UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO - CHILE

FACTIBILIDAD ECONÓMICA – AMBIENTAL APLICADA EN VIVIENDA SUSTENTABLE CONSTRUIDA A PARTIR DE MÓDULOS DE MADERA NATIVA

Memoria de titulación presentado por
OSCAR FELIPE MIRANDA LILLO

Como requisito parcial para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
Francisco Lagos Peralta

Julio de 2022

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, quienes siempre me han brindado el apoyo necesario para sacar adelante cada uno de los procesos que he vivido.

A mi familia, por el constante interés reflejado durante todo este tiempo.

A mis amigos de toda la vida y de la universidad, con quienes se ha forjado un lazo profesional y de amistad.

Y, a todos los académicos por brindar los conocimientos necesarios para haber hecho posible la materialización de la presente memoria de título.

MIENTRAS QUE LA REVOLUCIÓN AGRÍCOLA TOMÓ SIGLOS
Y LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL TOMÓ GENERACIONES,
ESTA REVOLUCIÓN ECOLÓGICA
TIENE QUE SUCEDER EN CUESTIÓN DE AÑOS.

TAMBIÉN **TIENE QUE SER CONSCIENTE**,
INVOLUCRANDO NO SOLO
LA ECONOMÍA POLÍTICA,
SINO TAMBIÉN LOS HÁBITOS, VALORES
Y ENTENDIMIENTOS QUE LA FOMENTAN.

- Joanna Macy

JOANNA MACY, PROFESORA, ACTIVISTA AMBIENTAL, AUTORA
Y ESTUDIOSA DEL BUDISMO.

RESUMEN EJECUTIVO

Los cambios recientes en el clima son generalizados, rápidos, intensos y sin precedentes. Sin embargo, algunos cambios podrían ralentizarse y otros incluso detenerse, logrando limitar el calentamiento a través de la reducción de emisiones de CO_2 y generación de residuos.

El desarrollo de la industria de la construcción tiene un impacto ambiental muy significativo, que sucede desde la extracción de los materiales hasta la operación o uso de éstos. A nivel internacional, genera cerca de un 30% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI), mientras tanto en Chile se estima que el rubro aporta cerca de un 23% de las emisiones totales del país y genera aproximadamente 7 millones de toneladas al año de residuos de construcción y demolición (RCD).

Por otro lado, la industria de la construcción del país se encuentra entre los países de la OCDE con la productividad más baja. Por lo demás, la productividad laboral de la economía chilena ha incrementado en promedio un 1,7% anual, contrario a esto la tasa media de crecimiento de la productividad del sector construcción durante los últimos 20 años ha sido nula, sin generar valor agregado.

En la presente memoria de título se realiza un estudio acerca de las alternativas de materiales de construcción más utilizados en la zona sur del país (madera y fibrocemento) y, el análisis de la productividad del sector a nivel país. Además, en base a los puntos anteriores, se realiza la factibilidad económica – ambiental para los casos de una vivienda construida a partir de módulos de madera nativa y otra de forma tradicional en base a madera introducida y paneles de fibrocemento. Finalmente, se analiza el desarrollo de la construcción sustentable a nivel nacional, considerando políticas, normativas y programas de desarrollo, actual y a futuro.

Se hace necesario reducir los impactos negativos y el déficit que presenta la industria, mediante el fomento e implementación de sistemas de construcción alternativos que permitan un desarrollo sustentable y sean capaces de colocar en discusión en el sector empresarial, académico y estatal, el avance a un verdadero cambio en la forma de hacer construcción.

ABTRACT

Recent changes in climate are widespread, rapid, intense and unprecedented. However, some changes could slow down and others even stop, limiting warming by reducing CO2 emissions and generating waste.

The development of the construction industry has a very significant environmental impact, from the extraction of materials to the operation or use of materials. At the international level, it generates about 30% of total greenhouse gas (GHG) emissions. Meanwhile in Chile, it is estimated that the item contributes about 23% of the country's total emissions and generates about 7 million tons a year of construction and demolition waste (RCD).

On the other hand, the country's construction industry is among the OECD countries with the lowest productivity. Moreover, the labor productivity of the Chilean economy has increased on average by 1.7% per year, contrary to this the average rate of growth in the productivity of the construction sector over the last 20 years has been zero, without generating added value.

The present title report provides a study of the alternatives of construction materials most used in the southern part of the country (wood and fiber cement) and the analysis of the sector's productivity at the country level. In addition, based on the above points, economic – environmental feasibility is realized for the cases of a house built from native wood modules and another in a traditional way based on introduced wood and fiber cement panels. Finally, the development of sustainable construction at the national level is analyzed, considering policies, regulations and development programs, current and future.

It is necessary to reduce the negative impacts and deficit that the industry presents, by promoting and implementing alternative construction systems that allow sustainable development and can put into discussion in the business, academic and state sectors, moving forward to a real change in the way construction is done.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 11

1.1 ANTECEDENTES GENERALES 11
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO 13
1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO 13
1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO 14

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS Y NECESIDADES ACTUALES 14

2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN 14
2.2 LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN 17

CAPÍTULO 3: SITUACIÓN DEL MERCADO INMOBILIARIO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES AISLADAS 20

3.1 BENCHMARKING 20
3.1.1 Comparación de empresas 20
3.2 ESTUDIO DE MERCADO 21
3.2.1 Definición del producto 21
3.2.2 Análisis Demanda 22
3.2.3 Análisis Oferta 24

CAPÍTULO 4: COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN MODULAR Y TRADICIONAL 27

4.1 VENTAJAS DEL USO DEL SISTEMA MODULAR EN COMPARACIÓN CON EL TRADICIONAL 27
4.1.1 Ahorro de plazos 27
4.1.2 Seguridad 28
4.1.3 Calidad 28
4.1.4 Sustentabilidad 29
4.1.5 Ahorro de costos 29
4.2 DESVENTAJAS DEL USO DEL SISTEMA MODULAR EN COMPARACIÓN CON EL TRADICIONAL 30
4.2.1 Diseño 30
4.2.2 Eficiencia 30
4.2.3 Costo inicial de inversión 31
4.2.4 Cadena de suministros 31

CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN 32

5.1 LA MADERA: UN MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN RENOVABLE 32
5.2 SIDING FIBROCEMENTO: ALTERNATIVA POPULAR 37

CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN PROYECTO VIVIENDA MODULAR Y TRADICIONAL 40

6.1 DESCRIPCIÓN VIVIENDA MODULAR 40
6.1.1 Generalidades 40
6.1.2 Obras preliminares 40
6.1.3 Obra Gruesa 40
6.1.4 Terminaciones 41
6.1.5 Logística 41
6.2 DESCRIPCIÓN VIVIENDA TRADICIONAL 42
6.2.1 Generalidades 42
6.2.2 Obras preliminares 42
6.2.3 Obra Gruesa 42
6.2.4 Terminaciones 42
6.1.5 Logística 42

6.3 Comparación construcción vivienda modular y tradicional 43
6.2 ANÁLISIS MEDIO AMBIENTAL 43

CAPÍTULO 7: DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN CHILE 44

7.1 Eje estratégico: Una industria más productiva 44
7.2 Eje estratégico: Una industria que produce edificaciones sustentables 45
7.3 Eje estratégico: Una industria que potencia la innovación y el uso de nuevas tecnologías 46
7.4 Eje estratégico: Una industria que desarrolla productos, servicios y talentos exportables 47
Desarrollo de la industria de la madera 48

CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS 50

ANEXOS 53

ANEXO A: PLANOS PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR 53
ANEXO B: PROGRAMACIÓN CONSTRUCCIÓN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA 75
ANEXO C: PRECIOS UNITARIOS CONSTRUCCIÓN MODULAR 77
ANEXO D: PRECIOS UNITARIOS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL 85
ANEXO E: PRECIOS UNITARIOS EQUIVALENTES EN CONSTRUCCIÓN MODULAR Y TRADICIONAL 93
ANEXO F: GASTOS GENERALES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MODULAR Y TRADICIONAL 99
ANEXO G: PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA 101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Proceso de producción de la construcción en base a una economía circular. Construye2025. 12
Figura 2-1: Distribución del material predominante en muros y techos. Encuesta del Instituto Forestal, 2018. 16
Figura 2-2: Consumo de trozos por especies en la industria forestal de Chile, 2019. INFOR. 17
Figura 2-3: Dimensiones claves y diagnóstico de la industria de la construcción chilena. Análisis Matrix Consulting. 19
Figura 3-1: Metros cuadrados (m2) autorizados en obras nuevas en La Araucanía según comuna, 2019. Barómetro de la construcción Araucanía. 23
Figura 3-2: Proceso de producción construcción modular. Elaboración propia. 24
Figura 3-3: Proceso de producción construcción con paneles prefabricados. Elaboración propia. . 24
Figura 3-4: Estructura organizacional de las empresas constructoras estudiadas. Elaboración propia. 26
Figura 3-5: Estructura organizacional matricial para una empresa constructora. Elaboración propia. 26
Figura 5-1: Panorama a nivel país sobre el uso de la madera en construcciones (2017). Madera21. 33
Figura 5-2: Comparación de la cantidad de energía necesaria para producir una tonelada de madera, cemento, vidrio y acero. APA – The Engineered Wood Association. 34
Figura 5-3: Paneles de madera utilizados en construcciones de edificaciones en altura. Elaboración propia. 36
Figura 5-4: Evolución de edificios de madera en altura durante los últimos cinco años. ReThink Wood. 36
Figura 5-5: Factores para lograr una mejor configuración de aislación acústica. Escuela de Arquitectura y Diseño PUCV. 38

Figura 7-1: Consumo de energético residencial en el año 2014 y el deseado para el 2025. MINVU – Sistema de clasificación energética de viviendas en Chile. 46
Figura 7-2: Objetivos de los ejes estratégicos para el año 2025. Hoja de ruta PyCS 2025. 48

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

Figura A- 1: Plano planta arquitectura vivienda. Elaboración propia. 53
Figura A- 2: Plano distribución de los módulos. Elaboración propia. 54
Figura A- 3: Plano detalle terminaciones construcción modular. Elaboración propia. 54
Figura A- 4: Plano detalle terminaciones construcción tradicional. Elaboración propia. 56
Figura A- 5: Plano planta de fundaciones. Elaboración propia. 58
Figura A- 6: Plano detalle de apoyos. Elaboración propia. 58
Figura A- 7: Plano planta vigas maestras. Elaboración propia. 59
Figura A- 8: Plano planta entramado. Elaboración propia. 59
Figura A- 9: Plano detalle estructura tabique con revestimiento OSB. Elaboración propia. 60
Figura A- 10: Plano detalle estructura tabique con revestimiento yeso-cartón. Elaboración propia. 60
Figura A- 11: Plano detalles variados de la estructura. Elaboración propia. 61
Figura A- 12: Plano detalle unión tabique exterior-exterior. Elaboración propia. 62
Figura A- 13: Plano detalle unión tabique interior-exterior. Elaboración propia. 62
Figura A- 14: Plano detalle base estructura techumbre. Elaboración propia. 63
Figura A- 15: Plano detalle cercha. Elaboración propia. 63
Figura A- 16: Plano dimensiones cercha. Elaboración propia. 64
Figura A- 17: Plano detalle frontón. Elaboración propia. 64
Figura A- 18: Plano dimensiones frontón. Elaboración propia. 65
Figura A- 19: Plano red agua potable fría. Elaboración propia. 66
Figura A- 20: Plano red agua potable caliente. Elaboración propia. 67
Figura A- 21: Plano red alcantarillado. Elaboración propia. 68
Figura A- 22: Plano detalle cámara de inspección y desgrasadora. Elaboración propia. 69
Figura A- 23: Plano isométrico artefactos sanitarios. Elaboración propia. 69
Figura A- 24: Plano canalización eléctrica circuito N°1. Elaboración propia. 71
Figura A- 25: Plano canalización eléctrica circuito N°2. Elaboración propia. 72
Figura A- 26: Diagrama unilineal de tablero. Elaboración propia. 74
Figura A- 27: Programación construcción vivienda con sistema modular. Elaboración propia. 75
Figura A- 28: Programación construcción vivienda con sistema tradicional. Elaboración propia. ... 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Matriz comparativa oferta en la Araucanía y alrededores. Elaboración propia. 21
Tabla 3-2: Distribución del número de metros cuadrados (m2) aprobados por tipo de obra y sector en La Araucanía, 2019. Elaboración propia..... 22
Tabla 4-1: Tabla comparativa de la tasa de accidentabilidad y siniestralidad entre construcciones industrializadas y tradicionales (información proporcionada por encargado de prevención de riesgos de Inmobiliaria Manquehue). Elaboración propia. 28
Tabla 4-2: Resumen de las ventajas comparativas entre el sistema de construcción modular y construcción tradicional. Elaboración propia. 32
Tabla 5-1: Resumen comparativo del uso de la madera y el fibrocemento como revestimiento estructural. Elaboración propia..... 39
Tabla 6-1: Comparación económica del proyecto construido con sistema modular y tradicional. Elaboración propia. 43

