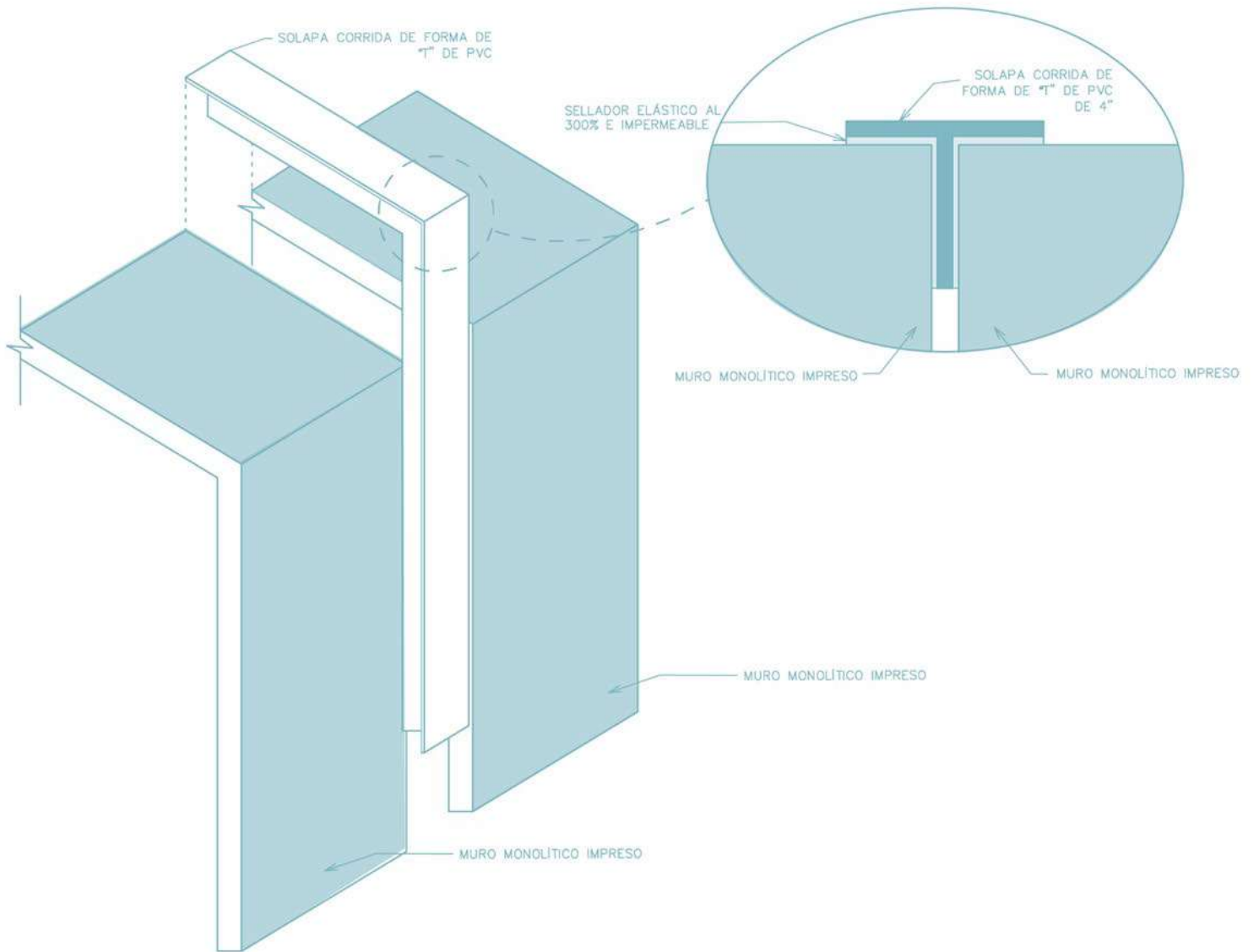
D-10
OE

DETALLE DE CUBIERTA DE POLICARBONATO



D-11
OE

DETALLE DE CUBIERTA DE POLICARBONATO

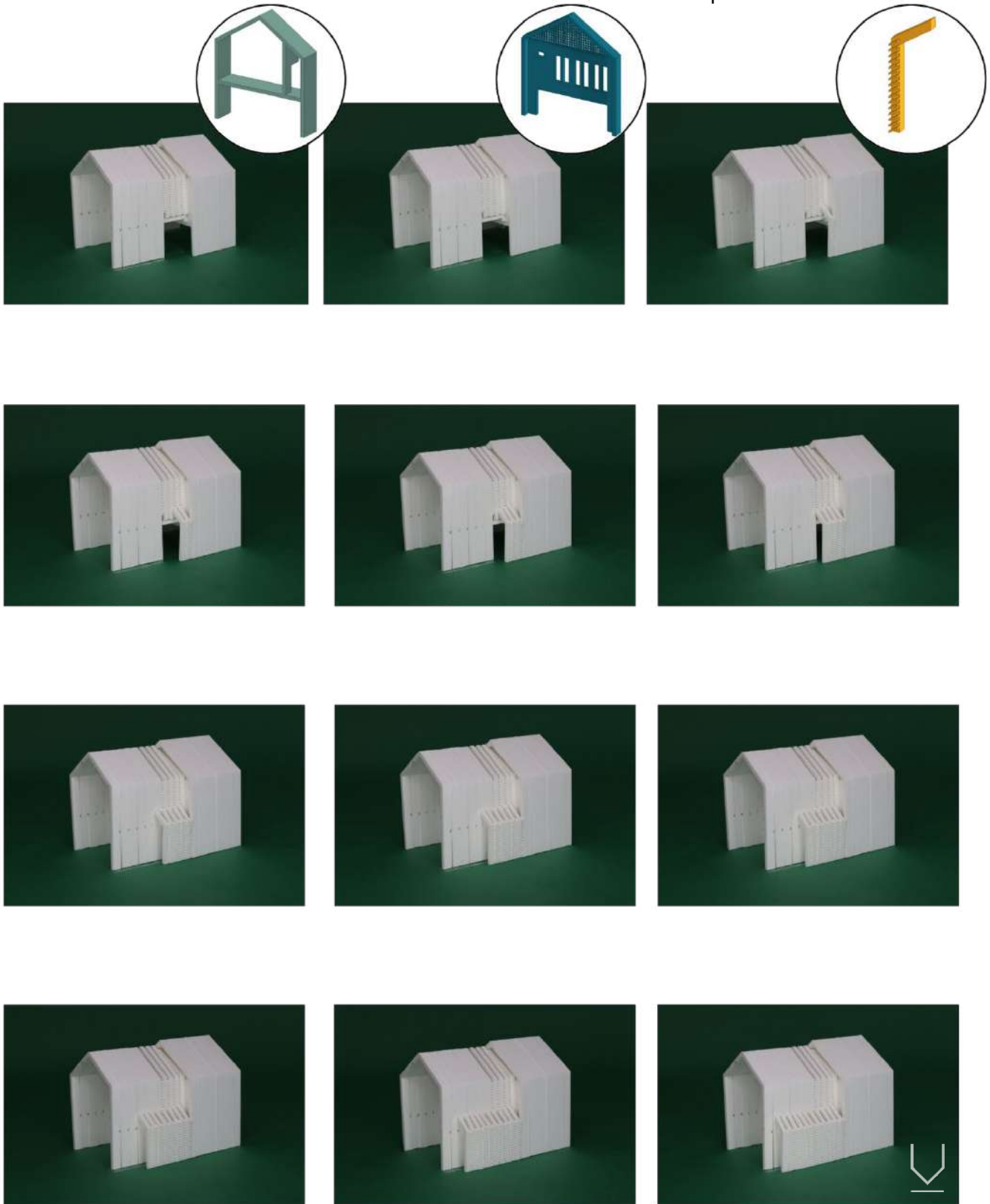


DETALLE DE SOLAPA DE UNION DE PIEZAS

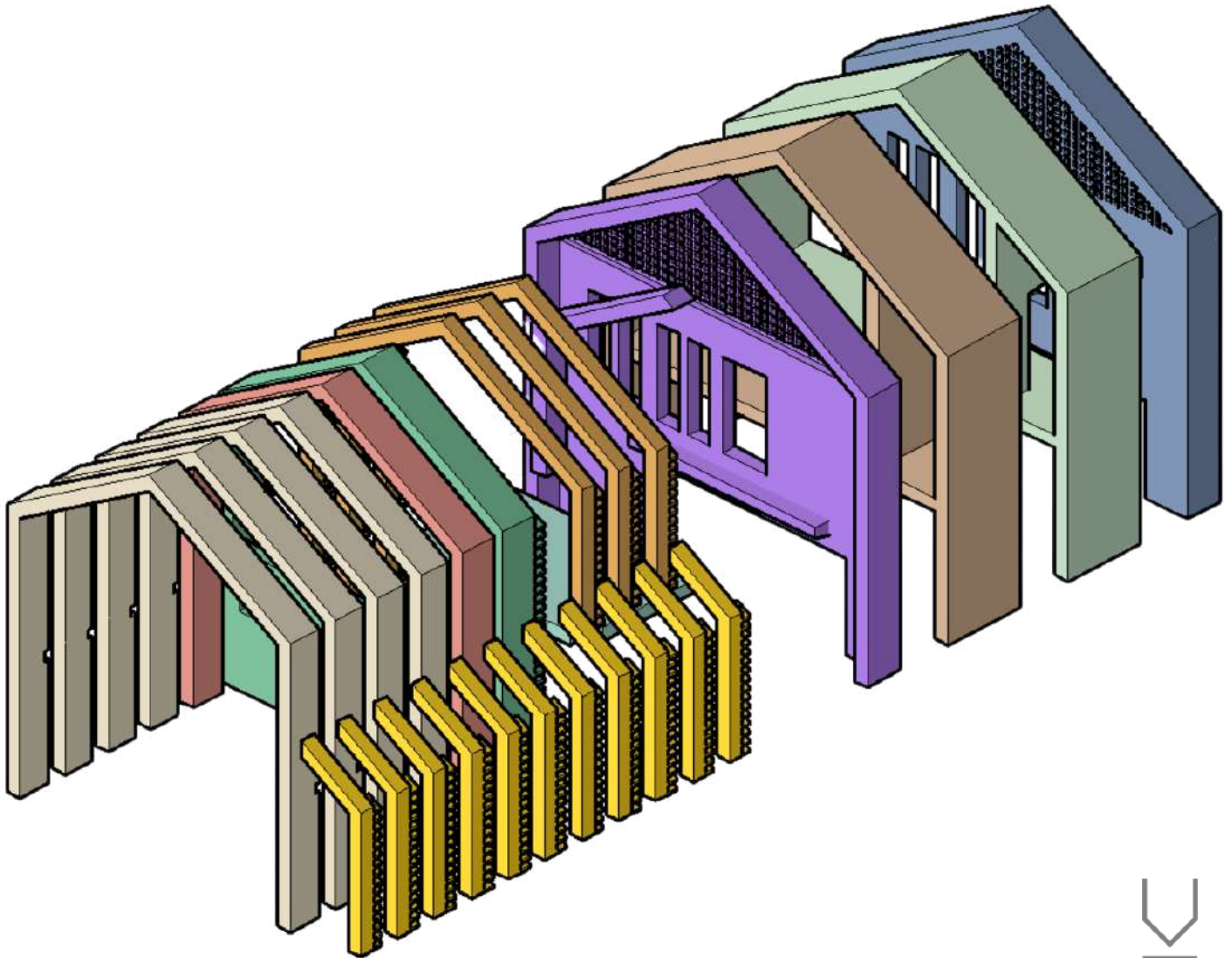
Despiece Casa Alegro



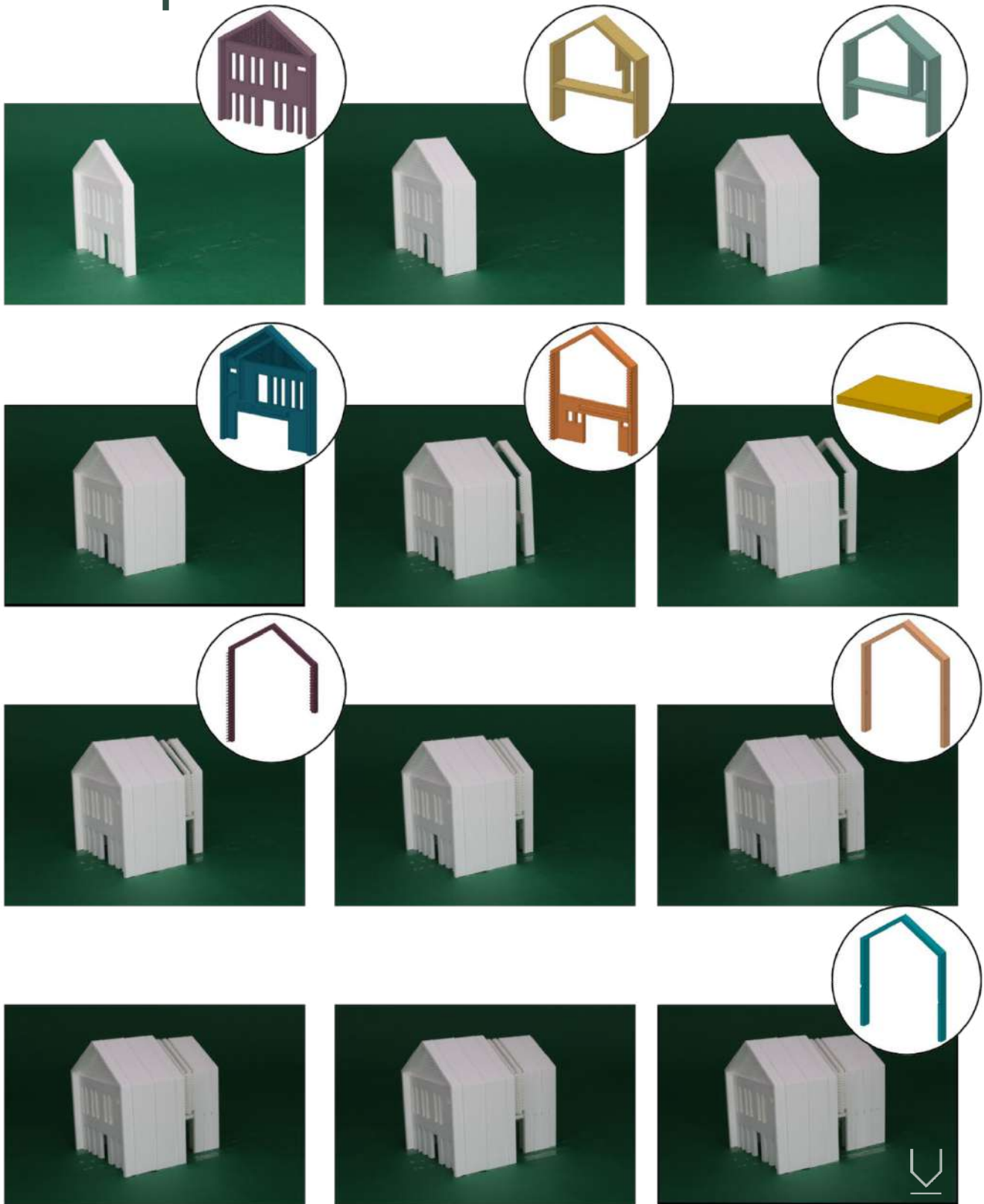
La impresora 3D imprime cada pieza para luego ser montado con grúa en el sitio. El orden de aparición de las fotografías de la maqueta constructiva muestra el orden la cual deben instalarse.

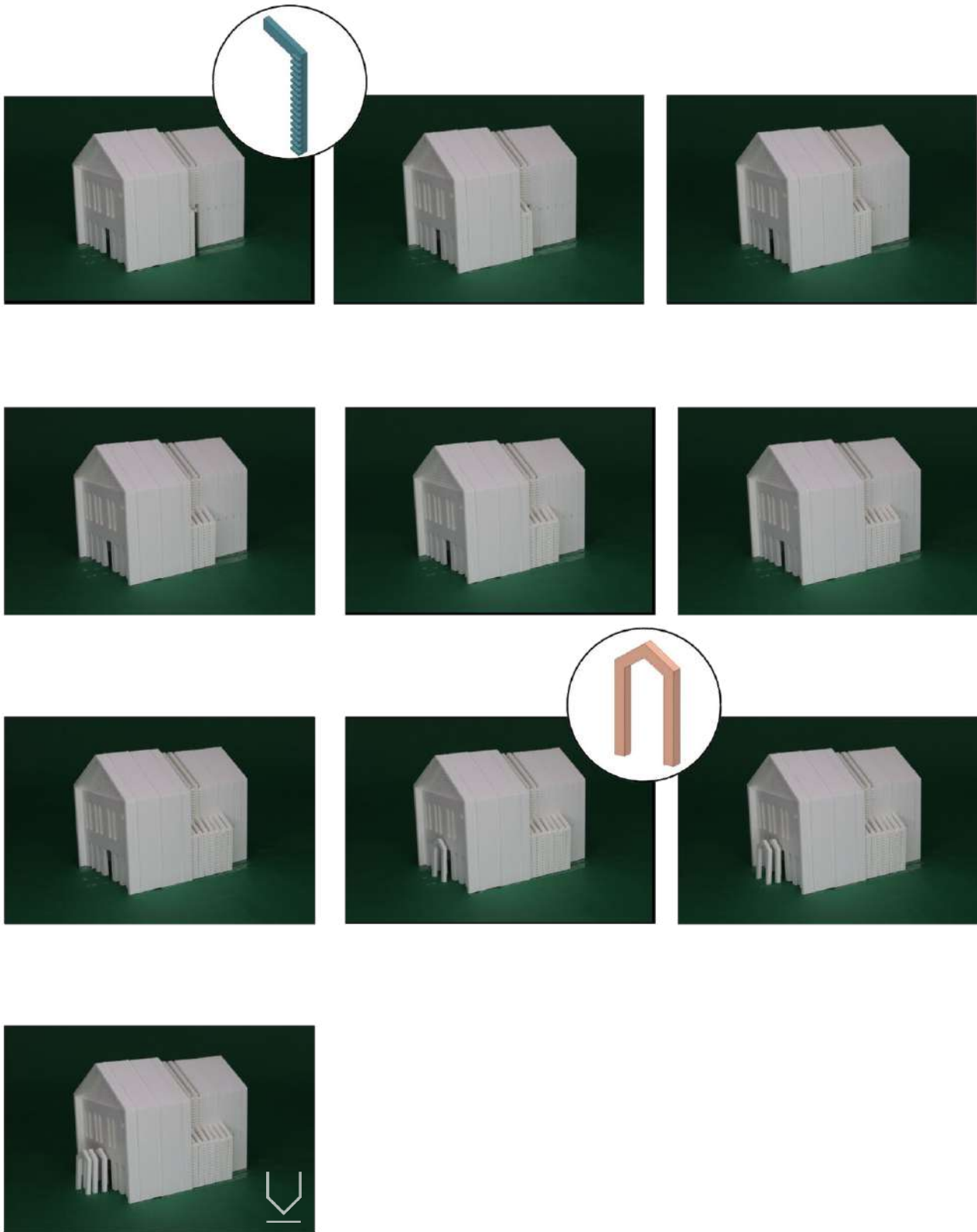


Despiece Isométrico Casa Alegro

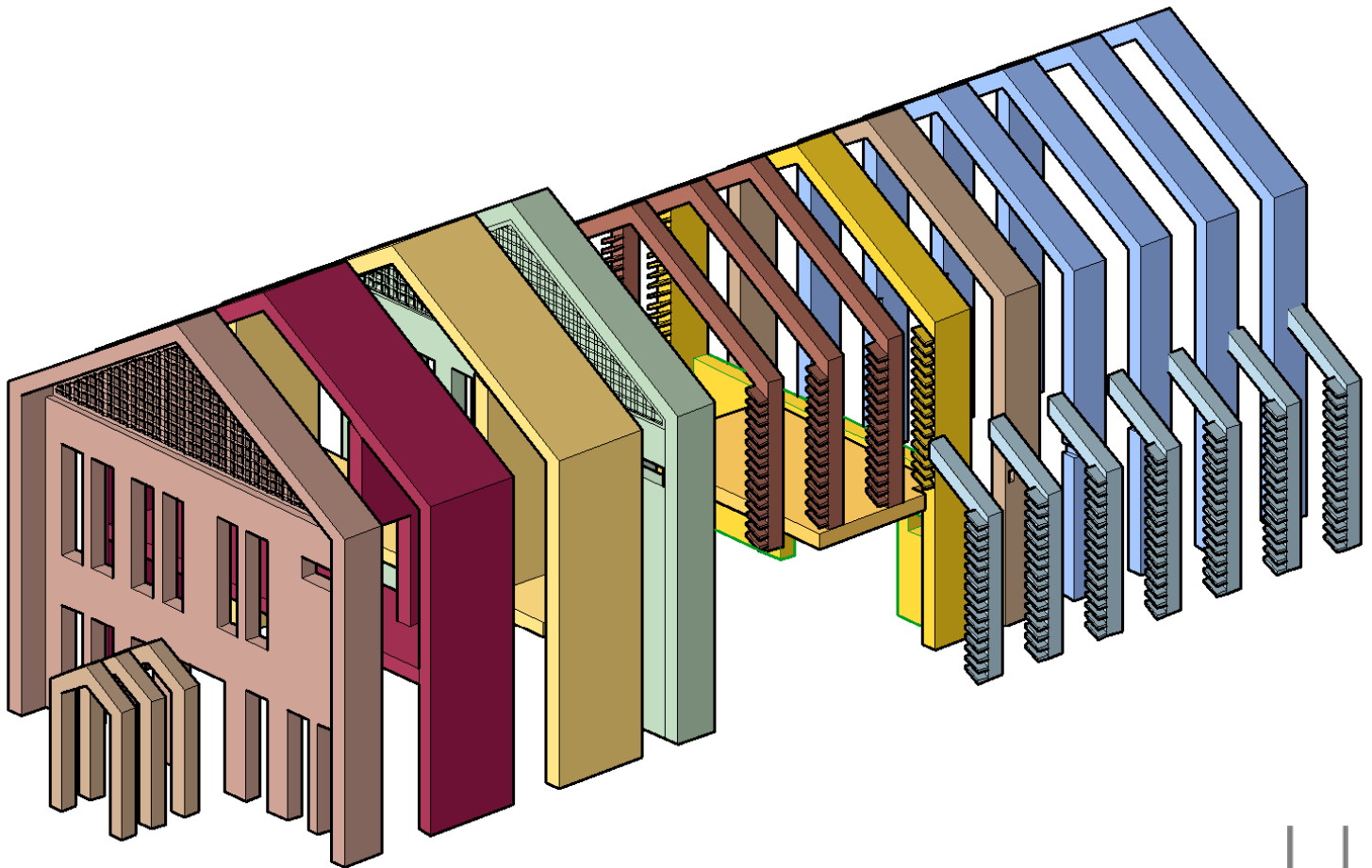


Despiece Casa Acorde

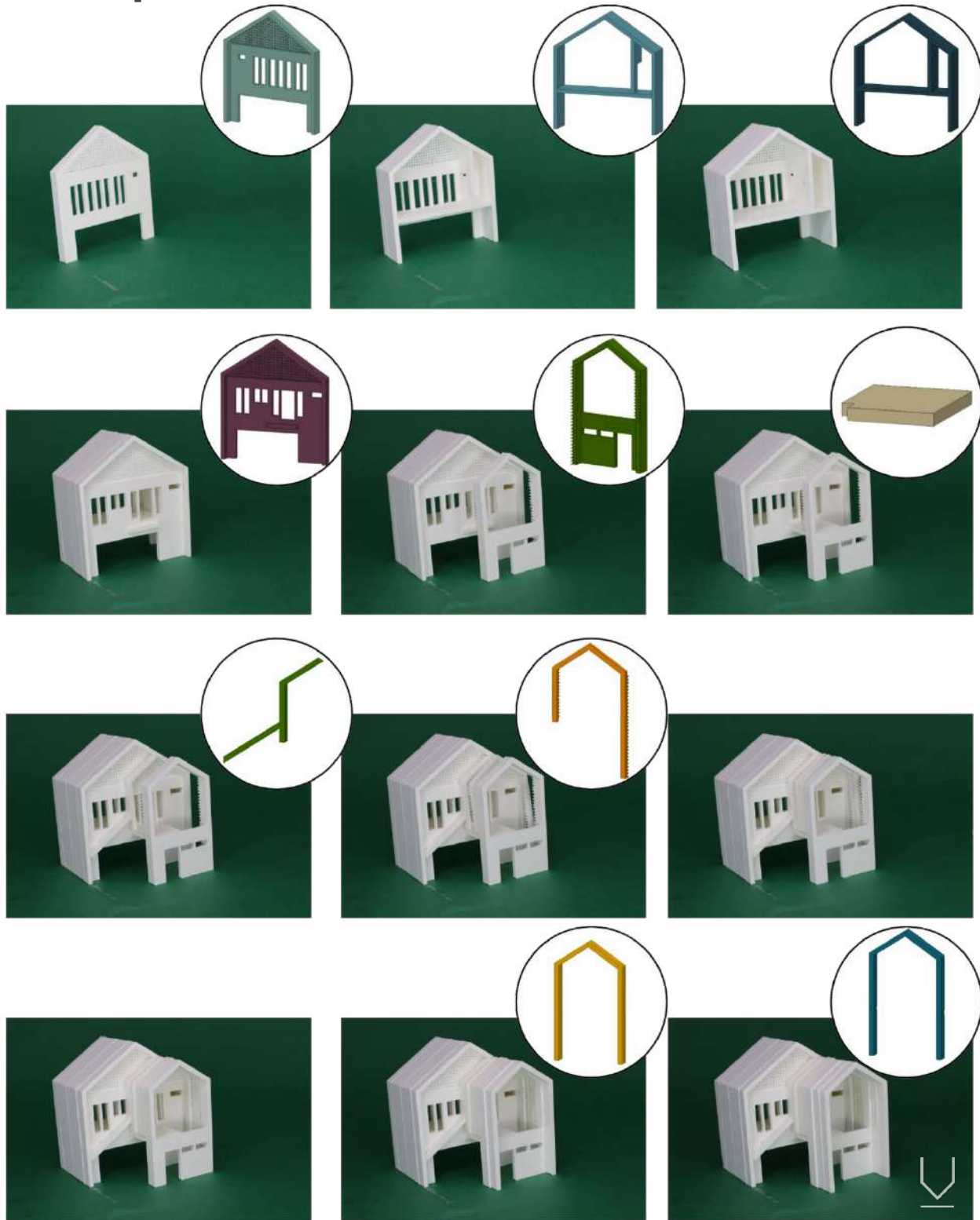


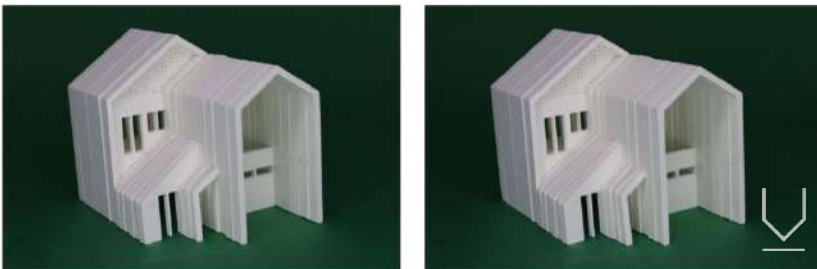
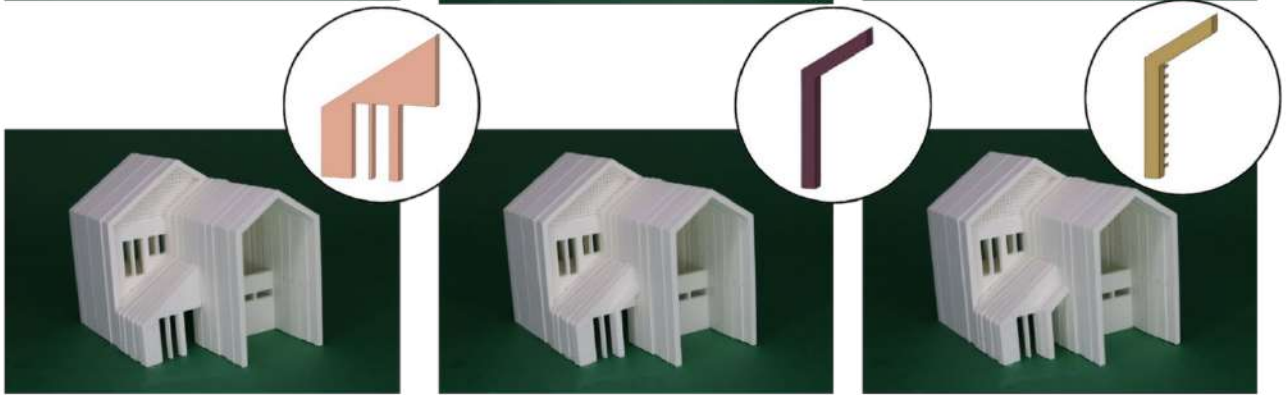


Despiece Isométrico Casa Acorde

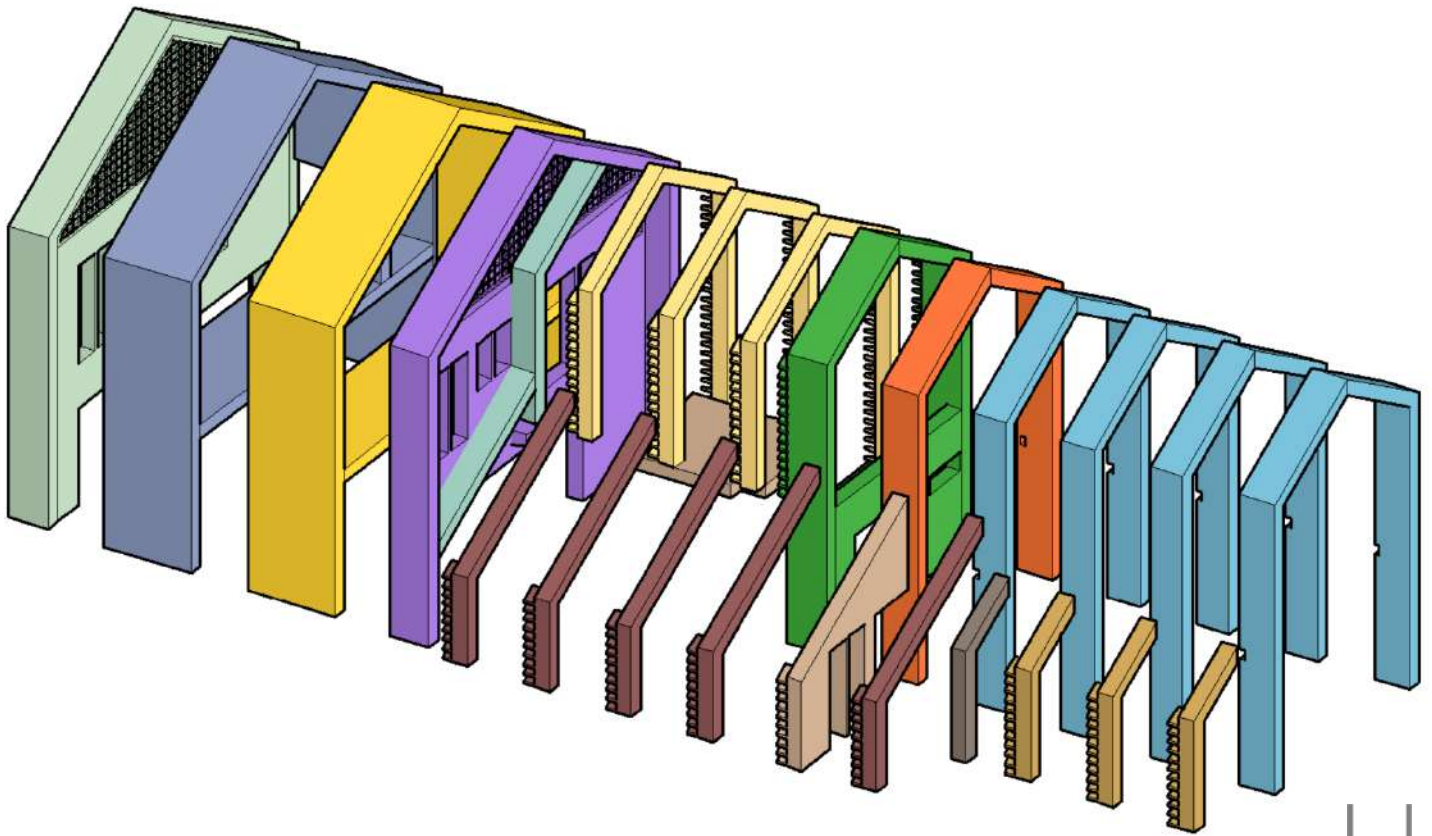


Despiece Casa Presto





Despiece Isométrico Casa Presto





6. Análisis de Costos

Para saber la factibilidad de la rentabilidad del proyecto con la impresión 3D, se hizo una comparación entre los costos de construcción con este método y con la construcción convencional. Como en la impresión 3D el costo se debe calcular por la cantidad de material que se utiliza por edificación, se realizaron varios cuadros para obtener esta cantidad para luego ser utilizado en la estimación de costos totales. A continuación, se mostrarán los distintos cuadros con los cálculos para obtener el presupuesto estimado.

Tabla 21
Tabla de cálculos de material de Casa Allegro

Cálculos de Cantidad de Material y Tiempo de Casa Allegro								
CASA 1	Campo	A	B	C	D	E	F	G I
1								Losa Paredes
2	Área de Corte	2.91	4.23	0.68	0.20	2.47	3.15	0.81 ...
3	Distancia de Piezas (m)	4.21	4.10	2.20	0.30	0.80	1.00	4.36 ...
4	Metros Lineales	62.81	87.85	14.51	5.71	53.32	69.97	1,407.41 7,734.40
5	Grosor de Capa (.05m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05 0.05
6	Velocidad (0.50m/segundo)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50 0.50
7	Metros Lineales Totales (ML)	5,288.60	7,203.70	638.26	34.26	853.12	1,399.40	6,136.30 7,734.40
8	Tiempo en Segundos	10,577.20	14,407.40	1,276.53	68.52	1,706.24	2,798.80	12,272.60 15,468.80
9	Tiempo Total (hrs)	2.94	4.00	0.35	0.02	0.47	0.78	3.41 4.30
10	Volumen de Material	12.25	17.34	1.49	0.06	1.98	3.15	15.34 19.34
11		J	K	L	M	N	O	
12								1m3= 0,0025 ml
13	Área de Corte	6.05	8.75	1.36	0.38	5.12	6.53	
14	Distancia de Piezas (m)	0.10	0.10	1.10	0.10	0.40	0.10	
15	Metros Lineales	139.14	173.28	29.10	9.66	104.28	132.51	
16	Grosor de Capa (.05)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
17	Velocidad	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
18	Metros Lineales totales	278.28	346.56	640.20	19.32	834.24	265.02	
19	Tiempo en Segundos	556.56	693.12	1,280.40	38.64	1,668.48	530.04	
20	Tiempo Total (hrs)	0.15	0.19	0.36	0.01	0.46	0.15	
21	Volumen de material	0.61	0.88	1.50	0.04	2.05	0.65	
22	VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL (m3)							76.66
23	ML TOTALES							31,671.66
24	TIEMPO TOTAL SOLO EXTRUCIÓN (HRS)							17.60
25	Suma de Módulos	4.31	4.20	3.30	0.40	1.20	1.10	4.36
26	Cantidad de Piezas	6.00	2.00	11.00	1.00	3.00	2.00	1.00
27	Cantidad de Capas por Pieza	14.37	42.00	6.00	8.00	8.00	11.00	87.20
28	Tiempo que Tardó en Impimir (Hrs.)	3.09	4.19	0.71	0.03	0.94	0.92	3.41
29	Tiempo por Capa (Min.)	12.92	5.99	7.10	0.22	7.03	5.04	2.35
30	Tiempo de Espera Remanente por Capa (Min.)	2.08	9.01	7.90	14.78	7.97	9.96	12.65
31	Tiempo de Espera Remanente por Pieza (Hrs.)	0.50	6.31	0.79	1.97	1.06	1.83	18.39