ÍNDICE DE TABLAS ANEXO

Tabla A - 1: Simbología terminaciones vivienda modular. Elaboración propia. 55
Tabla A - 2: Simbología terminaciones vivienda tradicional. Elaboración propia. 57
Tabla A - 3: cuadro de cargas, protecciones y canalizaciones eléctricas. Elaboración propia. 70
Tabla A - 4: Simbología planos eléctricos. Elaboración propia. 73
Tabla A - 5: A.P.U. rebajes (escarificación) del terreno. Elaboración propia. 77
Tabla A - 6: A.P.U. relleno y compactación del terreno. Elaboración propia. 77
Tabla A - 7: A.P.U. fundaciones y vigas maestras. Elaboración propia. 77
Tabla A - 8: A.P.U. estructura piso. Elaboración propia. 78
Tabla A - 9: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de OSB. Elaboración propia. 78
Tabla A - 10: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia. 79
Tabla A - 11: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de OSB. Elaboración propia..... 79
Tabla A - 12: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia. 80
Tabla A - 13: A.P.U. montaje y ensamblaje de los módulos. Elaboración propia. 80
Tabla A - 14: A.P.U. construcción cercha. Elaboración propia. 81
Tabla A - 15: A.P.U. construcción de la base del techo. Elaboración propia..... 81
Tabla A - 16: A.P.U. construcción frontón del techo. Elaboración propia..... 81
Tabla A - 17: A.P.U. cubierta techumbre. Elaboración propia. 82
Tabla A - 18: A.P.U. revestimiento pared baño y loggia. Elaboración propia. 82
Tabla A - 19: A.P.U. revestimiento pared concina. Elaboración propia. 82
Tabla A - 20: A.P.U. revestimiento pared living-comedor y dormitorio. Elaboración propia. 83
Tabla A - 21: A.P.U. revestimiento paredes exteriores. Elaboración propia..... 83
Tabla A - 22: A.P.U. revestimiento del cielo con madera. Elaboración propia. 83
Tabla A - 23: A.P.U. instalación ventana 60x60 cm. Elaboración propia..... 83
Tabla A - 24: A.P.U. instalación ventana 150x150 cm. Elaboración propia. 84
Tabla A - 25: A.P.U. instalación ventana 121x100 cm. Elaboración propia. 84
Tabla A - 26: A.P.U. instalación ventana 60x120 cm. Elaboración propia..... 84
Tabla A - 27: A.P.U. rasgo e instalación puerta exterior. Elaboración propia. 84

Tabla A - 28: A.P.U. rasgo e instalación puerta interior. Elaboración propia. 85
Tabla A - 29: A.P.U. instalación moldura guardapolvo. Elaboración propia. 85
Tabla A - 30: A.P.U. instalación moldura cuarto rodón. Elaboración propia. 85
Tabla A - 31: A.P.U. rebajes (escarificación) del terreno. Elaboración propia. 85
Tabla A - 32: A.P.U. relleno y compactación del terreno. Elaboración propia. 86
Tabla A - 33: A.P.U. fundaciones y vigas maestras. Elaboración propia. 86
Tabla A - 34: A.P.U. estructura piso. Elaboración propia. 86
Tabla A - 35: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de OSB. Elaboración propia. 87
Tabla A - 36: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia. 87
Tabla A - 37: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de OSB. Elaboración propia. 88
Tabla A - 38: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia. 88
Tabla A - 39: A.P.U. unión de tabiques. Elaboración propia. 88
Tabla A - 40: A.P.U. construcción cercha. Elaboración propia. 89
Tabla A - 41: A.P.U. construcción de la base del techo. Elaboración propia. 89
Tabla A - 42: A.P.U. construcción frontón del techo. Elaboración propia. 89
Tabla A - 43 A.P.U. cubierta techumbre. Elaboración propia. 90
Tabla A - 44: A.P.U. revestimiento pared baño y loggia. Elaboración propia. 90
Tabla A - 45: A.P.U. revestimiento pared concina. Elaboración propia. 90
Tabla A - 46: A.P.U. revestimiento pared living-comedor y dormitorio. Elaboración propia. 91
Tabla A - 47: A.P.U. revestimiento paredes exteriores. Elaboración propia. 91
Tabla A - 48: A.P.U. revestimiento del cielo con madera. Elaboración propia. 91
Tabla A - 49: A.P.U. instalación ventana 60x60 cm. Elaboración propia. 91
Tabla A - 50: A.P.U. instalación ventana 150x150 cm. Elaboración propia. 92
Tabla A - 51: A.P.U. instalación ventana 121x100 cm. Elaboración propia. 92
Tabla A - 52: A.P.U. instalación ventana 60x120 cm. Elaboración propia. 92
Tabla A - 53: A.P.U. rasgo e instalación puerta exterior. Elaboración propia. 92
Tabla A - 54: A.P.U. rasgo e instalación puerta interior. Elaboración propia. 93
Tabla A - 55: A.P.U. instalación moldura guardapolvo. Elaboración propia. 93
Tabla A - 56: A.P.U. instalación moldura cuarto rodón. Elaboración propia. 93
Tabla A - 57: A.P.U. revestimiento del cielo con yeso-cartón. Elaboración propia. 93
Tabla A - 58: A.P.U. aplicación de barniz (2 manos). Elaboración propia. 94
Tabla A - 59: A.P.U. aplicación de esmalte sintético (2 manos). Elaboración propia. 94
Tabla A - 60: A.P.U. colocación de pavimentos en baños y loggia. Elaboración propia. 94
Tabla A - 61: A.P.U. colocación de pavimientos en dormitorios. Elaboración propia. 94
Tabla A - 62: A.P.U. colocación de pavimentos en living-comedor y cocina. Elaboración propia. 95
Tabla A - 63: A.P.U. instalación de moldura de cerámica. Elaboración propia. 95
Tabla A - 64: A.P.U. instalación de WC. Elaboración propia. 95
Tabla A - 65: A.P.U. instalación de lavamanos con pedestal. Elaboración propia. 95
Tabla A - 66: A.P.U. instalación de receptáculo para ducha. Elaboración propia. 96
Tabla A - 67: A.P.U. instalación de tina de baño. Elaboración propia. 96
Tabla A - 68: A.P.U. instalación de lavaplatos. Elaboración propia. 96
Tabla A - 69: A.P.U. instalaciones de las griferías. Elaboración propia. 96
Tabla A - 70: A.P.U. instalación de la red de alcantarillado. Elaboración propia. 97
Tabla A - 71: A.P.U. instalación de la red fría de agua potable. Elaboración propia. 97
Tabla A - 72: A.P.U. instalación de la red caliente de agua potable. Elaboración propia. 97
Tabla A - 73: A.P.U. instalación iluminación. Elaboración propia. 98

Tabla A - 74: A.P.U. instalación de enchufes. Elaboración propia. 98
Tabla A - 75: A.P.U. instalación tablero general de electricidad. Elaboración propia..... 98
Tabla A - 76: A.P.U. instalación de la red de canalización eléctrica. Elaboración propia..... 98
Tabla A - 77: Gastos generales construcción de vivienda modular. Elaboración propia. 99
Tabla A - 78: Gastos generales construcción tradicional. Elaboración propia. 100
Tabla A - 79: Presupuesto construcción del proyecto con sistema modular. Elaboración propia. 102
Tabla A - 80: Costo directo, neto y total de construcción con sistema modular. Elaboración propia. 102
Tabla A - 81: Presupuesto construcción del proyecto con sistema tradicional. Elaboración propia. 104
Tabla A - 82: Costo directo, neto y total de construcción con sistema tradicional. Elaboración propia. 104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1: Emisiones de CO2 per cápita - Europa Central y del Báltico, Mundo, Chile y América Latina y el Caribe. Datos Banco Mundial..... 15
Gráfico 2-2: Productividad media laboral en la construcción y economía de Chile. Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales de la UC (CLAPES UC), 2017..... 18
Gráfico 2-3: Productividad laboral en la construcción, valor agregado por trabajador (miles de USD por trabajador, 2017). OECD, Gobierno de Singapur, Análisis Matrix Consulting. 18
Gráfico 5-1: Comparación del C02 producido por diferentes materiales (emisiones netas de CO2, incluido el efecto sumidero de carbono). CEI-Bois. 33
Gráfico 5-2: Comparación del desempeño de la aislación térmica de materiales según el espesor de la estructura. Madera21..... 35
Gráfico 7-1: Índice de costos de edificación entre los años 2000 y 2025. Hoja de ruta PyCS 2025. 45

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

Durante el último tiempo, se ha podido apreciar problemas de escasez hídrica, derretimiento de glaciares y aumento de la temperatura del planeta. Esto se debe en gran parte al impacto negativo que las diversas industrias a través de sus procesos productivos generan en el medio ambiente y agravan los efectos del cambio climático.

En el caso de la industria de la construcción, según datos de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), a nivel internacional, genera cerca de un 30% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI), mientras tanto en Chile se estima que el rubro aporta cerca de un 23% de las emisiones totales del país (Cámara Chilena de la Construcción, 2019).

En cuanto a los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en el país, hay una escasa información disponible al respecto, sin embargo, existe una estimación realizada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en 2020, proyectando una generación de residuos cercana a los 7 millones de toneladas al año, solo por concepto de edificación. Para el año 2010 se calcula que el terremoto pudo haber generado más de 20 millones de toneladas de RCD.

A pesar de los datos anteriores, la normativa chilena actual de regulación de residuos (Ley 20.900, 2016), tiene una estructura basada principalmente en el fomento de la reutilización, reciclaje y menor generación de residuos, estando al debe en la restricción de volúmenes de residuos, la obligatoriedad en la separación más específica de los desechos producidos, e incentivos para lograr una mayor sostenibilidad en las empresas.

La productividad, es otra variable que genera preocupación en la entidad estatal, asociaciones gremiales, programas estratégicos y centros investigativos. Chile por su parte, se encuentra dentro de los países de la OCDE con la más baja productividad del sector de la construcción y con una tasa media de crecimiento nula durante los últimos 20 años (CLAPES UC, 2018).