32	Tiempo de Impresión por Módulo (Hrs.)	6.09	16.81	9.40	2.00	4.13	4.58	21.80
33	Tiempo de Secado (Hrs.)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
34	Tiempo de Montaje por Pieza en Grua (Hrs.)	3.3	1.1	6.05	0.55	1.65	1.1	0.55
35	TIEMPO TOTAL (HRS.)	13.39	21.91	19.45	6.55	9.78	9.68	26.35 8.30
36	TIEMPO TOTAL DE LA CASA (HRS.)							115.39

Nota. Tabla de Cálculos de Material de Casa Allegro.

Tabla 22
Tabla de cálculos de material de Casa Acorde

Cálculos de Cantidad de Material y Tiempo de Casa Acorde										
CASA 2	Campo	A	B	C	D	E	F	G	I	J
1										
2	Área de Corte	2.91	4.23	0.68	0.20	2.47	3.15	0.95	0.81	...
3	Distancia de Piezas (m)	4.21	4.10	1.40	0.30	0.90	1.00	0.60	4.36	...
4	Metros Lineales	62.81	87.85	14.68	5.71	53.32	69.97	21.09	1,407.41	9,936.00
5	Grosor de Capa (.05m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6	Velocidad (0.50m/segundo)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
7	Metros Lineales Totales (ML)	5,288.60	7,203.70	411.04	34.26	959.76	1,399.40	253.08	6,136.30	9,936.00
8	Tiempo en Segundos	10,577.20	14,407.40	822.08	68.52	1,919.52	2,798.80	506.16	12,272.60	19,872.00
9	Tiempo Total (hrs)	2.94	4.00	0.23	0.02	0.53	0.78	0.14	3.41	5.52
10	Volumen de Material	12.25	17.34	0.95	0.06	2.22	3.15	0.57	15.34	24.84
11		K	L	M	N	Ñ	O	P		
12										
13	Área de Corte	6.05	8.75	1.36	0.38	5.12	6.53	1.94		1m3= 0,0025 ml
14	Distancia de Piezas (m)	0.10	0.10	0.70	0.10	0.10	0.10	0.30		
15	Metros Lineales	139.14	173.28	29.27	9.66	104.28	132.51	40.62		
16	Grosor de Capa (.05)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
17	Velocidad	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
18	Metros Lineales totales	278.28	346.56	409.78	19.32	208.56	265.02	243.72		
19	Tiempo en Segundos	556.56	693.12	819.56	38.64	417.12	530.04	487.44		
20	Tiempo Total (hrs)	0.15	0.19	0.23	0.01	0.12	0.15	0.14		
21	Volumen de material	0.61	0.88	0.95	0.04	0.51	0.65	0.58		
22	VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL (m3)									80.94
23	ML TOTALES									33,393.38
24	TIEMPO TOTAL SOLO EXTRUCIÓN (HRS)									18.55
25	Suma de Módulos	4.31	4.20	2.10	0.40	1.00	1.10	0.90	4.36	
26	Cantidad de Piezas	5.00	2.00	7.00	1.00	3.00	2.00	3.00	1.00	
27	Cantidad de Capas por Pieza	17.24	42.00	6.00	8.00	6.67	11.00	6.00	87.20	
28	Tiempo que Tardó en Impimir (Hrs.)	3.09	4.19	0.46	0.03	0.65	0.92	0.28	3.41	
29	Tiempo por Capa (Min.)	10.76	5.99	4.56	0.22	5.84	5.04	2.76	2.35	
30	Tiempo de Espera Remanente por Capa (Min.)	4.24	9.01	10.44	14.78	9.16	9.96	12.24	12.65	
31	Tiempo de Espera Remanente por Pieza (Hrs.)	1.22	6.31	1.04	1.97	1.02	1.83	1.22	18.39	
32	Tiempo de Impresión por Módulo (Hrs.)	9.18	16.81	7.76	2.00	3.70	4.58	3.95	21.80	
33	Tiempo de Secado (Hrs.)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
34	Tiempo de Montaje por Pieza en Grua (Hrs.)	2.75	1.1	3.85	0.55	1.65	1.1	1.65	0.55	
35	TIEMPO TOTAL (HRS.)	15.93	21.91	15.61	6.55	9.35	9.68	9.60	26.35	9.52
36	TIEMPO TOTAL DE LA CASA (HRS.)									124.49

Nota. Tabla de Cálculos de Material de Casa Acorde.