Con el fin de realizar cambios estructurales en diseño, planificación y gestión de los proyectos, y ser parte de soluciones concretas referente a las problemáticas mencionadas, la industria de la construcción (sector público y privado) se ha comprometido a cumplir una serie de objetivos para los próximos años. Estos están sostenidos y centrados en los conceptos bases de economía circular e industrialización del rubro.

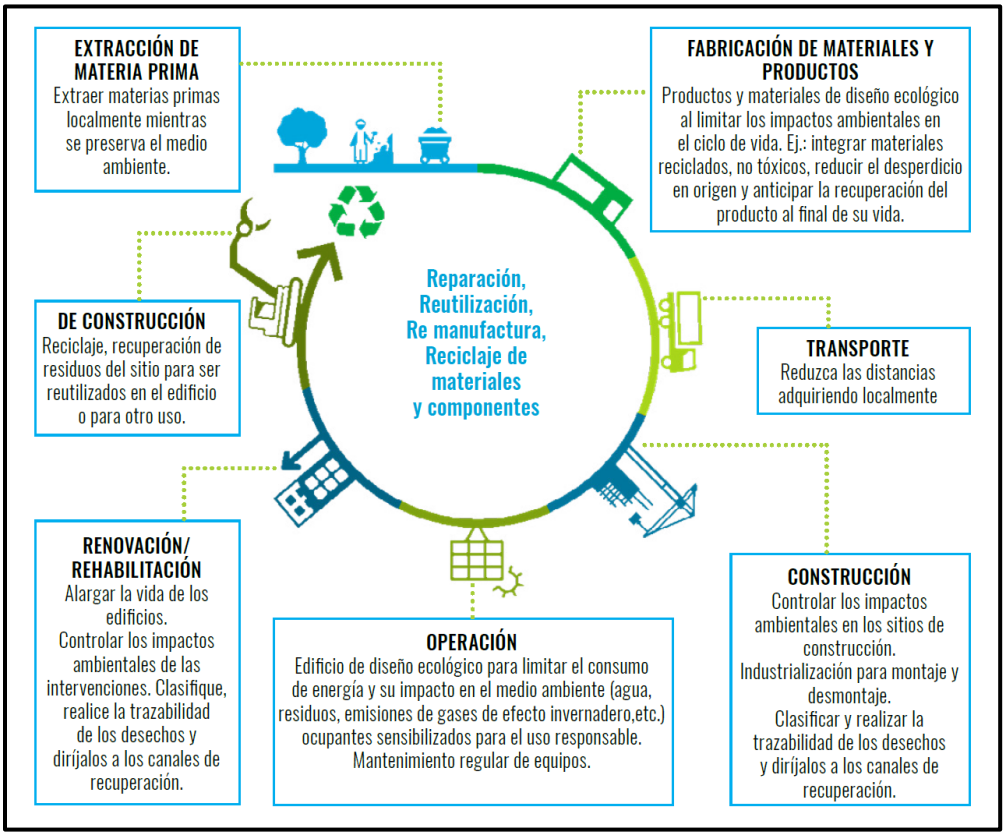
En la actualidad la construcción aplica un modelo de producción lineal que se basa en la extracción de materias primas, fabricación, construcción, operación, demolición y disposición final en vertederos. Situación que no solo afecta al medioambiente, agudizando el cambio climático, la contaminación atmosférica, agua y suelos, sino que también impacta en la pérdida significativa de recursos a lo largo de la cadena de valor.

Por su parte, la economía circular plantea tres principios claves para generar cambios (Fundación Ellen Macarthur, 2015):

- Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural, controlando las existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.
- Principio 2: Optimizar los rendimientos de los recursos, haciendo circular productos, componentes y materiales en uso con la mayor utilidad en todo momento, tanto en ciclos técnicos como biológicos.
- Principio 3: Fomentar la eficacia del sistema, reduciendo las externalidades de los procesos de utilización de recursos naturales, por ejemplo, utilizando restos alimentarios, empleando menos o mejor el territorio, etc.

En términos generales, la economía circular implica repensar la forma en que se gestionan los recursos materiales, el consumo y la producción. La aplicación de este modelo económico en la industria de la construcción se detallada en la Figura 1-1.

Figura 1-1: Proceso de producción de la construcción en base a una economía circular. Construye2025.



Con el fin de mejorar la productividad del sector, la mejor innovación para lograrlo es a través de la industrialización, en el sentido de trasladar la mayor cantidad de partidas o actividades realizadas normalmente in situ a una fábrica. Se transforma el problema de construcción en un problema de logística y montaje.

Es por ello que, en la presente memoria, se estudia comparativamente una vivienda construida a partir de módulos de madera nativa y otra de forma tradicional en base a madera introducida y paneles fibrocemento, con el fin de demostrar la factibilidad económica-ambiental para ambos casos, y además, hacer un análisis de sus pros y contras con miras a promover la edificación sustentable en Chile.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivos Generales

Estudiar la factibilidad del uso de materiales sustentables ligados a procesos constructivos industrializados por sobre la utilización de materias primas no renovables (menor costo), en viviendas tradicionales.

Objetivos Específicos

- Realizar un Benchmarking y estudio de mercado, que permita analizar la situación actual del mercado inmobiliario de viviendas de tipo unifamiliar aisladas.
- Efectuar una comparación cualitativa entre el sistema de construcción modular y tradicional, con el fin de identificar las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos de producción.
- Realizar un estudio de las ventajas y desventajas de la utilización de materias primas renovables (madera nativa e introducida), y no renovables (siding).
- Realizar una evaluación económica y un análisis medio ambiental cualitativo del uso de madera nativa en una vivienda modular, comparándola con una vivienda tradicional en base a madera introducida y paneles fibrocemento (siding). Materialidad muy común en la zona Sur de Chile.
- Analizar el desarrollo de la construcción sustentable a nivel nacional, considerando políticas, normativas y programas de desarrollo, actual y a futuro.

1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO

A través de la presente investigación se busca estudiar la viabilidad económica y ambiental, utilizando como material de construcción la madera nativa en un proyecto de vivienda unifamiliar aislada construida con el sistema modular. Con el fin de promover la construcción sustentable, mediante el uso de materiales y métodos de construcción que presenten una disminución de la actual huella que deja en el medio ambiente la industria de la construcción.

Por otro lado, se analiza de forma general el panorama actual del mercado inmobiliario de viviendas, con el objetivo de acoger y fomentar innovaciones en temas de gestión, generación de proyectos y el uso de nuevas tecnológicas en la construcción.

Por último, a través del estudio de normativas, certificaciones y programas a nivel nacional se intenta contribuir y promover la transformación de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad e industrialización de esta.

1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se procede a recopilar desde libros, sitios web acreditados, seminarios online, programas gubernamentales y privados, los antecedentes necesarios para el desarrollo de la presente memoria de título.

Se identifican y contextualizan las responsabilidades de la industria de la construcción, en el problema de la crisis climática que hoy aqueja. Para ello, se realizan dos tópicos de evaluación; caso de estudio a nivel nacional, y normativa vigente de regulación del manejo de RCD.

Lo siguiente es analizar a través de un benchmarking y estudio de mercado, la situación actual en que se encuentra el mercado inmobiliario de viviendas. Se observan las tendencias, en los procesos constructivos, la materialidad de las edificaciones e innovaciones del sector.

Luego, se busca reconocer las ventajas y desventajas, de los mecanismos de construcción de viviendas (modular y tradicional) y los principales materiales utilizados en el sur del país (madera y fibrocemento).

Se destina una sección de la memoria, en la cual, se diseña el proyecto de una vivienda unifamiliar, utilizando softwares de modelación autodesk. Se evalúan dos casos, realizando un análisis medio ambiental cualitativo y una evaluación económica, sobre el proceso de construcción del proyecto:

1. Construcción sustentable, utilizando madera nativa como material de construcción y sistema de producción modular.
2. Construcción tradicional, con uso de madera introducida y paneles de fibrocemento (siding).

Por último, en base a los estudios realizados, se concluye acerca de la factibilidad económica del proyecto, ejecutado a través de una construcción de tipo industrial y sustentable.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS Y NECESIDADES ACTUALES

2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El *cambio climático* está atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables, según la definición de la United Nations Framework Convention on Climate Change (CMNUCC).

El cambio climático implica una variación significativa y duradera de los patrones climáticos. Sus causas principales son la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la degradación de la cobertura vegetacional. Estas causas generan un aumento de los Gases de Efecto Invernadero, cuyos efectos pueden incluir:

- Aumento del nivel del mar.
- Derretimiento de glaciares.
- Intensificación de eventos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones.

Datos entregados por el **Banco Mundial** dejan en evidencia el aumento prolongado de las emisiones de CO2 totales y per cápita en Chile (Gráfico 2-1). La comparación del país realizada con Europa Central y del Báltico, el Mundo y Latino América y el Caribe en relación con las emisiones per cápita de CO_2, muestra una similitud en la evolución ascendente de las curvas a excepción del continente europeo que, si bien el nivel de emisión está muy por encima de las demás, se aprecia una disminución sistemática de las concentraciones a lo largo del tiempo.

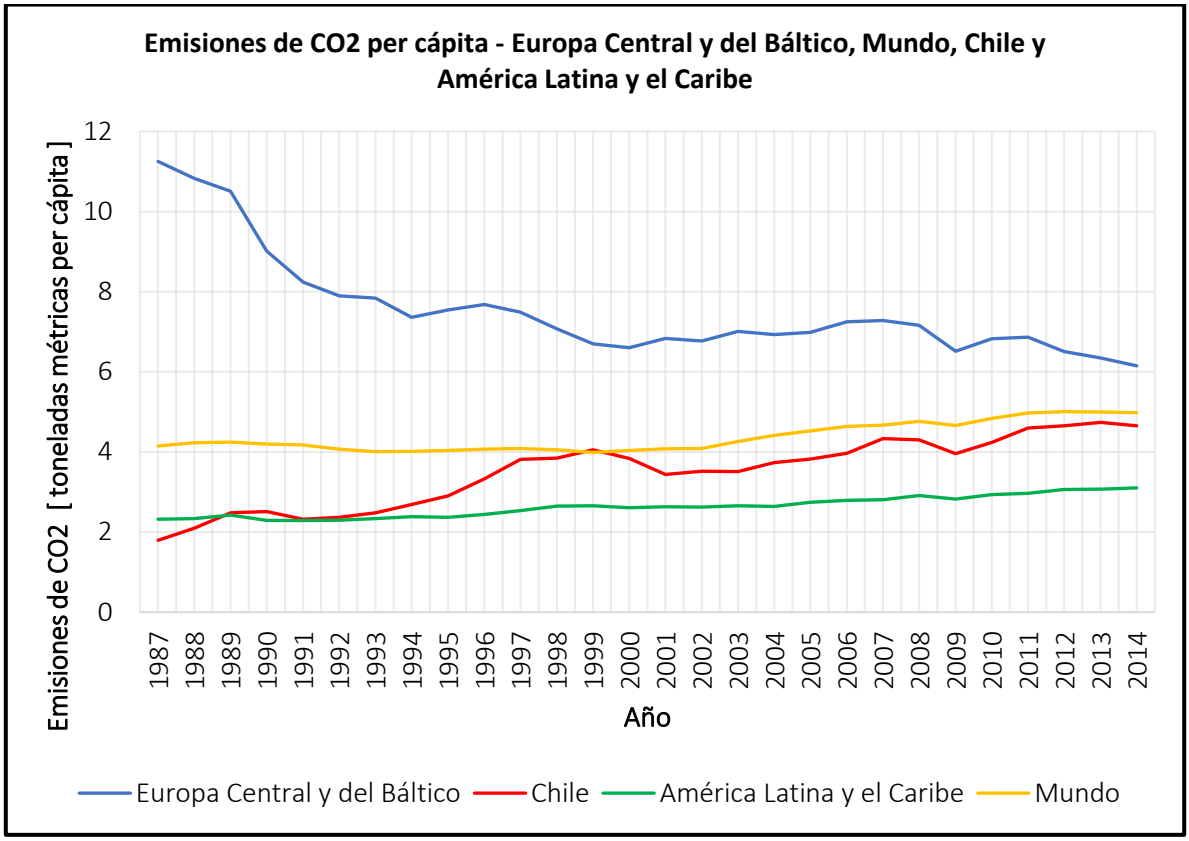


Gráfico 2-1: Emisiones de CO2 per cápita - Europa Central y del Báltico, Mundo, Chile y América Latina y el Caribe. Datos Banco Mundial.

Como se ha mencionado con anterioridad el cambio climático causa una serie de fenómenos, de los cuales las sequías han sido de gran riesgo e impacto en el país el último tiempo. Especialistas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile informan que hoy se tiene entre un 10-37% menos de disponibilidad de agua que hace 30 años atrás, mientras que, según el Instituto de Recursos Mundiales, Chile se encuentra actualmente dentro de los 30 países con mayor riesgo hídrico al 2025.

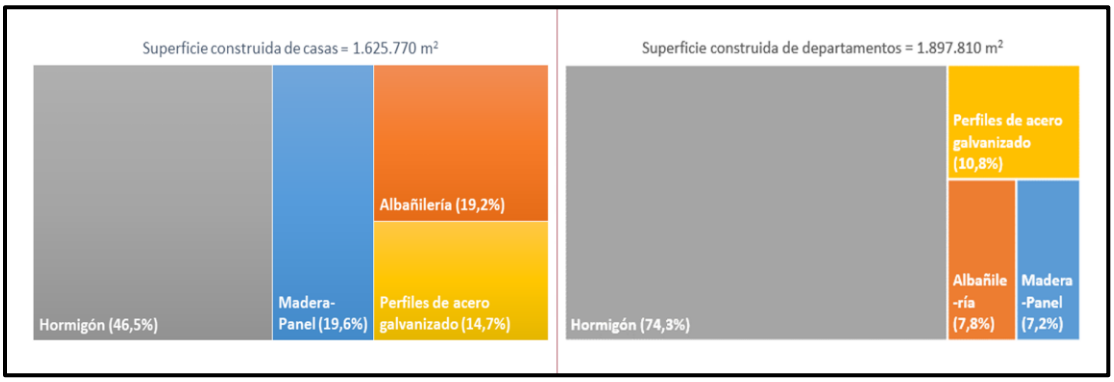
La industria de la construcción no está exenta de responsabilidad en la crisis ambiental. El impacto ambiental de una construcción ocurre a través de la cadena completa de valor, desde la extracción de los materiales hasta la operación o uso de éstos.

La generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en la fase de ejecución es la huella más visible. Las edificaciones en altura generan en el país, en promedio, 0,27 m^3 de escombros por m^2 construido, mientras que este indicador es de 0,14 m^3 / m^2 para países referentes de la OCDE, un 49% menor. En términos físicos, un edificio de 17 pisos de altura promedio, en Chile genera un 11,3% (1,9 pisos) de su volumen de escombros. En países referentes aproximadamente

solo la mitad (1,0 pisos). Esto se traduce en que un edificio en Chile genera 1 piso completo de escombros por cada 10 construidos.

El problema de la generación de residuos reside en la elección del material para construir. Hoy en día más del 70% en promedio de las estructuras de construcciones habitacionales y no habitacionales son de hormigón. Esto, además, de acuerdo con su composición, representa entre residuos de áridos (79%) y cementos (11%), el 90% del total de RCD generados en el país. Mientras tanto la madera tiene un uso bastante bajo del 12,5% en edificaciones y una incidencia de 0,45% en los RCD. En la Figura 2-1 se especifica la cantidad en porcentaje, de superficie construida con los diferentes materiales existentes en el mercado actual de la construcción, situación descrita para edificaciones de casas y departamentos.

Figura 2-1: Distribución del material predominante en muros y techos. Encuesta del Instituto Forestal, 2018.



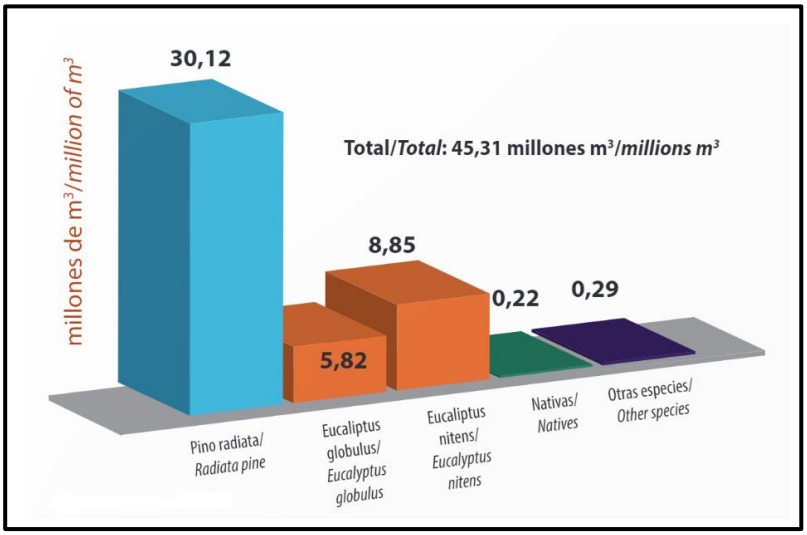
Aun así, dado el diagnóstico anterior, las normativas nacionales son deficientes en aplicar innovaciones y políticas empleadas por países referentes respecto al tratamiento y disposición de los RCD. Exigencias que van desde planes de gestión de residuos (Reino Unido), hasta impuestos por el vertido o la prohibición absoluta de diseminar residuos que puedan reciclarse (Dinamarca y Holanda). También existen incentivos o metas para la incorporación de materiales sostenibles en edificación e infraestructura pública, como es el caso de Francia y Holanda, con la incorporación de madera y áridos reciclados, respectivamente.

También como medida estratégica para combatir la crisis climática, se ha optado por incrementar y fomentar la industria forestal en el país. Sin embargo, el último tiempo solo se ha visto reflejado el aumento de plantaciones forestales de especies introducidas (pino radiata y eucalipto). Su naturaleza como, el rápido crecimiento y, por ende, el gran consumo energético requerido para su subsistencia está contribuyendo de forma muy negativa en la falta de agua, para consumo humano y otros sectores.

La otra opción de uso que en cierta medida ha sido relegada a un segundo plano, son las especies nativas. Las principales razones de su poco uso tienen que ver con una política de fomento efímera y, que el valor agregado y ganancias a la industria son generados en un largo plazo, debido a su crecimiento más lento.

Para el año 2019, el tipo de madera más consumido en la industria forestal (Figura 2-2) corresponde a especies introducidas, provenientes de un total de 2,3 millones de hectáreas de plantaciones del país. Mientras que las especies nativas sólo alcanzaron un uso de 0,22 millones de m^3, sobre una superficie existente de 14,7 millones de hectáreas de este bosque.

Figura 2-2: Consumo de trozos por especies en la industria forestal de Chile, 2019. INFOR.



Si bien la madera como recurso natural proveniente de los bosques, es considerada la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono, su producción en el país sin regulaciones claras y responsables, han dado cavidad a la deforestación y manejo intensivo de plantaciones en la industria forestal. De acuerdo con el diagnóstico, se puede dilucidar que la forma en que se está abordando la política propuesta por la CONAF (Corporación Nacional Forestal, 2016) no es la más apropiada, requiriendo reformas e incentivos en realizar una forestación responsable y amigable con el medio ambiente.

En términos generales, la industria de la construcción tiene múltiples variables y alternativas para reducir emisiones o el impacto generado, tales como el diseño y la elección de materiales, la reducción y gestión de los residuos en la ejecución, o incluso la planificación urbana y la eficiencia energética, por nombrar sólo algunas.

2.2 LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción en Chile, tal como a nivel global, es una industria vital para la economía y su desarrollo. Es el sexto empleador a nivel nacional, con 728 mil ocupados y concentra el 63% de la inversión nacional. Por ello ocuparse de la productividad del sector es sumamente relevante.

En Chile entre el año 2000 y 2018, el incremento de la productividad laboral de la economía chilena aumentó en un 20% igual a un promedio medio anual de 1,7% en el mismo período, en cambio, la de la construcción prácticamente no experimentó variación, teniendo un crecimiento medio anual nulo, sin generar valor agregado (Gráfico 2-2).

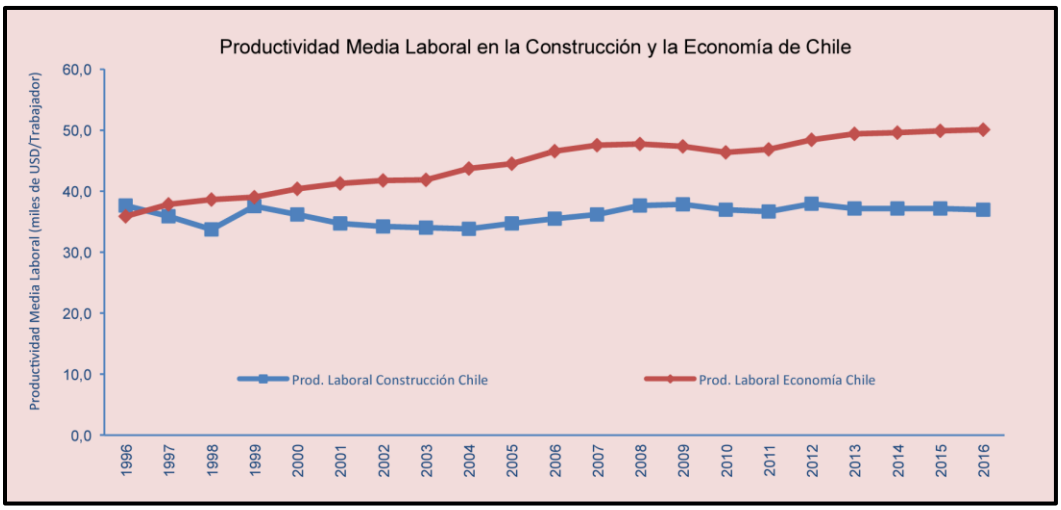


Gráfico 2-2: Productividad media laboral en la construcción y economía de Chile. Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales de la UC (CLAPES UC), 2017.

El rezago en productividad no solo es un tema ajeno al país, sino un fenómeno global. El bajo nivel de productividad local respecto a países OCDE presenta un llamado de alerta. En promedio, para generar el mismo valor en la construcción, en Chile se requieren 10 trabajadores mientras que en el promedio de la OCDE se requieren sólo 6. Este estudio aborda parte de los factores que explican estas diferencias.