Tabla 23

Tabla de cálculos de material de Casa Presto

Cálculos de Cantidad de Material y Tiempo de Casa Presto											
CASA 3	Campo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										Losa	Paredes
2	Área de Corte	0.57	4.23	2.10	0.90	2.54	3.15	0.82	0.55	0.71	...
3	Distancia de Piezas (m)	0.80	4.10	0.80	1.20	4.11	1.00	0.20	0.20	3.00	...
4	Metros Lineales	12.69	87.85	45.58	19.34	55.13	69.97	17.50	12.02	852.00	9,583.20
5	Grosor de Capa (.05m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6	Velocidad (0.50m/segundo)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
7	Metros Lineales Totales (ML)	203.04	7,203.70	729.28	464.16	4,531.69	1,399.40	70.00	48.08	4,222.22	9,583.20
8	Tiempo en Segundos	406.08	14,407.40	1,458.56	928.32	9,063.37	2,798.80	140.00	96.16	8,444.45	19,166.40
9	Tiempo Total (hrs)	0.11	4.00	0.41	0.26	2.52	0.78	0.04	0.03	2.35	5.32
10	Volumen de Material	0.46	17.34	1.68	1.08	10.44	3.15	0.16	0.11	10.56	23.96
11		K	L	M	N	Ñ	O	P	Q		
12											
13	Área de Corte	1.15	8.75	4.39	1.82	5.31	6.53	1.67	1.11		1m3= 0,0025 ml
14	Distancia de Piezas (m)	0.40	0.10	0.40	0.60	0.10	0.10	0.10	0.10		
15	Metros Lineales	24.93	173.28	89.40	38.43	108.03	132.51	35.43	24.45		
16	Grosor de Capa (.05)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
17	Velocidad	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
18	Metros Lineales totales	199.44	346.56	715.20	461.16	216.06	265.02	70.86	48.90		
19	Tiempo en Segundos	398.88	693.12	1,430.40	922.32	432.12	530.04	141.72	97.80		
20	Tiempo Total (hrs)	0.11	0.19	0.40	0.26	0.12	0.15	0.04	0.03		
21	Volumen de material	0.46	0.88	1.75	1.09	0.53	0.65	0.17	0.11		
22	VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL (m3)										74.58
23	ML TOTALES										30,777.97
24	TIEMPO TOTAL SOLO EXTRUCCIÓN (HRS)										17.10
25	Suma de Módulos	1.20	4.20	1.20	1.80	4.21	1.10	0.30	0.30	3.00	
26	Cantidad de Piezas	4.00	2.00	3.00	5.00	5.00	2.00	1.00	1.00	1.00	
27	Cantidad de Capas por Pieza	6.00	42.00	8.00	7.20	16.84	11.00	6.00	6.00	60.00	
28	Tiempo que Tardó en Impimir (Hrs.)	0.22	4.19	0.80	0.51	2.64	0.92	0.08	0.05	2.35	
29	Tiempo por Capa (Min.)	2.24	5.99	6.02	4.28	9.40	5.04	0.78	0.54	2.35	
30	Tiempo de Espera Remanente por Capa (Min.)	12.76	9.01	8.98	10.72	5.60	9.96	14.22	14.46	12.65	
31	Tiempo de Espera Remanente por Pieza (Hrs.)	1.28	6.31	1.20	1.29	1.57	1.83	1.42	1.45	12.65	
32	Tiempo de Impresión por Módulo (Hrs.)	5.33	16.81	4.40	6.94	10.50	4.58	1.50	1.50	15.00	
33	Tiempo de Secado (Hrs.)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
34	Tiempo de Montaje por Pieza en Grua (Hrs.)	2.2	1.1	1.65	2.75	2.75	1.1	0.55	0.55	0.55	
35	TIEMPO TOTAL (HRS.)	11.53	21.91	10.05	13.69	17.25	9.68	6.05	6.05	19.55	9.32
36	TIEMPO TOTAL DE LA CASA (HRS.)										125.07

Nota. Tabla de Cálculos de Material de Casa Presto.

Tabla 24

Tabla de cálculos de mezcla de concreto impreso

Precio por 1 m3 de Mezcla de Concreto Impreso				
Material	Peso por unidad (Kg)	Precio Unitario	Peso Según Receta de Mezcla (Kg)	Precio por m3
Cemento	42.50	B/.8.20	450.00	B/.86.82
Arena	25.00	B/.0.80	780.00	B/.24.96
Gravilla	30.00	B/.0.85	880.00	B/.24.93
Agua	3773.20	B/.0.80	200.00	B/.0.04
Agregados				
Endurecedor	-	B/.1.07	1.50	B/.1.61
Super Plastificante	-	B/.1.49	5.00	B/.7.45
Acelerador	-	B/.1.70	2.30	B/.3.91
TOTAL				B/.149.72

Nota. Tabla de Cálculos de Mezcla de Concreto Impreso.

6.1. Costos del Proyecto

Tabla 25

Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Allegro

Modelo Allegro en Impresión 3D			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
3	Fundación aislada de 1.50m x 1.50m x 0.30 m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.1,005.00
6	Fundación aislada de 1.20m x1.20m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.1,494.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra.	B/.5,850.00	B/.5,850.00
56	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sísmica de 0.30x0.30m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arriba y dos abajo, con estribos #3 espaciados a 0.30 m, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.2,184.00
9	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.121.42	B/.1,092.78
88	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.440.00
1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamanos y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00
14	Ventanas de 0.50 x 2.15 con vidrio color gris y perfil de aluminio natural.	B/.55.00	B/.770.00
14	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.10 m.	B/.35.00	B/.490.00
1	Ventana de 0.60x 0.40 m.	B/.45.00	B/.45.00
2	Ventanas de 0.80 x 0.50 m.	B/.50.00	B/.100.00
1	Ventana de 0.70 x0.40 m.	B/.48.00	B/.48.00
1	Ventana de 1 x 0.40 m.	B/.60.00	B/.60.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas.	B/.20.00	B/.100.00
2	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15 m, incluye marco y cerradura.	B/.250.00	B/.500.00
3	Puerta de acordeón de 2.00x 2.15m para cubrir vano de 6.00x 2.14m, acabada en madera.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Puerta de acordeón para cubrir vano de 2.80 x 2.15m, acabada en madera.	B/.200.00	B/.200.00
2	Puerta de acordeón de 2.35 x 2.15 m para cubrir vano de 4.70 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.186.00	B/.372.00
6	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.80.00	B/.480.00
8	Ventana de 0.20 x 8.55 m.	B/.150.00	B/.1,200.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
7	Ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.220.00	B/.1,540.00
7	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x4.15 m.	B/.75.00	B/.525.00
1	Sellador general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,500.00	B/.2,500.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad .	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja Provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00
4	Salidas de cable y teléfono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrylicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería.	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grua por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00

MANO DE OBRA DE IMPRESIÓN 3D			
3	Trabajador máquina 3D.	B/.50.00	B/.150.00
6	Trabajador y ayudante de montaje piezas 3D.	B/.100.00	B/.600.00
76.66	Precio de Impresión en 3D (m3).	B/.149.72	B/.11,477.54
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.43,216.32
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.58,999.32
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.68,735.74

Nota. Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Allegro.

Tabla 26

Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Acorde

Modelo Acorde en Impresión 3D			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
2	Fundación aislada de 2.00 m x 2.00m x 0.30m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.670.00
4	Fundación aislada de 1.50m x 1.50 m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.996.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra	B/.5,850.00	B/.5,850.00
36	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sismica de 0.30x0.30m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arriba y dos abajos, con estribos #3 espaciados a 0.30 metros, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.1,404.00
6	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.121.42	B/.728.52
60	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.300.00
1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamano y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00
18	Ventanas de 0.50 x 2.15 con vidrio color gris y perfil de aluminio color blanco.	B/.55.00	B/.990.00
18	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.10 m.	B/.34.00	B/.612.00
1	Ventana de 0.60 x 0.40 m.	B/.45.00	B/.45.00
2	Ventanas de 0.90 x0.40 m.	B/.50.00	B/.100.00
1	Ventana de 0.70 x.40 m.	B/.48.00	B/.48.00
1	Ventana de 1.00 x 0.40 m.	B/.60.00	B/.60.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas.	B/.20.00	B/.100.00
6	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15 m, incluye marco y cerradura.	B/.250.00	B/.1,500.00
3	Puerta de acordeón de 2.00 x 2.15m para cubrir vano de 6.00 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Puerta de acordeón para cubrir vano de 2.80 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.186.00	B/.186.00
1	Puerta de acordeón de 2.35 x 2.15 m para cubrir vano de 4.70 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.680.00	B/.680.00
4	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.80.00	B/.320.00
8	Ventana de 0.20 x 8.55 m.	B/.150.00	B/.1,200.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
3	Ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.220.00	B/.660.00
3	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.75.00	B/.225.00
1	Sellador general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,500.00	B/.2,500.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad.	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00

1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00
4	Salidas de cable y teléfono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrílicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería.	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grúa por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00
MANO DE OBRA DE IMPRESIÓN 3D			
3	Trabajador máquina 3D.	B/.50.00	B/.150.00
6	Trabajador y ayudante de montaje piezas 3D.	B/.100.00	B/.600.00
80.94	Precio de Impresión en 3D (m3).	B/.149.72	B/.12,118.34
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.42,035.86
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.57,818.86
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.67,555.28

Nota. Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Acorde.

Tabla 27

Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Presto

Modelo Presto en Impresión 3D			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
4	Fundación aislada de 1.50m x1.50m x 0.30m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.1,340.00
6	Fundación aislada de 1.20m x1.20m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.1,494.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra.	B/.5,850.00	B/.5,850.00
46	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sísmica de 0.30 x 0.30m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arribas y dos abajos, con estribos #3 espaciados a 0.30 metros, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.1,794.00
5	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.121.42	B/.607.10
61	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.305.00
1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamanos y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00
9	Ventanas de 0.50 x 2.15 con vidrio color gris y perfil de aluminio color blanco.	B/.55.00	B/.495.00
9	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.15 m.	B/.35.00	B/.315.00
1	Ventana de 1 x 0.50 m.	B/.60.00	B/.60.00
1	Ventana de 0.60 x 0.40 m.	B/.45.00	B/.45.00
4	Ventana de 1.90 x 0.50 m.	B/.95.00	B/.380.00
3	Ventanas de 1 x 0.40 m.	B/.60.00	B/.180.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas.	B/.20.00	B/.100.00
3	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15 m, incluye marco y cerradura.	B/.250.00	B/.750.00
3	Puerta de acordeón de 2.00x 2.15 m para cubrir vano de 6.00 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Puerta de acordeón para cubrir vano de 2.80 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.185.00	B/.185.00
2	Puerta de acordeón de 2.35 x 2.15m para cubrir vano de 4.70 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.180.00	B/.360.00
6	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.80.00	B/.480.00

8	Ventana de 0.20 x 8.55 m.	B/.150.00	B/.1,200.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
3	Ventanas de 0.20 x 2.10 m.	B/.220.00	B/.660.00
3	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 2.10 m.	B/.75.00	B/.225.00
1	Sellador general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,500.00	B/.2,500.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad.	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja Provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00
4	Salidas de cable y teléfono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrílicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería.	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grúa por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00
MANO DE OBRA DE IMPRESIÓN 3D MANO DE OBRA DE IMPRESIÓN 3D			
3	Trabajador máquina 3D.	B/.50.00	B/.150.00
6	Trabajador y ayudante de montaje piezas 3D.	B/.100.00	B/.600.00
74.58	Precio de Impresión en 3D (m3).	B/.149.72	B/.11,166.12
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.41,234.22
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.57,017.22
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.66,753.64

Nota. Tabla de Cálculos con Impresión 3D de Casa Presto.

6.2. Comparación de Costos con el Método de Construcción Convencional

Tabla 28

Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Alegro.

Modelo Alegro en Construcción Convencional			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
3	Fundación aislada de 1.50m x 1.50m x 0.30m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.1,005.00
6	Fundación aislada de 1.20m x1.20m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.1,494.00
9	Columnas de 0.30x 0.30x 3.00 m con seis varillas #5 y estribos #3 espaciados a 0.20 mts. Vaciadas con concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra.	B/.196.00	B/.1,764.00
57	Metros lineales de vigas de 0.30x 0.25 con 6 barillas #5 estribos #3 espaciados a 0.25m, encofrado, vaciado y desencofrado, para soportes de losa.	B/.48.00	B/.2,736.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra.	B/.5,850.00	B/.5,850.00
286	Pies lineales de metaldeck.	B/.4.30	B/.1,229.80
65	Metros cuadrados de malla electro soldadas #3.	B/.5.00	B/.325.00
5	Metros cúbicos de concreto 3500 psi para losa.	B/.122.00	B/.610.00
65	Mano de obra por de vaciado en losa	B/.7.00	B/.455.00
65	Metros cuadrados de losa para dar acabado al concreto, pulido a llana.	B/.5.00	B/.325.00
56	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sismica de 0.30 x 0.30m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arribas y dos abajos, con estribos #3 espaciados a 0.30metros, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.2,184.00
9	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.122.00	B/.1,098.00
88	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.440.00
168	Metros cuadrados de paredes en planta baja y planta alta, construidas con bloques de cemento de 4" de espesor, material y mano de obra.	B/.45.00	B/.7,560.00
336	Metros cuadrados de repello ambas caras, incluye material y mano de obra	B/.16.00	B/.5,376.00
3	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro lados.	B/.3,262.00	B/.9,786.00
8	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de porticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro.	B/.668.00	B/.5,344.00
3	Pórticos de concreto en la entrada principal, armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de porticos, poleas mecanicas para subir el concreto, repellos por los cuatro.	B/.560.00	B/.1,680.00
75	Metros cuadrados de cubierta de losa inclinada, incluye refuerzos y mano de obra.	B/.125.00	B/.9,375.00
1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamano y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00

14	Ventanas de 0.50x 2.15 con vidrio color gris y perfil de aluminio natural.	B/.55.00	B/.770.00
14	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.10 m.	B/.35.00	B/.490.00
1	Ventana de 0.60x 0.40 m.	B/.45.00	B/.45.00
2	Ventanas de 0.80 x 0.50 m.	B/.50.00	B/.100.00
1	Ventana de 0.70 x 0.40 m.	B/.48.00	B/.48.00
1	Ventana de 1 x 0.40 m.	B/.60.00	B/.60.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas.	B/.20.00	B/.100.00
2	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15 m,	B/.250.00	B/.500.00
3	Puerta de acordeón de 2.00 X 2.15 m.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.320.00	B/.320.00
1	Puerta de acordeón de 2.80 X 2.15 m.	B/.200.00	B/.200.00
6	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.186.00	B/.1,116.00
8	Ventana de 0.20 x 8.55 m.	B/.150.00	B/.1,200.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
7	Ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.220.00	B/.1,540.00
7	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.75.00	B/.525.00
1	Pintura en general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,800.00	B/.2,800.00
2	20 metros cuadrados de cerramientos para el ático, uno para la fachada frontal y el otro para la fachada posterior.	B/.1,800.00	B/.3,600.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad.	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja Provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00
4	Salidas de cable y telefono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrílicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería.	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grúa por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.82,043.80
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.97,826.80
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.107,563.22

Nota. Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Allegro.