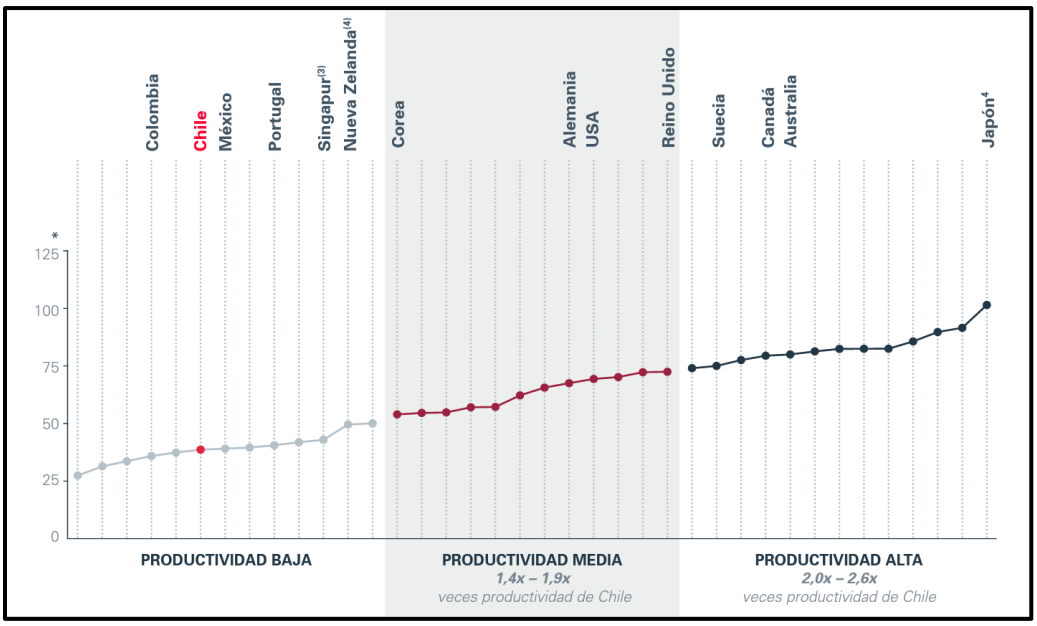


Gráfico 2-3: Productividad laboral en la construcción, valor agregado por trabajador (miles de USD por trabajador, 2017). OECD, Gobierno de Singapur, Análisis Matrix Consulting.

Sobre las naciones que conforman la OECD, Chile se encuentra entre los países con la más baja productividad laboral en el sector de la construcción. Japón tiene el índice de productividad más alto, siendo 2,6 veces la productividad de Chile. Por otro lado, Corea está considerada como el corte de la productividad media y Suecia el de la productividad alta, siendo 1,4 y 2,0 veces respectivamente la productividad de Chile.

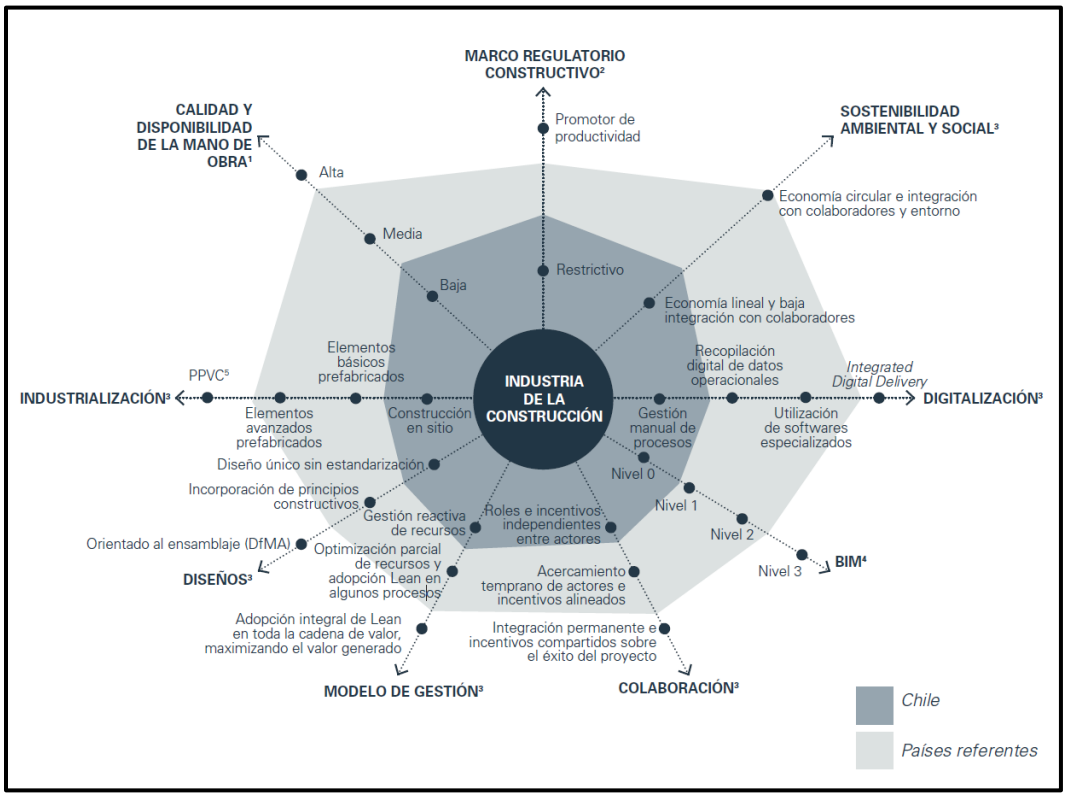
En cuanto a las tasas de crecimiento de la productividad en la construcción en los últimos 20 años, los países de la OCDE han presentado un aumento medio anual de 1,1% en la productividad sectorial. En los países de Latinoamérica, la productividad ha caído en promedio 0,4% al año entre 1996 y 2016. En Chile, la tasa media de crecimiento de la productividad en la construcción es nula en los últimos 20 años (CLAPES UC, 2018).

Fuera de las condiciones propias del país, existen dinámicas estructurales en la industria que dificultan generar y capturar ganancias en productividad, estas son:

1. Fragmentación de la cadena de valor.
2. Atomización de agentes.
3. Modelo de negocio por proyectos independientes y hechos a la medida, y sus largos ciclos de desarrollo.

Estas dinámicas pueden bloquear las ganancias en eficiencia de largo plazo al desalinear incentivos para que esfuerzos, riesgos y potenciales beneficios sean compartidos a través de la cadena de valor. Estas condiciones estructurales que desfavorecen la colaboración son las que dan pie para que esfuerzos a nivel de industria y país sean los que logren articular al sector para capturar el potencial beneficio (Cámara Chilena de la Construcción, Octubre, 2020).

Figura 2-3: Dimensiones claves y diagnóstico de la industria de la construcción chilena. Análisis Matrix Consulting.



En términos generales, la industria chilena de la construcción está al debe en todos los índices comparativos referente a la productividad y sostenibilidad ambiental de las construcciones, de acuerdo con la comparativa realizada con diferentes países referentes de la OCDE (Figura 2-3). Aquí se puede apreciar que las mayores deficiencias tienen relación con el uso de nuevas tecnologías y la digitalización de la industria. Además, la industrialización del sector es bastante precaria y está

pasando por una época de transición desde la construcción in situ hacia el uso de elementos básicos prefabricados.

Por otro lado, en términos de sostenibilidad ambiental el país aún prefiere los procesos productivos basados en la economía lineal y baja integración entre colaboradores, estando lejos todavía de establecer en mayor medida las prácticas de la economía circular e integración con colaboradores y el entorno.

CAPÍTULO 3: SITUACIÓN DEL MERCADO INMOBILIARIO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES AISLADAS

3.1 BENCHMARKING

Esta herramienta consiste en analizar de forma comparativa empresas que ofrecen productos, servicios y procesos de trabajo del mismo rubro y área de interés definida. Existen tres tipos de competidores, el primero de ellos se denominan directos los que se dedican exactamente a la misma labor que se desea, replicando de igual manera el plan de trabajo y servicios entregados. Los competidores indirectos, con ellos no se comparten los procesos de producción, pero de igual forma ofrecen un servicio y/o solución a un potencial público. Por último, están los aspiracionales, y como su nombre lo dice son modelos para seguir en un futuro, es decir, los líderes del sector.

3.1.1 Comparación de empresas

Mediante una matriz comparativa de empresas chilenas cuyo mercado objetivo es la construcción de viviendas, se analiza una serie de variables con el fin de identificar los productos y/o servicios ofrecidos y en caso de haber, alguna característica diferenciadora y destacada para ser implementada.

Empresa / **Variable**	**Builder Pack**	**MAGISUR**	**Quattromas**	**Casas Prefabricadas Licán Ray**	**Martabid**
Ubicación Oficina Central	Pudahuel	Padre Las Casas	Chicureo, Colina	Villarrica	Temuco
Alcance Operacional	Zona Centro	Desde región del Bio Bío a Los Lagos	Todo el país	Villarrica, Pucón y Panguipulli	Desde región de Ñuble a Los Lagos
Años de Experiencia	8 años	+50 años	3 años	11 años	18 años
Servicios y/o Productos	Oficinas, primera vivienda y vivienda básica	Segunda vivienda	Primera y segunda vivienda	Primera y segunda vivienda	Viviendas Sociales, Departamentos, Primera y segunda vivienda

Mercado	Viviendas individuales	Viviendas individuales	Viviendas individuales	Viviendas individuales	Condominios y parques residenciales
Generación de Proyectos	Llave en mano, con diseños estándar y personalizados	Llave en mano, con diseños estándar	Llave en mano, con diseños personalizados	Llave en mano, con diseños estándar	Llave en mano, con diseños estándar
Proceso de Producción	Construcción modular	Construcción tradicional	Construcción modular	Construcción prefabricada con paneles	Construcción prefabricada con paneles
Materialidad Exterior	OSB Smart Side	Madera	De acuerdo con la necesidad del Cliente	Madera	Hormigón y Siding fibrocemento
Página Web					
Accesibilidad	Fácil	Normal	Fácil	Fácil	Normal
Visión y Misión	X	X	✓	X	X
Cotización online	✓	✓	✓	✓	X
Contacto	✓	✓	✓	✓	✓
Tipo de Competidor	Directo	Indirecto	Aspiracional	Indirecto	Indirecto

Tabla 3-1: Matriz comparativa oferta en la Araucanía y alrededores. Elaboración propia.

De los datos anteriores se aprecia la predominancia del mercado en el sector de primeras y segundas viviendas, pero al mismo tiempo la empresa Builder Pack destaca en su inventario por ofrecer servicios de construcción de oficinas y viviendas básicas de emergencia.

En cuanto a las técnicas de producción, la comparación realizada evidencia que el método modular está poco explorado en la región de la Araucanía, siendo las construcciones prefabricadas quienes acaparan el mercado inmobiliario de viviendas estandarizadas.

Por otro lado, la composición predominante de la materialidad de viviendas en el sur de Chile es la madera, aun así, se hace el intento de replicar las características visuales de este, siendo incorporada en otros materiales que, si bien su durabilidad pueda ser mayor, su impacto en el medioambiente también lo es.

3.2 ESTUDIO DE MERCADO

3.2.1 Definición del producto

Los productos/servicios ofrecidos se definen como bienes tangibles y de consumo, ya que pertenecen a objetos físicos destinados principalmente a satisfacer las necesidades inmediatas y múltiples. El mecanismo de definición del bien ofrecido se basa en el análisis de variables como elementos diferenciadores, sistema de comercialización, métodos de fabricación, requisitos de estándares nacionales o internacionales y aspectos legales de su utilización. Según esto los productos y/o servicios ofrecidos son los siguientes:

- **Sistema de construcción modular:** Encargado de llevar a cabo el proceso de producción del producto. Corresponde a un sistema de construcción prefabricado, cuyo ensamblaje es más rápido y fácil de realizar en comparación con otros de su tipo, puesto que se unen edificaciones previamente fabricada (módulos) para obtener finalmente una única construcción.
- **Madera nativa como material de construcción:** Se escoge esta alternativa de material, definidas previamente algunas políticas y beneficios ambientales, sociales y económicos que conlleva su uso. Además, las terminaciones logradas con este material alcanzan altos estándares de calidad y una estética visual preferida por los clientes.
- **Construcción primera vivienda:** La región de La Araucanía tiene uno de los índices de déficit habitacional más altos del país, originándose la oportunidad de incorporarse al mercado inmobiliario y de contribuir en cierta medida a la mejora de los índices de la zona (Cámara Chilena de la Construcción, 2017).
- **Construcción segunda vivienda:** La región de la Araucanía tiene un nivel de desarrollo turístico consolidado en la zona de Temuco, Araucanía Andina y Araucanía Lacustre, además de emergente y potencial en Araucanía Costera y Nahuelbuta respectivamente, haciéndolo un lugar propicio para la construcción de segundas viviendas.
- **Otros productos posibles:** La posible construcción de edificaciones con propósitos comerciales (locales y oficinas).

3.2.2 Análisis Demanda

El mercado objetivo de la venta de viviendas modulares en madera nativa estará enfocado en la región de la Araucanía, centralizado específicamente en la zona Lacustre en comunas como Villarrica, Pucón y Curarrehue.

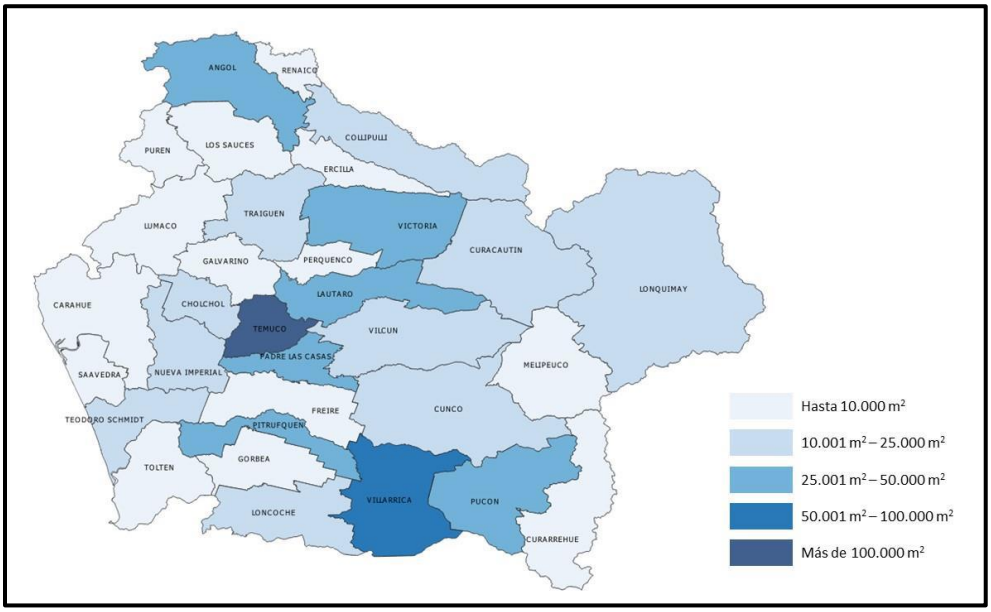
A través de la autorización de permisos de edificación para obras nuevas o ampliaciones es posible poder medir la demanda en metros cuadrados de edificaciones habitacionales y no habitacionales en la región de la Araucanía. En este sentido, en 2019, se aprobaron un total de 1.267.196 m^2 para edificación, de los cuales el 80,8% corresponden a obras nuevas y el 19,2% a ampliaciones. Asimismo, el 74,6% de la superficie autorizada se destinó a viviendas, el 17,9% a industria, comercio y establecimientos financieros y el 7,5% a servicios (Tabla 3-2) (Barómetro de la construcción Araucanía, 2021).

Unidad / Índice	M2 Aprobados	Porcentaje
Tipo de Obra		
Obras Nuevas	1.023.887	80,8%
Ampliaciones	243.309	19,2%
Sector		
Habitacional	945.241	74,6%
No Habitacional	321.955	25,4%

Tabla 3-2: Distribución del número de metros cuadrados (m2) aprobados por tipo de obra y sector en La Araucanía, 2019. Elaboración propia.

En lo que respecta a la distribución geográfica de los permisos de edificación, se observan zonas de mayor expansión, destacando la zona Temuco-Padre Las Casas y Lautaro, luego la zona Lacustre (Villarrica, Pucón y Curarrehue), y Angol que corresponden a los territorios en donde el sector inmobiliario y de la construcción han visto un mayor auge (Figura 3-1).

Figura 3-1: Metros cuadrados (m2) autorizados en obras nuevas en La Araucanía según comuna, 2019. Barómetro de la construcción Araucanía.



Entre los años 2017 y 2018 se distingue que el sector con mayor crecimiento fue el de la Construcción (9,7%), siguiéndole los sectores de la industria manufacturera (6,3%) y comercio (5,3%). Además, los sectores económicos que más aportaron a la generación del PIB en la región de La Araucanía durante el año 2018 corresponden a servicios sociales y personales (21,3%), construcción (10,4%) e industria manufacturera (10%).

Según cifras censales del INE en la región, la vivienda con muro de madera representa más del 60% del parque total de casas. Además, se muestra una mayor tendencia de construcciones de viviendas de baja altura con estructura vertical de madera en las regiones del Biobío, La Araucanía y Los Lagos.

Sobre el territorio y sitio apto para edificaciones, el registro de predios en la región proporcionado por el servicio de impuestos internos presenta las comunas con mayor porcentaje de predios no agrícolas, es decir, con mayores posibilidades para desarrollar las áreas de edificación. Entre las comunas con la cantidad más alta de predios se encuentra Temuco (93,9%), Pucón (82,7%), Angol (80,4%) y Villarrica (77,2%). Asimismo, las comunas con mayor número de predios no agrícolas corresponden a Temuco (119.604), Villarrica (27.296), Pucón (21.608), Angol (17.974), Padre Las Casas (17.072), Lautaro (11.049) y Victoria (10.137), que corresponden además a las comunas con más crecimiento en el sector de la construcción a nivel territorial y consecuente con la cantidad de permisos de edificación aprobados durante los últimos años.

3.2.3 Análisis Oferta

3.2.3.1 Características de la oferta

La oferta analizada en su mayoría corresponde a sistemas constructivos de rápida fabricación y con métodos de producción iguales o similares al elegido. Por otro lado, de acuerdo con la ubicación geográfica de las empresas por lo general estás abarcan el mercado de las dos regiones más próximas en la cual se ubica, además con emplazamientos en zonas no urbanas con el fin de contar con el espacio suficiente para una producción eficiente y eficaz.

3.2.3.2 Mercado oferente

Dadas las características descritas de la oferta, el mercado oferente corresponde a un mercado competitivo, con bienes ofrecidos casi idénticos, la existencia de un número considerable de compradores y vendedores, y la libertad de las empresas de entrar y salir del mercado.

3.2.3.3 Forma en que se oferta del bien

En términos generales la estructura de la cadena de producción de la oferta analizada se basa en dos tipos de construcciones prefabricadas, el primero de ellos del tipo modular, mientras que el otro mediante paneles prefabricados. A rasgos generales estos sistemas de construcción son muy similares diferenciándose en la primera etapa de producción (véase Figura 3-2 y Figura 3-3) y por ende en la forma de ensamblaje de la edificación.

Figura 3-2: Proceso de producción construcción modular. Elaboración propia.

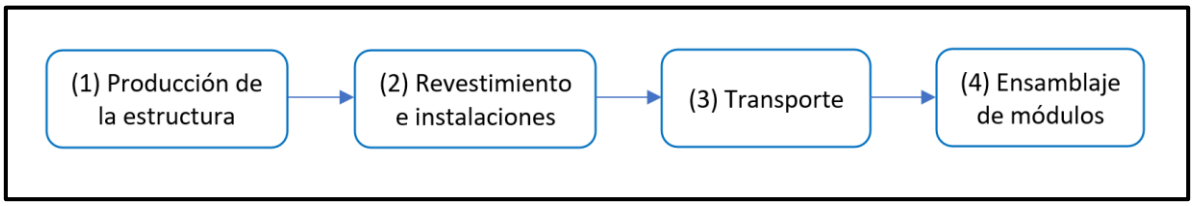
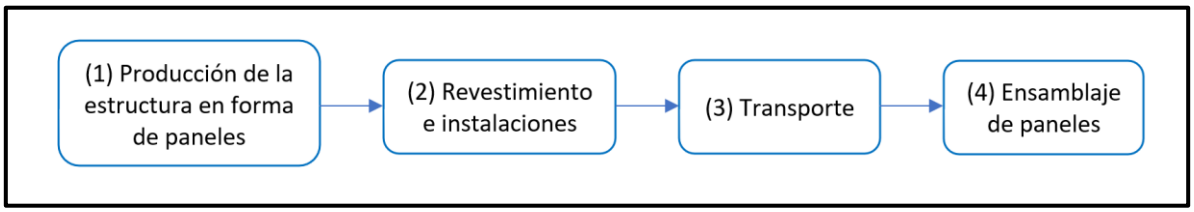


Figura 3-3: Proceso de producción construcción con paneles prefabricados. Elaboración propia.



3.2.3.4 Producción de la competencia

El volumen de producción de la oferta es variado y depende de la empresa evaluada. Empresas consolidadas en el mercado inmobiliario como Martabid, solo en la región de la Araucanía tienen en curso tres proyectos traduciéndose en números de viviendas entre 91 y 120 por proyecto. Por otro lado, existen otros oferentes como Quattromas con una cantidad promedio de 14 proyectos ejecutados al año, correspondientes cada uno de ellos a viviendas unifamiliares, y además, casas prefabricadas Lican Ray con volúmenes de producción cercanos a 55 viviendas anuales.

De acuerdo con los datos mencionados, estos se pueden vincular de manera proporcional con los años de experiencia de los oferentes.

3.2.3.5 Variables que afectan a la oferta

El mercado de la construcción de viviendas se ve afectado por una serie de variables que inciden directamente en el proceso de construcción y de esta manera en los costos y plazos del proyecto.

- **Imprevistos por efectos climáticos**: La región de la Araucanía es una zona cuyo clima es muy adverso, la lluvia y nieve se pueden convertir en una dificultad en la planificación de un proyecto. La disminución del riesgo de ocurrencia de este imprevisto tiene relación principalmente con tiempo de construcción dedicado en el terreno de ubicación de la edificación.
- **Abastecimiento de materiales:** La distribución de materiales hacia una obra debe atender una logística de gran precisión, debido a que en ocasiones el espacio de almacenamiento de materiales no es lo suficientemente grande y sus condiciones no son las adecuadas.
- **Ubicación de la edificación:** La instalación de faena, alojamiento y transporte de la mano de obra si fuere necesario, son variables que son necesarias gestionar de manera óptima para lograr que el proyecto sea un éxito. El nivel de complejidad para tratar esto se relaciona con la ubicación de intervención para realizar la obra, es decir, mientras más inhóspito y alejadas de lugares urbanos mayor será la complejidad de la gestión.