Tabla 29

Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Acorde.

Modelo Acorde en Construcción Convencional			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
2	Fundación aislada de 2.00m x2.00 m x 0.30m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.670.00
4	Fundación aislada de 1.50m x1.50m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.996.00
6	Columnas de 0.30 x 0.30 x 3.00 m con seis varillas #5 y estribos #3 espaciados a 0.20 mts. Vaciadas con concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra.	B/.196.00	B/.1,176.00
36	Metros lineales de vigas de 0.30x 0.25 con 6 barillas #5 estribos #3 espaciados a 0.25 m, encofrado, vaciado y desencofrado, para soportes de losa.	B/.48.00	B/.1,728.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra.	B/.5,850.00	B/.5,850.00
166	Pies lineales de metaldeck.	B/.6.00	B/.996.00
54	Metros cuadrados de malla electro soldadas #3	B/.6.00	B/.324.00
5	Metros cúbicos de concreto 3500 psi para el vaciado de losa.	B/.200.00	B/.1,000.00
54	Mano de obra por de vaciado en losa.	B/.10.00	B/.540.00
54	Metros cuadrados de losa para dar acabado al concreto,	B/.8.00	B/.432.00
36	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sísmica de 0.30 x 0.30 m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arribas y dos abajos, con estribos #3 espaciados a 0.30metros, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.1,404.00
6	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.121.42	B/.728.52
60	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.300.00
110	Metros cuadrados de paredes construidas con bloques de cemento de 4" de espesor, material y mano de obra.	B/.50.00	B/.5,500.00
220	Metros cuadrados de repello ambar caras, incluye material y mano de obra.	B/.16.00	B/.3,520.00
3	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro lados.	B/.3,262.00	B/.9,786.00
8	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro.	B/.1,000.00	B/.8,000.00
72	Metros cuadrados de cubierta de losa inclinada, incluye refuerzos y mano de obra.	B/.45.00	B/.3,240.00

1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamano y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00
18	Ventanas de 0.50 x 2.15 m con vidrio color gris y perfil de aluminio color blanco.	B/.55.00	B/.990.00
18	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.15 m.	B/.35.00	B/.630.00
1	Ventana de 0.60 x 0.40	B/.45.00	B/.45.00
2	Ventanas de 0.90 x 0.40	B/.50.00	B/.100.00
1	Ventana de 0.70x.40	B/.48.00	B/.48.00
1	Ventana de 1 x 0.40	B/.60.00	B/.60.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas	B/.20.00	B/.100.00
6	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15, incluye marco y cerradura.	B/.250.00	B/.1,500.00
3	Puerta de acordeón de 2.00 x 2.15m para cubrir vano de 6.00x 2.15 m, acabada en madera.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Puerta de acordeón para cubrir vano de 2.80 x 2.15m, acabada en madera.	B/.185.00	B/.185.00
2	Puerta de acordeón de 2.35x 2.15m para cubrir vano de 4.70 x 2.15m, acabada en madera.	B/.180.00	B/.360.00
1	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.80.00	B/.80.00
8	Ventana de 0.20 x 8.55 m.	B/.150.00	B/.1,200.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
6	Ventanas de 0.20 x 4.15 m	B/.220.00	B/.1,320.00
6	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 4.15 m.	B/.75.00	B/.450.00
1	Pintura general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,500.00	B/.2,500.00
2	20 metros cuadrados de cerramientos para el ático, uno para la fachada frontal y el otro para la fachada posterior.	B/.1,800.00	B/.3,600.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad.	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja Provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de Tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de Interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00
4	Salidas de cable y teléfono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrílicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería.	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grúa por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.69,351.52
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.85,134.52
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.94,870.94

Nota. Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Acorde.

Tabla 30

Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Presto.

Modelo Presto en Construcción Convencional			
Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Sub Total
4	Fundación aislada de 1.50m x1.50m x 0.30m, con 13 barras # 5 en ambas direcciones, y concreto 3500psi, Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.335.00	B/.1,340.00
6	Fundación aislada de 1.20m x1.20m x 0.30m, con 10 barras de acero #5 en ambas direcciones y concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra, excavación y relleno compacto.	B/.249.00	B/.1,494.00
10	Columnas de 0.30 x 0.30 x 3.00 m con seis varillas #5 y estribos #3 espaciados a 0.20 mts. Vaciadas con concreto de 3500 psi. Incluye material y mano de obra.	B/.196.00	B/.1,960.00
46	Metros lineales de vigas de 0.30x0.25 con 6 barillas #5 estribos #3 espaciados a 0.25m, encofrado, vaciado y desencofrado, para soportes de losa.	B/.48.00	B/.2,208.00
1	Construcción de escalera en concreto armado, incluye, barandal, materiales y mano de obra.	B/.5,850.00	B/.5,850.00
300	Pie lineales de carriolas doble de 2x4 espaciadas a 0.60 m.	B/.3.50	B/.1,050.00
183	Pies lineales de metaldeck.	B/.4.30	B/.786.90
49	Metros cuadrados de malla electro soldadas #3.	B/.5.00	B/.245.00
4	Metros cúbicos de concreto 3500 psi para losa.	B/.122.00	B/.488.00
50	Metros cuadrados por armado de losa mano de obra.	B/.15.00	B/.750.00
50	Mano de obra por de vaciado en losa .	B/.7.00	B/.350.00
50	Metros cuadrados de losa para dar acabado al concreto, pulido a llana.	B/.5.00	B/.250.00
46	Metros lineales de excavación para vaciado de viga sísmica de 0.30x0.30m en concreto de 3500, con 4 barillas corrugas #5, dos arribas y dos abajos, con estribos #3 espaciados a 0.30metros, incluye material y mano de obra.	B/.39.00	B/.1,794.00
5	Metros cúbicos de concreto para piso, concreto 3500 psi incluye material y mano de obra del vaciado.	B/.122.00	B/.610.00
61	Metros cuadrados de piso para dar acabados pulido al concreto, incluye material y mano de obra.	B/.5.00	B/.305.00
270	Metros cuadrados de paredes en planta baja, y planta alta, construidas con bloques de cemento de 4" de espesor, material y mano de obra.	B/.45.00	B/.12,150.00
3	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro lados.	B/.3,262.00	B/.9,786.00
6	Pórticos de concreto armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro.	B/.668.00	B/.4,008.00

3	Pórticos de concreto en la entrada principal, armado, con 6 barras de acero #6 y estribos #3 espaciados a 0.20 metros, precio incluye todo el material y equipos a utilizar, encofrados, andamios, soportes de pórticos, poleas mecánicas para subir el concreto, repellos por los cuatro.	B/.560.00	B/.1,680.00
89	Metros cuadrados de cubierta de losa inclinada, incluye refuerzos y mano de obra.	B/.37.00	B/.3,293.00
1	Suministro e instalación de baño sanitario, incluye puerta, inodoro, lavamanos y regadera.	B/.1,300.00	B/.1,300.00
9	Ventanas de 0.50 x 2.15 m con vidrio color gris y perfil de aluminio color blanco.	B/.55.00	B/.495.00
9	Mano de Obra por la instalación de ventanas de 0.50 x 2.10 m.	B/.35.00	B/.315.00
1	Ventana de 1.00 x.50 m.	B/.60.00	B/.60.00
1	Ventana de 0.60 x 0.40 m.	B/.45.00	B/.45.00
4	Ventana de 1.90 x.50 m.	B/.95.00	B/.380.00
3	Ventana de 1x 0.40 m.	B/.60.00	B/.180.00
5	Mano de obra por la instalación de cinco ventanas.	B/.20.00	B/.100.00
3	Suministro e instalación de puertas de madera de 1.00 x 2.15, incluye marco y cerradura.	B/.250.00	B/.750.00
3	Puerta de acordeón de 2.00 x 2.15 m para cubrir vano de 6.00 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.575.00	B/.1,725.00
1	Puerta de acordeón para cubrir vano de 2.80 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.185.00	B/.185.00
2	Puerta de acordeón de 2.35 x 2.15 m para cubrir vano de 4.70 x 2.15 m, acabada en madera.	B/.180.00	B/.360.00
1	Mano de obra por instalación de puertas de acordeón.	B/.80.00	B/.80.00
4	Ventana de 0.20 x 6.00 m.	B/.150.00	B/.600.00
8	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20x 8.55 m.	B/.80.00	B/.640.00
2	Ventanas de 0.20 x 1.80 m.	B/.220.00	B/.440.00
3	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 1.80 m.	B/.75.00	B/.225.00
3	Ventanas de 0.20 x 2.10 metros en pórtico de entrada.	B/.320.00	B/.960.00
3	Mano de obra por la instalación de ventanas de 0.20 x 2.10 m.	B/.186.00	B/.558.00
1	Pintura en general para toda la casa, incluye materiales, andamios, escaleras y mano de obra.	B/.2,800.00	B/.2,800.00
2	25 metros cuadrados de cerramientos para el ático, uno para la fachada frontal y el otro para la fachada posterior.	B/.1,800.00	B/.3,600.00
1	Costo de financiamiento para la construcción.	B/.5,783.00	B/.5,783.00
1	Precio de venta de la unidad.	B/.10,000.00	B/.10,000.00
1	Reja Provisional.	B/.850.00	B/.850.00
10	Salidas de tomacorrientes.	B/.25.00	B/.250.00
15	Salidas de interruptores.	B/.25.00	B/.375.00
15	Salidas de lámparas.	B/.25.00	B/.375.00
1	Salidas de tina.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de ducha.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de lavamanos.	B/.50.00	B/.50.00
1	Salidas de fregador.	B/.80.00	B/.80.00
1	Salidas de lavadora.	B/.80.00	B/.80.00

4	Salidas de cable y teléfono.	B/.22.00	B/.88.00
1	Muebles de cocina.	B/.700.00	B/.700.00
3	Tubos de closets.	B/.60.00	B/.180.00
1	Acrilicos de techo.	B/.2,200.00	B/.2,200.00
1	Tablero eléctrico.	B/.200.00	B/.200.00
1	Acometida de plomería,	B/.400.00	B/.400.00
1	Servicio de grúa por unidad habitacional.	B/.400.00	B/.400.00
TOTAL DE PRECIO DE CONSTRUCCIÓN			B/.72,523.90
TOTAL DE PRECIO DE VENTA			B/.88,306.90
TOTAL MAS PRECIO DE URBANIZACIÓN			B/.98,043.32

Nota. Tabla de Cálculos con Construcción Convencional de Casa Presto.

Tabla 31

Tabla de Urbanización y Áreas Comunes

Urbanización y Áreas Comunes			
Cantidad	Actividad	Precio	Sub Total
57635.41	Calles (m2)	B/.8.00	B/.461,083.28
5089.68	Aceras (m2)	B/.20.00	B/.101,793.60
21600	Gramas (m2)	B/.5.00	B/.108,000.00
130	Iluminación	B/.300.00	B/.39,000.00
Suma de Infraestructura			B/.709,876.88
1	Juegos en Parque	B/.1,650.00	B/.1,650.00
620	Pista de Patinaje (m2)	B/.29.00	B/.17,980.00
112	Anfiteatro (m2)	B/.450.00	B/.50,400.00
400	Siillas de Anfiteatro (m2)	B/.150.00	B/.60,000.00
1039	Área Comercial (m2)	B/.470.00	B/.488,330.00
392	Cabañas (m2)	B/.250.00	B/.98,000.00
650	Cancha de Basquetball (m2)	B/.51.00	B/.33,150.00
27000	Pavimento (m2)	B/.35.00	B/.945,000.00
2	Tanques y Equipos de Tratamiento de Agua	B/.90,000.00	B/.180,000.00
	Terreno (m2)	B/.12.00	B/.1,446,864.60
TOTAL CON PARQUE			B/.4,031,251.48
TOTAL SIN PARQUE			B/.2,336,741.48
COSTO ADICIONAL DE URBANIZACIÓN POR CASA			B/.9,736.42

Nota. Tabla de Urbanización y Áreas Comunes.