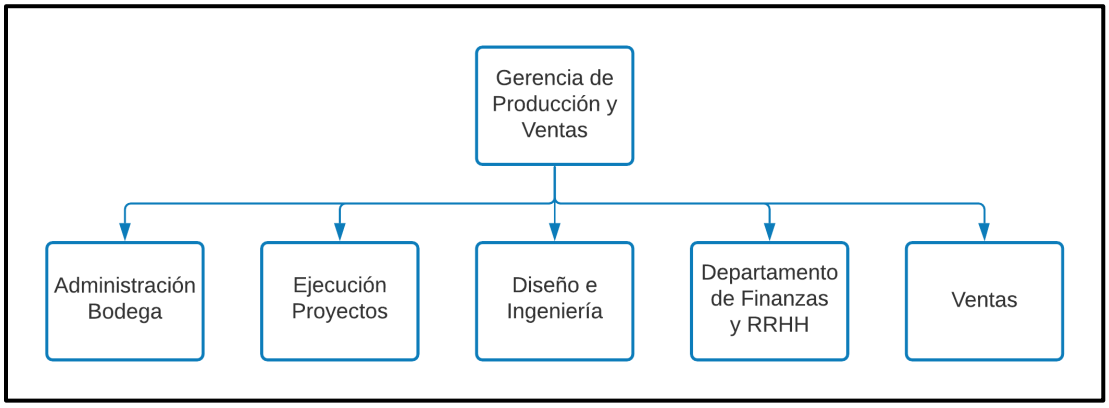
La oferta analizada utiliza tres sistemas de construcción diferentes propios de cada empresa (clásico o tradicional, con paneles prefabricados y modular), esto se relaciona con las variables mencionadas que afectan a la oferta de forma ascendente, según el orden descrito en la incidencia que tienen en el proyecto.

3.2.3.6 Estructura organizacional

Las empresas de construcción estudiadas se constituyen de acuerdo con una estructura de organización funcional. Esta organización se genera cuando la empresa se encuentra dividida según las diferentes disciplinas o conocimientos (diseño e ingeniería, ejecución, ventas, etc.) (Figura 3-4) y le encarga a cada departamento especializado la parte correspondiente del proyecto para que la lleven adelante con plena y total responsabilidad.

Su uso tiene una serie de ventajas respecto a otros tipos de organización, como la acumulación de experiencia y habilidad en los departamentos, el aprovechamiento de especialistas escasos, la fácil administración del personal, la capacidad de desarrollar normas y procedimientos, y además que generalmente la organización requiere de un menor costo de mantención. Por otro lado, las desventajas más recurrentes corresponden a eventuales diferencias de políticas entre los departamentos, ineficiencias por lucha de prioridades (objetivos diferentes), dificultad para medir costos de cada departamento que se asignan al proyecto y por último la rigidez para adaptarse a necesidades y cambios del proyecto.

Figura 3-4: Estructura organizacional de las empresas constructoras estudiadas. Elaboración propia.

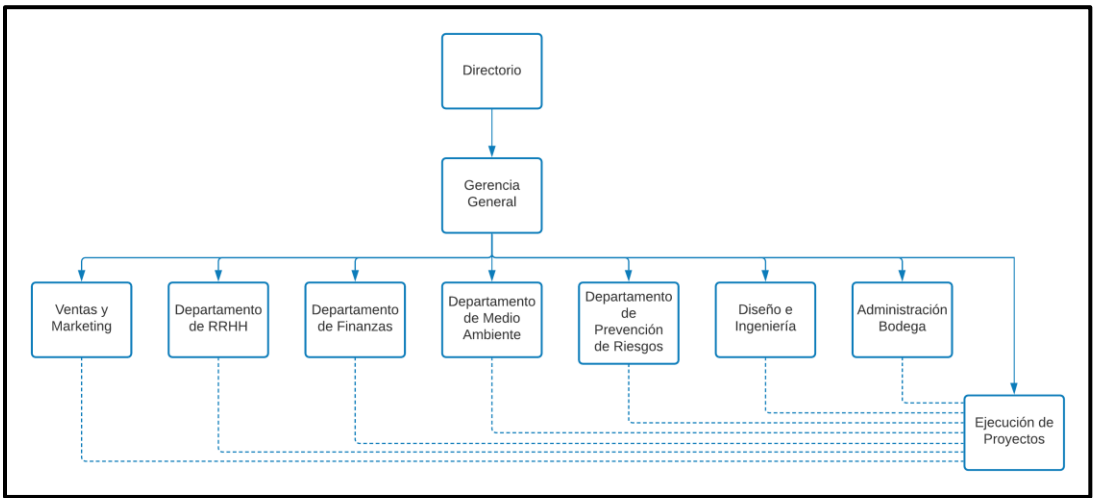


El diseño de la estructura organizacional dentro de un proyecto de construcción debe conjugar e integrar esfuerzos individuales y grupales con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto y de la empresa, en otras palabras se debe lograr que las personas se involucren con el proyecto.

De acuerdo a sus características, presentando una posición intermedia entre una organización funcional e independiente, de forma que combina las ventajas e inconvenientes de ambas, la organización matricial sería una de las mejores opciones de esquema de funcionamiento para una empresa constructora (Figura 3-5).

El esquema organizacional matricial obtiene la eficiencia de un esquema independiente nominando un jefe de Proyecto, Director de Proyecto o Project Manager reponsable. El director cuenta con un equipo de trabajo directamente a sus órdenes, pero encarga la ejecución de las tareas que demanda el proyecto (tales como diseños, preparación de contratos, compras, etc) a servicios especializados de la empresa. Entonces, la experiencia que se genera en la nueva actividad incrementa el acervo técnico de los departamentos funcionales, para que ella pueda llegar a los proyectos futuros. Además, aborda el problema de la colaboración entre departamentos y los diferentes actores en el proceso de diseño y construcción de edificaciones.

Figura 3-5: Estructura organizacional matricial para una empresa constructora. Elaboración propia.



CAPÍTULO 4: COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN MODULAR Y TRADICIONAL

En la búsqueda de poner en marcha el estancamiento del crecimiento de la productividad en el sector de la construcción, la empresa estadounidense especializada en consultorías de gestión a nivel mundial McKinsey & Company presenta un informe, donde se profundizan los conceptos de sistemas de producción y construcción modular que se aplican al mercado inmobiliario. Examina los beneficios potenciales, mejoras en las prácticas y lo necesario para una adopción más amplia del modelo de construcción modular (McKinsey & Company, 2019).

Mientras tanto en Chile, el programa Construye 2025 de Corfo impulsó la creación del Consejo de Construcción Industrializada (CCI) con el fin de promover el desarrollo de soluciones industrializadas, prefabricadas y modulares que mejoren la calidad, productividad, y sustentabilidad en las edificaciones.

Se realizó el estudio de acompañamiento de diferentes obras realizadas en Chile con sistemas de construcción industrializadas (PMG Business Improvement, Idiem, 2018), permitiendo medir la productividad y sustentabilidad de los casos. En base a esto se logró contrastar diferencias muy acentuadas entre los sistemas de construcción industrializados o prefabricados, y tradicionales.

De acuerdo con la información proporcionada por los estudios mencionados, la comparativa entre los sistemas de construcción es definida por los siguientes índices comparativos:

4.1 VENTAJAS DEL USO DEL SISTEMA MODULAR EN COMPARACIÓN CON EL TRADICIONAL

4.1.1 Ahorro de plazos

Por plazo de construcción se entiende como el tiempo cronológico efectivo o de duración de una obra, excluyendo los tiempos no trabajados por decisiones de programación y/o problemas de gestión.

En una construcción modular, se puede mover hasta el 80% de la actividad laboral in situ hacia una planta de fabricación. Más importante aún, con procesos estandarizados, automatizados y un entorno operativo controlado en la fabricación se puede duplicar la productividad por encima de lo que se alcanza construyendo de forma tradicional. Esto, incluso antes de considerar los beneficios para la productividad al establecer procesos simplificados y repetitivos o automatización avanzada de equipos.

El estudio realizado por el CCI identifica los siguientes antecedentes:

- En términos de productividad, se evidencia que los sistemas industrializados logran rendimientos de avance entre un 48% y 127% mayores que los registrados para la construcción tradicional.
- Las obras gruesas construidas con sistemas industrializados lograron rendimientos de mano de obra entre un 148% y 227%, tomando de esta manera entre un 24% y un 69% del tiempo efectivo requerido por una construcción tradicional.
- En términos generales, los resultados se capitalizan en un ahorro del plazo de construcción de entre 31% y 76% del plazo requerido para una construcción tradicional.

4.1.2 Seguridad

Para medir cuantitativamente el comportamiento de la seguridad de un determinado sector, es necesario obtener datos de tasa de accidentabilidad y tasa de siniestralidad.

$$Tasa\ de\ siniestralidad\ = \frac{Cantidad\ de\ días\ perdidos\ en\ el\ período}{Promedio\ de\ trabajadores\ en\ el\ período} \times 100$$

$$Tasa\ de\ accidentabilidad\ = \frac{Cantidad\ de\ accidentes\ en\ el\ período}{Promedio\ de\ trabajadores\ en\ el\ período} \times 100$$

En base a los registros históricos proporcionados por las empresas evaluadas (Tabla 4-1), tanto la tasa de siniestrabilidad y tasa de accidentabilidad son menores en obras de construcción industrializada, esto se debe a los siguientes factores:

- Especialización de la mano de obra.
- Cantidad de personas trabajando en obra.
- Tiempo de trabajos en altura.

Variable / Tipo de construcción	Tasa de Accidentabilidad Acum.	Tasa de Siniestralidad Acum.	Accidentes Acum.	Días Perdidos Acum.
Industrializada de Hormigón	4,60%	73,61%	2	32
Tradicional de Hormigón	9,65%	308,80%	5	160
Industrializada de Albañilería	5,79%	167,91%	3	87
Tradicional de Albañilería	15,65%	1918,35%	5	613

Tabla 4-1: Tabla comparativa de la tasa de accidentabilidad y siniestralidad entre construcciones industrializadas y tradicionales (información proporcionada por encargado de prevención de riesgos de Inmobiliaria Manquehue). Elaboración propia.

4.1.3 Calidad

Uno de los problemas en calidad que se da en obra con la metodología de construcción prefabricada es la inexistencia de un centro adecuado para la disposición de paneles que no se logran instalar just in time (justo en el momento). Se puede percibir en el estudio realizado por el CCI y fue visto presencialmente como estudiante de construcción, en obras realizadas por la empresa Martabid con paneles prefabricados de madera.

Se apreció que los elementos quedan a la intemperie, problema grave dadas las condiciones climáticas del sur. Los paneles se humedecen, por lo que en ocasiones deben ser reparados y/o reemplazados.

Si bien este es un problema derivado de una deficiente logística y gestión de las obras, la solución directa es la instalación inmediata de elementos prefabricados y de no ser así, contar con un centro de acopio para los elementos. De acuerdo con lo anterior, el sistema de construcción modular no es afectado por esta complicación, debido a que en terreno sólo de ensamblan los módulos quedando la construcción lista para ser habitada.

Aunque la construcción industrializada presenta falencias que involucran la calidad de los trabajos, estas pueden ser corregibles. Mientras tanto, la construcción tradicional muestra los mismos problemas e incluso con mayor complejidad, debido a que el 100% de los trabajos es realizado en terreno.

Además, los estudios concluyeron que una obra gruesa construida con elementos industrializados utiliza el 8% y 27% de las horas hombre (HH) requeridas por una construcción tradicional para obtener un nivel de terminación homologable.

4.1.4 Sustentabilidad

La construcción modular se considera una opción más sostenible que los métodos de construcción tradicionales por las siguientes razones (Arquitectura Sostenible, 2018):

- Mayor flexibilidad y reutilización. Los edificios modulares se pueden desmontar y los módulos se pueden reubicar o renovar para un nuevo uso, reduciendo la demanda de materias primas y minimizando la cantidad de energía gastada para satisfacer la nueva necesidad.
- Menos desperdicio de material. Cuando se construye en fábrica, los desechos se eliminan mediante el reciclaje de materiales, el control del inventario y la protección de los materiales de construcción.
- Mejora de la calidad del aire. Debido a que la estructura modular se completa sustancialmente en un entorno controlado de fábrica, utilizando materiales secos, se elimina la posibilidad de que altos niveles de humedad queden atrapados en la nueva construcción.