Es importante destacar que al precio de las viviendas se le sumó los costos de la urbanización, pero no el del parque central, esto debido que como es uso público, se deberá trabajar junto el municipio y junta comunal de Chepo para financiar los costos de este. De igual manera, se puede colaborar a otras organizaciones como Pandeportes para las instalaciones deportivas, el Ministerio de Cultura para cubrir los costos del

anfiteatro y el MIDA para patrocinar con los gastos del huerto urbano. Resaltando que el parque no es solo para el beneficio de los residentes de la urbanización, sino que es abierto para el uso de todas las personas.

Tabla 32

Tabla de Comparación de precios

Comparación de Precios Totales de Construcción de la Impresión 3D con la Construcción Convencional	
Casa Alegro en Impresión 3D	B/.43,216.32
Casa Alegro en Construcción Convencional	B/.82,043.80
Diferencia de Casa Alegro	B/.38,827.48
Casa Acorde en Impresión 3D	B/.42,035.86
Casa Acorde en Construcción Convencional	B/.69,351.52
Diferencia de Casa Acorde	B/.27,315.66
Casa Presto en Impresión 3D	B/.41,234.22
Casa Presto en Construcción Convencional	B/.72,523.90
Diferencia de Casa Presto	B/.31,289.68

Nota. Tabla de comparación de precios.

Los resultados de la última tabla muestran que con la impresión 3D los precios de la construcción de las viviendas son más económicos, con un promedio de B/.32,477.61 de diferencia para el precio final de construcción y de un ahorro de B/.282.40 el promedio por metro cuadrado.

Tabla 33

Tabla de comparación de precios por metro cuadrado

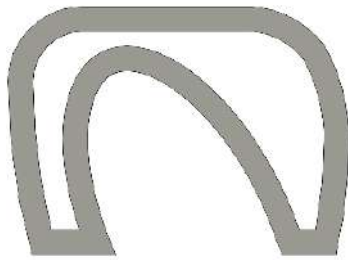
Comparación de Precios de Construcción por Metro Cuadrado de la Impresión 3D con la Construcción Convencional			
Modelo	Metraje (m2)		Precio por m2
	Nivel 00	Nivel 01	
Casa Alegro en Impresión 3D	63.00	54.00	B/.369.37
Casa Alegro en Construcción Convencional	63.00	54.00	B/.701.23
Diferencia de Casa Alegro			B/.331.86
Casa Acorde en Impresión 3D	63.00	54.00	B/.359.28
Casa Acorde en Construcción Convencional	63.00	54.00	B/.592.75
Diferencia de Casa Acorde			B/.233.47
Casa Presto en Impresión 3D	62.00	49.00	B/.371.48
Casa Presto en Construcción Convencional	62.00	49.00	B/.653.37
Diferencia de Casa Presto			B/.281.89

Nota. Tabla de comparación de precios por metro cuadrado.

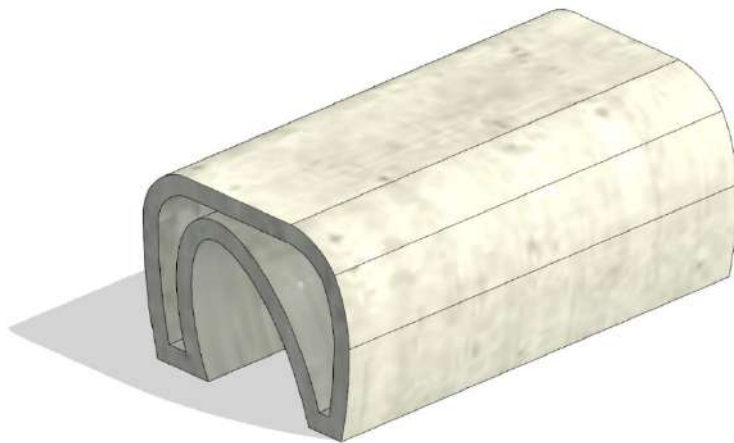
Anexo

Para la zona del parque dentro del complejo, se diseñó el mobiliario para ser capaz de imprimirse en 3D. Se ofrecieron 2 modelos de bancas y 2 de mesas y sillas para el área de los ranchos de picnic. La manera en que se imprimen es que la máquina extruye el contorno lateral de la figura y lo repite capa por capa hasta alcanzar el largo deseado.

Modelo de banca 1

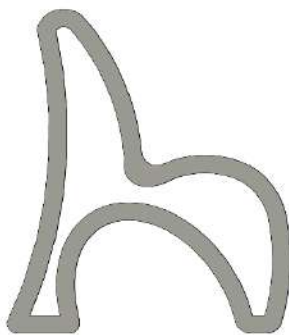


Contorno Lateral

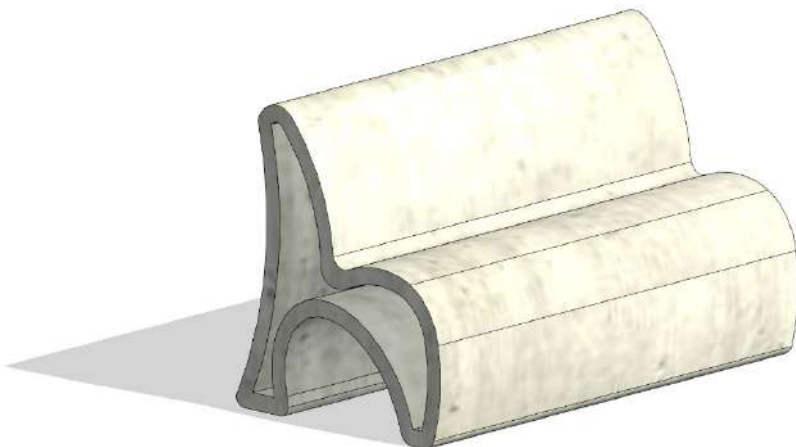


Vista de la Banca 1

Modelo de Banca 2

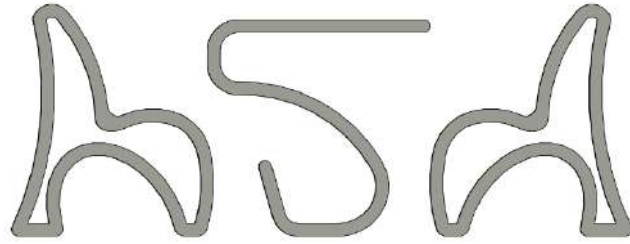


Contorno Lateral

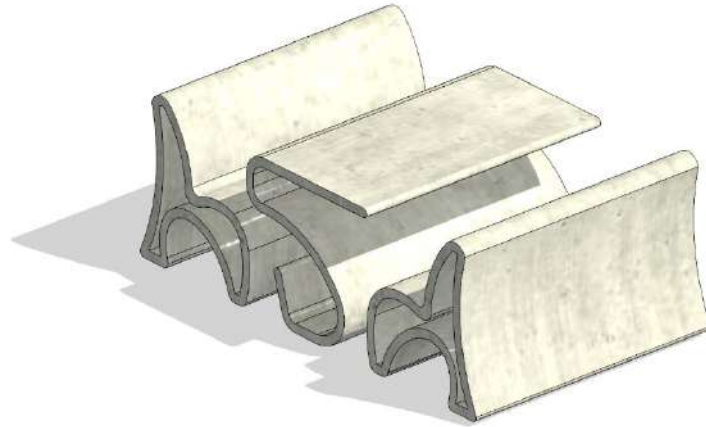


Vista de la Banca 2

Mesa y bancas de picnic 1

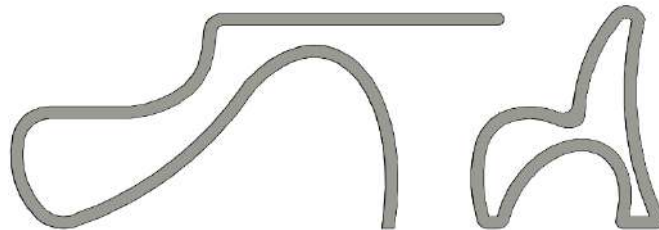


Contorno Lateral

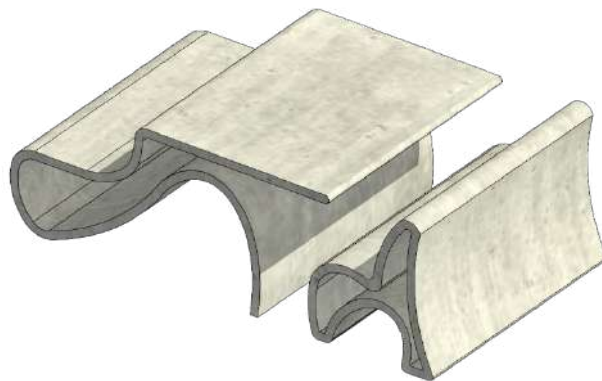


Vista de mesa y bancas de picnic

Mesa y bancas de picnic 2

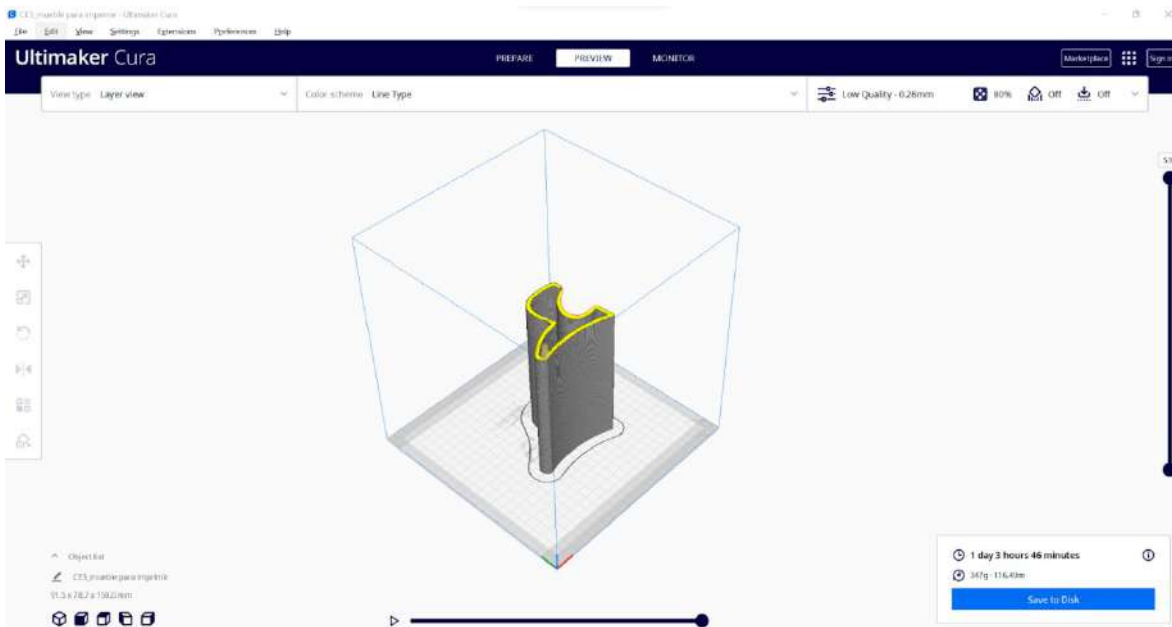


Contorno Lateral



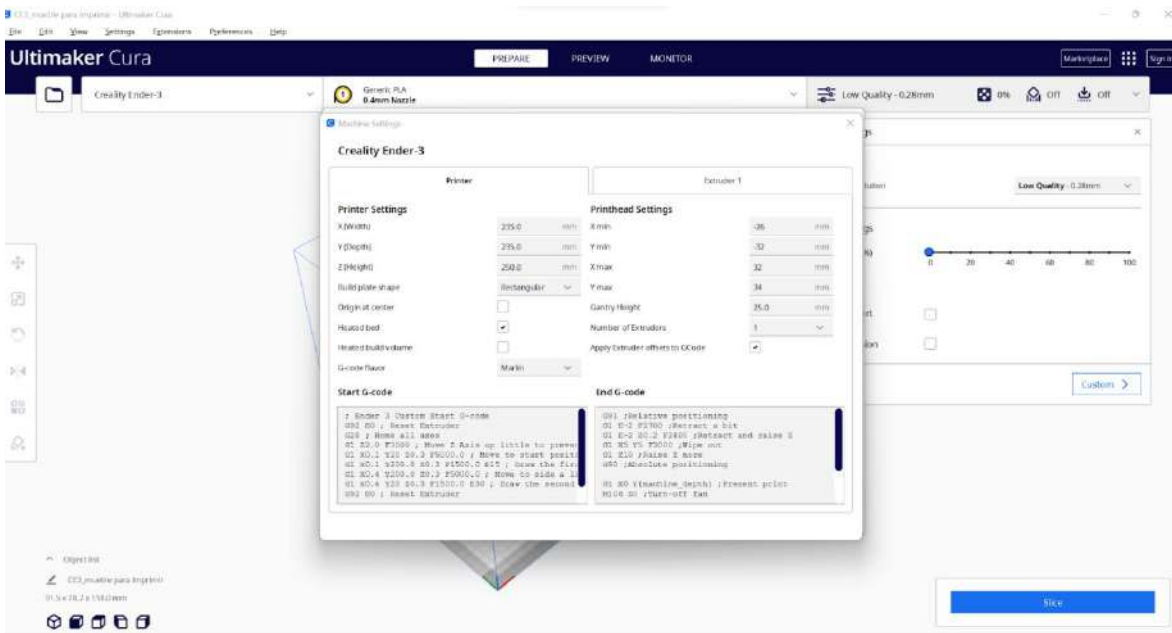
Vista de mesa y bancas de picnic

Figura 132
Mobiliario en programa de preparación para impresión 3D



Nota. Vista de proporción de impresión de mobiliario en programa Ultimaker cura 5.1.0

Figura 133
Mobiliario en programa de preparación para impresión 3D



Nota. Vista de proporción de impresión de mobiliario en programa G-code

Conclusiones

Esencialmente, la vivienda es la arquitectura base de la sociedad. Es un espacio donde la familia está reunida y crece junta. Debe ser de alta preocupación del gobierno y de los ciudadanos poder ofrecer espacios dignos para cada ser humano.

Se pudo observar que dignificar un espacio no es simplemente ofrecer un techo y cuatro paredes, sino que es estudiar las necesidades de los individuos, proporcionar espacios para el crecimiento físico y mental de la persona. La vivienda social es un caso que debe seguir estudiándose y mejorándose ya que, de aquí a unos 50 años, las propuestas que se den hoy tal vez no sean tan eficientes para resolver las necesidades venideras. El ser humano y su comportamiento es tan complejo que la arquitectura debe amoldarse a su diario vivir y ser un fiel acompañante de las actividades de cada uno.

Se ha extraído una serie de conclusiones a partir de los resultados de este estudio, las cuales son:

- Es posible brindar un modelo de vivienda en Panamá que tenga la opción de crecer y adaptarse a las necesidades de las familias.
- La impresión 3D es una alternativa económica, ofreciendo un ahorro de alrededor de un 30% y aliado factible para los costos de construcción de la vivienda social.
- El método de impresión prefabricado es útil para elaborar estructuras con más de una sola planta.
- Incluyendo un parque central, instalaciones multipropósitos y áreas abiertas con vegetación, se les ofrece a los usuarios un hábitat digno y agradable para vivir.
- Habilitando espacios abiertos y locales comerciales permite crear actividades que generen ingresos económicos a los usuarios.
- La integración de un huerto urbano facilita un activo económico a los residentes y la oportunidad de incluir una dieta más saludable.

Sin duda, la impresión 3D en la construcción será utilizada con más frecuencia en el futuro y, a medida que la tecnología avance, presentará más soluciones para poderse ejecutar en la arquitectura. Implementando las nuevas tecnologías con las necesidades sociales que genera un impacto positivo en los resultados. Los diseños deben ajustarse

a las innovaciones que surgen mediante el tiempo, este ejercicio conduce a la reinventiva y agiliza el proceso de ofrecer excelentes proyectos.

Cada persona es un mundo y cada familia un universo, pero, para que una comunidad pueda mejorar, se debe diseñar con compasión, conocimiento, inventiva, innovación y sobre todo con amor, porque el amor cubre multitud de errores y, al final, el arquitecto busca soluciones para que estos errores espaciales sean menores.

Recomendaciones

Si se realiza un proyecto parecido de esta índole se recomienda hacer encuestas, reuniones de participación ciudadana e incluso una lluvia de ideas de propuestas de diseño para que los futuros residentes puedan participar en el proceso de idear su futura vivienda. Incluyéndolos en el proceso de diseño y construcción, esto les ayudará a incentivar un sentimiento de propiedad, cuidado e inclusión, y el diseño abarcará soluciones a más problemas, que solo el que vive en una situación particular puede percibirlo.

Se recomienda que, para futuras investigaciones y ejecuciones de proyectos de la misma rama, se contemplen algunos aspectos:

- Se realicen encuestas en línea y personales para descubrir necesidades y problemas que a simple vista no se ven.
- Continuar investigando sobre la vivienda social y las distintas alternativas para su solución ante la problemática en el país.
- Abrir aún más el campo de investigación en la impresión 3D para diferentes proyectos y poder incluir esta tecnología en el campo laboral.
- Trabajar junto a distintos ministerios como el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, para conocer las opciones que el país ofrece ante el problema de la vivienda, y así ofrecer una mejor propuesta de diseño.

Bibliografía

- Alcaldía de Panamá . (2018). *Árboles y palmas de la ciudad de Panamá*. Panamá: Universidad de Panamá.
- Ahangar, P., Cooke, M., Weber, M., & Rosenzweig, D. (2019). *Current Biomedical Applications of 3D Printing and Additive Manufacturing*. Montreal, Canada: Applied Science.
- Apis Cor. (18 de 05 de 2021). *Apis Cor*. Obtenido de Impossible Printing: <https://www.apis-cor.com/impossible-printin>
- Apis Cor. (18 de 05 de 2021). *Apis Cor*. Obtenido de Feasibility Study : <https://www.apis-cor.com/demo-home>
- ArcGis Online. (1 de junio de 2021). *ArcGis Online*. Obtenido de ArcGis Online: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-online/overview>
- Arquitectura Sustentable. (21 de enero de 2021). En Wikipedia. Obtenido de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Arquitectura_sustentable&oldid=144326957
- Arquitectura y Construcción. (s.f.). *Arquitectura y Construcción*. Obtenido de Altos de Los Lagos, en Colon: el proyecto arquitectónico que renueva Panamá: <https://arquitecturayconstruccion.com.pa/altos-de-los-lagos-en-colon-el-proyecto-arquitectonico-que-renueva-panama/>
- Autoridad de Aseo. (2015). *Autoridad de Aseo*. Obtenido de Informe Técnico Oficial: Saneamiento y Adecuación Provicional del Vertedero Distrito de Chepo: <http://www.aud.gob.pa/index.asp?sec=Proyectos/Vertederos&id=Chepo>
- Baldwin, E. (01 de noviembre de 2018). *ArchDaily*. Obtenido de MX3D revela el primer puente de acero inoxidable del mundo impreso en 3D: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/904846/mx3d-revela-el-primer-puente-de-acero-inoxidable-del-mundo-impreso-en-3d>
- Banco Mundial. (09 de abril de 2019). *Banco Mundial*. Obtenido de Desarrollo social: Desarrollo social

- COBOD. (2021). *BOD2: Specifications*. Dinamarca.
- COBOD. (2021). *BOD2: Specifications*. Dinamarca.
- COBOD. (2021). *COBOD: Desing Examples*. Dinamarca.
- COBOD. (2021). *Instruction Manual- Original Version*. Kobenhavn, Dinamarca.
- COBOD. (2021). *Price List Concrete Printer*. Nordhavn, Dinamarca.
- Construction 3D printing. (8 de enero de 2021). En Wikipedia. Obtenido de https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Construction_3D_printing&oldid=1106262047
- Construye Solar. (2018). *Construye Solar: Primer Concurso de Viviendas Sociales Sustentable*. Chile: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec.
- Cruz, D. (11 de setiembre de 2015). *ArchDaily*. Obtenido de Arquitectura Social en México: Casa Cubierta de Comunidad Vivex: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user
- Digital Concrete. (2020). Construction Printing Technology. *CPT Worldwide*, 26.
- Dudnikov, A. (25 de febrero de 2017). *Youtube*. Obtenido de Automatic mixing system for geopolymers concrete and OPC. Suitable for construction 3D printers.: <https://www.youtube.com/watch?v=hXdE8ozDfhg&t=19s>
- Edwards, B. (2004). *Guía Básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gil.
- Escobar, B. M. (2019). *Políticas Estatales que Inciden en la Exclusión Social y Desigualdad en las Familias que Habitan en el Asentamiento Informal Unión de Azuero, Chepo. Propuesta de Programa*. Panamá: Universidad de Panamá.
- ETESA. (3 de junio de 2021). *Hidromet*. Obtenido de Hidromet: <https://www.hidromet.com.pa/es>
- Fontcuberta, M. B. (2014). *Arquitectura Sostenible*. Barcelona: Fert Batxillerat.

- Gebler, M., Uiterkamp, A. J., & Visser, C. (2014). *A Global Sustainability Perspective on 3D Printing Technologies*. Energy Policy.
- Ghaffar, S. H., Corker, J., & Fan, M. (2018). *Additive Manufacturing Technology and its Implementation in Construction*. Uxbridge, Reino Unido: EL Sevier.
- Gordón, C. A. (31 de octubre de 2020). *La Estrella de Panamá*. Obtenido de La vivienda social en ciudad de Panamá: la década de 1970: <https://www.laestrella.com.pa/nacional/201031/vivienda-social-ciudad-panama-decada>
- Hábitad para la Humanidad*. (2018). Obtenido de Hábitad para la Humanidad México: <https://www.habitatmexico.org/article/vivienda-adeuada>
- Heywood, H. (2017). *101 Reglas Básicas para Edificios y Ciudades Sostenibles*. Barcelona: Gustavo Gil.
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador . (2010). *Glosario de Arquitectura* . Quito: Ediecuatorial.
- Jitasg. (21 de diciembre de 2015). *múnichparallevar / münchenzummitnehmen*. Obtenido de “Fuggerei”, proyecto social histórico: <https://munichparallevar.wordpress.com/2015/12/21/fuggerei-en-augsburg-el-complejo-de-viviendas-sociales-mas-grande/>
- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, & Szokolay. (1977). *Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales*. Madrid, España: Paraninfo.
- Luo, W., Ma, X., & Yin, J. (2020). *Application and Research on Building 3D printing*. Hong Kong, China: Journal of Critical Reviews.
- Mejía-Escalante, M. (2016). *La Vivienda Digna y la Vivienda Adecuada*. Paulo, Brasil: Universidad de São .
- Metro de Panamá. (2018). *Esudio de Prefactibilidad de la Nueva Red Mestra del Sistema metro de Panamá*. Panamá: Metro de Panamá.

Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial. (2004). *Cuadro Síntesis de las Normas de Desarrollo Urbano para la Ciudad de Panamá y San Miguelito (1)*. Panamá: Viceministro de Ordenamiento Territorial.

Municipio de Chepo. (2018). *Plan Estratégico 2019-2022*. Chepo, Panamá: Municipio de Chepo.

ONU-Habitat. (abril de 2019). *ONU-Habitat: Por un Mejor Futuro Urbano*. Obtenido de Elementos de una vivienda adecuada: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

ONU-Habitat. (2021). *ONU Habitat por una Mejor Futuro Urbano*. Obtenido de Elementos de una vivienda adecuada: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

ONU-Habitat, & INFONAVIT. (2018). *Vivienda y ODS en México*. México: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

Oscar Andrade, O. B. (2009). *La Arquitectura sostenible para el Arquitecto*. El Salvador: Universidad de El Salvador.

Printhuset 3D. (2018). *The BOD 2 – Specifications*. Noruega.

RENCA. (2020). *3D Ink*. Obtenido de Geopolymer Cement: <https://www.geocement.ru/>

Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). *3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of*. Turkia: Science Direct.

Stott, R. (11 de septiembre de 2014). *ArchDaily*. Obtenido de Empresa china exhibe 10 casas impresas en 3D: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/627121/empresa-china-exhibe-10-casas-impresas-en-3d?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Stott, R. (04 de Febrero de 2015). *ArchDaily*. Obtenido de Compañía china construye el edificio impreso en 3D más alto del mundo: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761458/compania-china-construye-el-edificio-impreso-en-3d-m%C3%A1s-alto-del->

mundo?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Strongman. (2009). *La Casa Sostenible*. Barcelona: Editorial Océano.

Tejeira, E. (2007). *Guía de Arquitectura y Paisaje de Panamá*. Panamá: Junta de Andalucía.

Trimaker. (s.f.). *Trimaker*. Obtenido de La Primera Familia en el Mundo en Vivir en una Casa Impresa en 3D: <https://trimaker.com/la-primera-familia-del-mundo-en-vivir-en-una-casa-impresa-en-3d/>

Ware, D., & Beatty, B. (2010). *Diccionario Manual Ilustrado de Arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili.

Weather Spark. (2 de junio de 2021). *Weather Spark*. Obtenido de Clima promedio en Chepo: <https://es.weatherspark.com/y/19454/Clima-promedio-en-Chepo-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-BestTime>

WindFinder. (22 de junio de 2021). *WindFinder*. Obtenido de WindFinder: <https://es.windfinder.com/#16/9.1391/-79.2235/2021-06-22T18:00Z>

Wolley, T., & Sam Kimming. (1997). *Green Building Handbook: A Guid to Building Products and their Impact on the Enviornment*. Londres: Routledge.

Bibliografía de imágenes y tablas

3D Printing Media Network. (s. f.). [Casa impresa por COBOD]. Inarquia.

<https://inarquia.es/todo-necesitas-saber-fabricacion-aditiva/>

Agencia Xinhua. (s. f.). [Primer edificio de oficinas impreso]. América Economía.

<https://www.americaeconomia.com/articulos/fotos-dubai-inaugura-el-primer-edificio-multifuncional-del-mundo-impreso-en-3d>

[Altos de Los Lagos, en Colón]. (s. f.). Arquitectura y Construcción.
<https://arquitecturayconstruccion.com.pa/altos-de-los-lagos-en-colon-el-proyecto-arquitectonico-que-renueva-panama/>

AMC. (s. f.). ABOUT AMC TRR 277 [Ilustración]. AMC TRR277.

<https://amc-trr277.de/trr277-mission/>

Apartamentos de Weissenhof. (s. f.). [Ilustración]. Colonia Weissenhof.

<http://historia1-weissenhof.blogspot.com/2011/02/el-arquitecto-ludwig-mies-van-der-rohe.html>

Apis Cor. (2020, 13 febrero). [Apis Cor 3D printing]. Apis Cor.

<https://mobile.twitter.com/ApisCor3D/status/1227846462270136321/photo/1>

Apis Cor. (s. f.). [Impresión de losa]. Apis Cor. <https://apis-cor.com/>

Arquilogica. (2016, 12 agosto). Ciudad de Panamá. Barrio del Marañón. Multifamiliares.

[Fotografía]. Arquilogica.

<https://www.facebook.com/arquilogicapanam/photos/a.1467298836886729/1769632426653367/?type=3>

Artists Rights Society. (2012). Villa Savoye Poissy-sur-Seine [Fotografía]. MoMA: Le Corbusier.

<https://spa.architecturaldesignschool.com/moma-le-corbusier-an-atlas-modern-landscapes-72310>

Axonométrica. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/910405/planb-guatemala-deoc-arquitectos/5c503bc3284dd1a5f6000032-plan-b-guatemala-deoc-arquitectos-axonometrica>

BBC News. (2018, 13 julio). [Primera vivienda impresa habitada]. BBC News.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-44754548>

Brittney Severson. (2015, January 18). Shanghai-based WinSun 3D Prints 6-Story Apartment Building and an Incredible Home. 3dprint.com. <https://3dprint.com/38144/3d-printed-apartment-building/>

Casa Ampliable. (s. f.). [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/893571/casa-ampliable-urban-rural-systems/5ac2b07af197ccfe7b000090-expandable-house-urban-rural-systems-photo>

[Casa accesible MIVIOT]. (s. f.). MIVIOT.

<https://www.miviot.gob.pa/2021/07/06/avanza-plan-progreso-en-diferentes-provincias-y-comarca-ngabe-bugle/>

[Casa de Techos de Esperanza]. (s. f.). MIVIOT.

<https://www.miviot.gob.pa/2017/10/16/brindan-respuesta-a-146-familias-en-el-este-del-distrito-de-panama/>

[Casa Smart Panamass]. (2016). La Prensa. https://www.prensa.com/imprensa/panorama/propuesta-sostenible-deficit-viviendas_0_4384061554.html

Chicago History Museum. (s. f.). The House of Tomorrow [Fotografía]. ADPRO.

<https://www.architecturaldigest.com/story/george-fred-kecks-house-of-tomorrow-from-chicago-worlds-fair-seeks-restoration>

[Cobertura Vegetal de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

COBOD, C. (2021). [Descripción de brazo robótico]. COBOD.

COBOD. (2021). [Descripción de impresora tipo pórtico]. COBOD.

COBOD. (2021a). Ejemplos de diseño.

COBOD. (2021b). Ejemplos de diseño.

COBOD. (2021c). tipologías de impresoras.

COBOD. (2021d). Tipologías de impresoras.

Conjunto Urbano Fuggerei. (2015, 21 diciembre). [Fotografía]. Múnich para llevar.

<https://munichparallevar.wordpress.com/2015/12/21/fuggerei-en-augsburg-el-complejo-de-viviendas-sociales-mas-grande/>

Construye Solar. (2017a). Casa S3 [Fotografía]. Apive.

<https://apive.org/casa-ganadora-del-construye-solar-2017/>

Construye Solar. (2017b). Casa S3: sala de estar [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.mx/mx/870795/casa-s3-ganadora-del-construye-solar-2017/5911b52fe58eceb92c000179-casa-s3-ganadora-del-construye-solar-2017-foto>

Construye Solar. (2017c). Plantas Arquitectónicas Construye Solar [Ilustración].

ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/870795/casa-s3-ganadora-del-construye-solar-2017>

Construye Solar. (2017d). [Casa Cebolla]. Viento Sur.

<http://www.cvientosur.cl/web/2017/08/23/proyecto-de-u-de-chile-y-cvientosur-gana-2-lugar-en-evento-sustentable/>

Corbusier, L. (1952a). Sección y plantas de las viviendas [Ilustración]. Casa Abierta.

<https://casa-abierta.com/post.php?t=5a9d7ff8281af>

Corbusier, L. (1952b). Unité d`Habitation [Ilustración]. Casa Abierta.

<https://casa-abierta.com/post.php?t=5a9d7ff8281af>

Cyant. (s. f.). The first steps of SLA printing [Ilustración]. Cyant.

<https://www.cyant.co/lexicon/2017/9/2/stereolithography-apparatus-sla>

DEOC Arquitectos. (s. f.-a). Plan B Guatemala [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos/5c503f05284dd1f096000196-plan-b-guatemala-deoc-arquitectos-imagen>

DEOC Arquitectos. (s. f.-b). Planta arquitectónica Plan B Guatemala [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/910405/plan-b-guatemala-deoc-arquitectos/5c503f05284dd1f096000196-plan-b-guatemala-deoc-arquitectos-imagen>

Dirección de Estadística y Censo. (2010).

Cuadro de Densidad de Población del distrito de Chepo Año 2010. Contraloría General de la República.

Du, Y. (s. f.). [Casa de la Cascada]. Unsplash.

<https://www.traveler.es/experiencias/articulos/edificios-icnicos-frank-lloyd-wright-recorridos-virtuales-fallingwater/18192>

[Edificio impreso por WinSun]. (s. f.). Australian Design.

<https://australiandesignreview.com>

El clima en Chepo. (2021). Weather Spark.

<https://es.weatherspark.com/y/19454/Clima-promedio-en-Chepo-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ELEMENTAL. (s. f.-a). [Diagrama de Quinta Monroy]. Red Fundamentos.

<http://www.redfundamentos.com/blog/es/obras/detalle-143/>

ELEMENTAL. (s. f.-b). [Planta arquitectónica de Quinta Monroy]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.mx>

ELEMENTAL. (s. f.-c). [Villa Verde]. ELEMENTAL.

<http://www.elementalchile.cl/en/projects/constitucion-i-villa-verde>

Gary, K. (2009, 4 julio). Villa Savoye, roof terrace [Fotografía]. Flickr.

<https://www.flickr.com/photos/garyku/3727882670>

Garza, A. (s. f.). Casa Cubierta de Comunidad Vivex [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d4ffe58ece9c4e000098-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex-foto>

Gropius, W., & Mayer, A. (1922). Baukasten Esquema [Ilustración]. Casa Abierta.

<https://casa-abierta.com/post.php?t=5a5ca8f1c3e32>

Gross, J. (2021, 22 enero). Printed Farms First Building ft. COBOD BOD 2 [In FLORIDA!!] [Fotografía]. Jarett Gross.

<https://www.youtube.com/watch?v=pS5OgZkf74Q>

Guna Putra, D. (s. f.). Casa ampliable parte 02 [Fotografía]. ArchDaily.

https://www.archdaily.cl/cl/935138/casa-ampliable-parte-02-urban-rural-systems/5e562b346ee67edea700001a-expandable-house-part-02-urban-rural-systems-photo?next_project=no

[Hidrografía de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

[Impresión 3D]. (s. f.). Designboom.

<https://www.designboom.com/technology/3d-printed-houses-in-24-hours-024-2014/>

Isométrico de Casa Cubierta. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d1eee58ece3c0600008c-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex->

Jalocha, T. (s. f.). Quinta Monroy [Fotografía]. DW.

<https://www.dw.com/es/alejandro-aravena-un-arquitecto-sin-man%C3%ADas-de-estrella/a-19289878>

Lorenzo, P. (2012). Sistema RAIL [Ilustración]. En Tesis Doctoral la Casa Abierta.

Lucy Wang (Ed.). (2014, June 4). Chinese Company Assembles 10 3D-Printed Concrete Houses in a Day for Less Than \$5,000 Each. INHABITAT

<https://inhabitat.com/chinese-company-assembles-ten-3d-printed-concrete-houses-in-one-day-for-less-than-5000-each/winsun-3d-printed-houses-1/>

[Mapa de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

[Mapa de territorio de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Martínez, D. (2019a). Lofty-Pyle [Ilustración].

En Vivienda Social: El programa en la vivienda mínima del siglo XXI (Universidad Politécnica de Valencia ed., pp. 9–10).

Martínez, D. (2019b). Modelo de Robert Kerr [Ilustración].

En Vivienda Social: El programa en la vivienda mínima del siglo XX (Universidad Politécnica de Valencia ed., p. 12).

Martínez, D. (2019c). Planta tipo de viviendas con servicios centralizados en Blackfriars [Ilustración].

En Vivienda Social: El programa en la vivienda mínima del siglo XX (Universidad Politécnica de Valencia ed., p. 13).

Metro de Panamá. (2019). Estudio de Factibilidad, Nueva Red Maestra del Sistema de Metro de Panamá.

MiBus. (2019). Red de Rutas. <https://www.mibus.com.pa/red-de-rutas/>

Ministerio de Obras Públicas. (2019). Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá [Ilustración].

En Gaceta Oficial Digital, jueves 18 de julio de 2019 (p. 21).

MIVI. (1970). Proyecto Santa María [Ilustración]. La Estrella Panamá.

<https://www.laestrella.com.pa/nacional/201031/vivienda-social-ciudad-panama-decada>

MIVI. (s. f.). Urbanización Montería [Fotografía]. La Estrella Panamá.

<https://www.pressreader.com/panama/la-estrella-de-panama/20201031/281513638660214>

MIVIOT. (2021a). [Vivienda Plan Progreso]. MIVIOT.

<https://www.miviot.gob.pa/2021/09/20/revelan-requisitos-y-parametros-del-plan-progreso/>

MIVIOT. (2021b). [Planta arquitectónica de Plan Progreso]. En Planos constructivos.

MIVIOT. (s. f.). [Planta arquitectónica de Techos de Esperanza]. En MIVIOT.

Municipio de Chepo. (2018). Plan Estratégico Distrital Municipio de Chepo.

ONU Hábitat. (2019). Elementos de una vivienda adecuada [Ilustración]. ONU Hábitat.

<https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>

Palma, C. (s. f.). [Fotografía de Quintana Monroy en estado actual]. Divisare.

<https://divisare.com/projects/109887-elemental-alejandro-aravena-cristobal-palma-estudio-palma-quinta-monroy>

Panamá América. (2015). Maqueta final del proyecto Smart. [fotografía]. Panamá América.

<https://www.panamaamerica.com.pa/economia/estudiantes-panamenos-participan-del-decathlon-solar-en-cali-colombia-999139>

Panamá Vieja Escuela. (2018, 12 julio). Una mirada al pasado: el barrio de El Marañón en la década de 1950 [Fotografía]. Panamá Vieja Escuela.

<https://www.facebook.com/PanamaViejaEscuela/photos/una-mirada-al-pasado-el-barrio-de-el-mara%C3%B1n-en-la-d%C3%A9cada-de-1950-httpswwwpanama/1992410894117096/>

Panamass UTP. (2015). Planta arquitectónica [Ilustración]. En Team Panamass.

Planta arquitectónica de Casa Cubierta. (s. f.). [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/773375/arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex/55f0d4ffe58ece9c4e000098-arquitectura-social-en-mexico-casa-cubierta-de-comunidad-vivex-foto>

Planta. (s. f.). [Ilustración]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.cl/cl/893571/casa-ampliable-urban-rural-systems/5ac2ce96f197cc5892000030-expandable-house-urban-rural-systems-plan>

[Primer puente impreso de acero]. (2018). El español.

https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20181022/primer-puente-acero-impreso-puede-usar/347466480_0.html

Printhuset. (2018). [The BOD 2 - Specifications]. Printhuset 3D.

Rezendi. (s. f.). hábitat 67 [Fotografía]. Anquiscopio.

<https://arquiscopio.com/archivo/2012/04/19/habitat-67/>

Savin, A. (2017, 26 junio). Unité de Berlín de Corbusier [Fotografía]. Le Corbusier's apartment house in Berlin (Germany).

https://es.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A9_d%27Habitation#/media/Archivo:Corbusierhaus_B-Westend_06-2017.jpg

Sistema ABC. (s. f.). [Ilustración]. Taller Velázquez.

<http://tallervelazquez.edu.uy/index.php/cursos/p2-habitarse/dimension-organizacion-1-tipos-edilicios/>

Tejeira Davis, E. (s. f.). El Colmenar [Fotografía]. Arquitectura y urbanismo.

<https://arqurbpty.blogspot.com/?view=classic>

The B1M. (2020). Why this 3D-printed house will change the world. The B1M.

<https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA&t=102s>

The B1M. (2020a, December 16). Why This 3D-Printed House Will Change The World.

<https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA>

The B1M. (2020b, December 16). Why This 3D-Printed House Will Change The World.

<https://www.youtube.com/watch?v=XHSYEH133HA>

[Tipos de suelo de Panamá]. (2021). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Tipos de fabricación aditiva (C). (s. f.). [Ilustración].

En Aplicaciones biomédicas actuales de la impresión 3D y fabricación aditiva (Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros ed., p. 2).

U Chile FAU. (2017). Casa Cebolla [Ilustración]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.co/co/868309/los-equipos-universitarios-de-construye-solar-2017-presentan-sus-innovaciones/58de6e9ce58ece48a300017b-los-equipos-universitarios-de-construye-solar-2017-presentan-sus-innovaciones-imagen>

VHT Studio. (s. f.). [Keck Solar House]. Modern Illinois.

<http://modernil.com/properties/keck-kecks-first-solar-house-in-glenview/>

Viena Viviendas. (s. f.). [Ilustración]. Casa Abierta.

<https://casa-abierta.com/post.php?t=591065238dc7c>

Vista de modelo del Karl-Marx-Hof. (s. f.). [Fotografía]. Casa Abierta.

<https://casa-abierta.com/post.php?t=591065238dc7c>

[Villa Verde]. (s. f.). ArchDaily. <https://www.ArchDaily.com>

[Zonas protegidas]. (2020). ArcGIS.

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Bibliografía de programas

De Dibujo y Modelado

AutoCAD 2022

Revit 2022

Sketch up 2022

De Ilustración y Edición

Adobe Ilustrador

Adobe Photoshop

De Renderizado

Lumion 11.5

Procesadores de Impresión 3D

Ultimaker Cura 5.1.0