Las construcciones industrializadas en el país producen entre 3 y 3,5 veces menos residuos que aquellas construidas con el sistema tradicional, para la etapa de Obra Gruesa. Aun así, los sistemas industrializados aún tienen oportunidad de mejorar algunos aspectos relacionado con la reducción de la cantidad de residuos que generan. En cambio, en el caso de la construcción tradicional, no se observa que se puedan lograr reducciones tan significativas como para alcanzar las cantidades de residuos que generan los sistemas industrializados.

4.1.5 Ahorro de costos

Los resultados de los índices evaluados con anterioridad se resumen en ahorros sustantivos de los costos de construcción. Esto también, debido a los positivos efectos en la baja de costos y masa salarial en los trabajos con requisitos altos en habilidad y costos (mecánica, electricidad, climatización y plomería), además de no ser necesaria mano de obra calificada en algunas de sus faenas de fabricación (ensamblaje de módulos).

Un fabricante de Estados Unidos de construcción modular estima que el 25% del tiempo trabajado in situ se dedica a la creación de valor, mientras que el 75% del tiempo pasado en fábrica crea valor. En general, los ahorros son más sustanciales cuando más de las actividades de alto valor como la instalación eléctrica, de plomería y climatización se pueden migrar al sitio de fabricación.

Al hacer esta transición se esperaría reducir los costos de mano de obra en un proyecto hasta en un 25%.

En el caso de Chile, la evaluación realizada por el CCI en construcciones industrializadas son bastantes alentadoras. El ahorro de los costos de las obras se ve reflejado principalmente en la etapa de obra gruesa, donde el costo directo de esta etapa para una casa construida con elementos industrializados varía entre un 86% y 113% del costo directo de una obra tradicional, siendo en construcciones de madera 86,5%.

La construcción modular ya tiene un historial probado de reducción de horarios en los proyectos, lo que a su vez reduce el costo de los gastos generales del sitio (como la seguridad y la administración sobre cuestiones meteorológicas) y gestión de la construcción. En una obra de construcción tradicional en promedio se considera un 30% del costo total de la casa, es decir, la suma del costo de obra gruesa, costo de terminaciones, costo de instalaciones y mano de obra. Al utilizar un sistema de construcción industrial prefabricado se puede ahorrar por lo menos un 10% en la etapa de obra gruesa.

4.2 DESVENTAJAS DEL USO DEL SISTEMA MODULAR EN COMPARACIÓN CON EL TRADICIONAL

4.2.1 Diseño

Construir viviendas modulares responde a una forma de construcción de tipo rompecabezas, donde todas las partes (módulos) deben cumplir un patrón de coincidencia para formar un todo (vivienda o edificación).

Combinar los módulos para construir una edificación limita el aspecto y forma que se le puede dar a esta. A menudo hay penalizaciones en los costos de diseño debido a la falta de experiencia en el diseño de soluciones modulares, o bien al posible rediseño requerido si el proyecto ha sido diseñado inicialmente para un enfoque tradicional.

A medida que la industria se adapta a la creación de diseños repetibles que se pueden usar y seguir mutando varias veces más, además con el desarrollo de herramientas digitales como el diseño automatizado, el costo probablemente disminuirá.

4.2.2 Eficiencia

La eficiencia es definida como una medida normativa de la utilización de los recursos en los procesos. En términos económicos, es una relación técnica entre entradas y salidas, es decir, es una relación entre costos y beneficios. Asimismo, la eficiencia se preocupa de los medios, métodos y procedimientos más indicados (the best way) que sean debidamente planeados y organizados, a fin de asegurar la utilización óptima de los recursos disponibles (personas, máquinas, materias primas) (Chiavenato Idalberto).

De acuerdo con los estudios realizados por el CCI, los sistemas industrializados presentaron niveles de ineficiencias mayores a los del sistema tradicional, 29% para sistemas prefabricados en madera y un nivel de 15% de ineficiencia con el sistema tradicional de construcción.

Las principales causas de las ineficiencias en obra del sistema industrializado en madera están asociadas a falta de supervisión, planificación y a la claridad en las actividades que desarrollaran los trabajadores. Durante el período de medición e indagación no se observó una clara secuencia de trabajo y tampoco se observó especificación de procesos por parte de las cuadrillas, es más, se asignaban las tareas a realizar durante el día dadas las urgencias que se tuvieran y no por

el seguimiento de un programa preestablecido. Además, se observó que los trabajadores se tomaban muchos tiempos ociosos por la falta de presencia de supervisión en terreno. Todo esto se puede explicar, en parte, a la rotación en el cargo de administrador de obra, lo que sucedió en 2 ocasiones durante el período que abarco las visitas realizadas a obra.

A pesar de los altos niveles de ineficiencias, los sistemas industrializados tienen mucho espacio para mejorar sus procesos. No así el sistema tradicional de albañilería.

4.2.3 Costo inicial de inversión

Los sistemas de construcción industrializados y así mismo el modular, necesitan para su funcionamiento y producción de edificaciones de un sitio de fabricación. Es por ello que el costo inicial de inversión es sumamente elevado a comparación de la construcción tradicional que no necesita de una fábrica, siendo un problema y una barrera para empresas con bajos activos o meramente nuevas en el rubro.

Un rango típico del costo de inversión es difícil de definir ya que está impulsado por el tamaño de la instalación y el nivel de automatización que se está implementando. Sin embargo, en países donde existe una cierta consolidación del sistema, la implementación basada en nuevas instalaciones recientes tiene un valor de entre $ 50 millones y $ 100 millones de rango razonable.

Hoy, los préstamos para proyectos que utilizan la construcción fuera del sitio tienden a ser más altos ya que es un concepto relativamente nuevo, y no siempre entendido completamente por la industria financiera. Lo importante de entender es que el tiempo es igual a dinero, la capacidad de acelerar los proyectos puede reducir los costos y generar a su vez más ganancias.

4.2.4 Cadena de suministros

Actualmente las cadenas de suministro están subdesarrolladas y fragmentadas, lo que significa una falta de estandarización entre los diferentes operadores. La deficiencia de operadores (mano de obra calificada) en el mercado laboral hace que el riesgo de quiebra sea aún más potente.

Por otro lado, la gestión de materiales para los diferentes métodos de construcción genera inconvenientes en los plazos y costos de las obras. La falta de stock de productos y materiales forma parte de las dificultades más comunes que viven las empresas constructoras de sistemas industrializados, debido principalmente a los grandes volúmenes y velocidades de construcción. No así el método tradicional, donde la mala gestión provoca la escasez de materias primas.

Sistema de Construcción / Índice Comparativo	Construcción Modular	Construcción Tradicional
Ahorro de Costos	- **Menor** costo directo. - **Menor** gasto general.	- **Mayor** del costo directo. - **Mayor** gasto general.
Ahorro de Plazos	- **Mejor** rendimiento de MO. - **Mejor** rendimiento de avance. - **Menor** tiempo efectivo de obra.	- Rendimiento de MO **inferior**. - Rendimiento de avance **inferior**. - **Mayor** tiempo efectivo de obra.
Seguridad	- **Menor** tasa de accidentabilidad. - **Menor** tasa de siniestralidad.	- **Mayor** tasa de accidentabilidad. - **Mayor** tasa de siniestralidad.
Calidad	- **Menos** HH para alcanzar una calidad homologable.	- **Más** HH para alcanzar una calidad homologable.
Sustentabilidad	- **Menor** producción de residuos en obra.	- **Mayor** producción de residuos en obra.
Diseño	- **Limita** la forma de la edificación	- **Sin limitación** a la forma de la edificación.
Eficiencia	- **Menos** eficiente.	- **Más** eficiente.
Costo inicial de inversión	- **Alto** costo de inversión inicial.	- **Bajo** costo de inversión inicial.
Cadena de suministros	- **Déficit** de MO especializada (operadores). - **Escasez** de materiales, por alto rendimiento.	- **Normal** abastecimiento de MO. - **Déficit** de materiales, por mala gestión.

Tabla 4-2: Resumen de las ventajas comparativas entre el sistema de construcción modular y construcción tradicional. Elaboración propia.

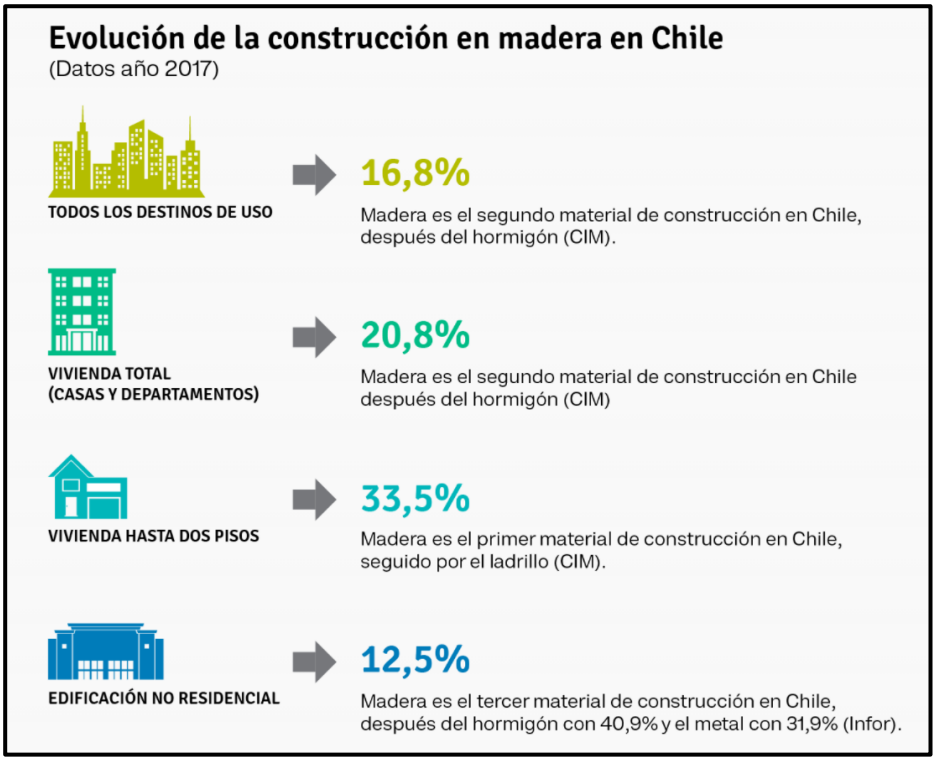
CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

5.1 La madera: Un material de construcción renovable

En el concierto internacional Chile, hasta el año 2018 ocupa el lugar 12 de producción de madera aserrada, con un volumen de 8,3 millones de m^3, sin embargo, la disponibilidad del recurso no se relaciona con el número de viviendas con estructura en madera que se construye anualmente.

El total de viviendas construidas el 2017 fue de 133.914 unidades, donde en solo el 20,8% se consideró a la madera como material predominante en su estructura (Figura 5-1). En contraste, la realidad nacional dista mucho de lo que sucede en países como Canadá y Estados Unidos, donde los porcentajes de su aplicación sobrepasa el 90%.

Figura 5-1: Panorama a nivel país sobre el uso de la madera en construcciones (2017). Madera21.



En el país, la construcción en madera se concentra en la zona sur. Más del 50% de las edificaciones que se encuentran entre las regiones de la Araucanía y Magallanes están construidas a partir de algún derivado de esta materia prima (Soto Daniel, 2018).

En cuanto a su impacto en el medio ambiente, la madera es el único material de construcción cuyo uso ayuda a reducir el CO2 de la atmósfera, contribuyendo de esta manera a mitigar el cambio climático. Esto la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono (Gráfico 5-1).

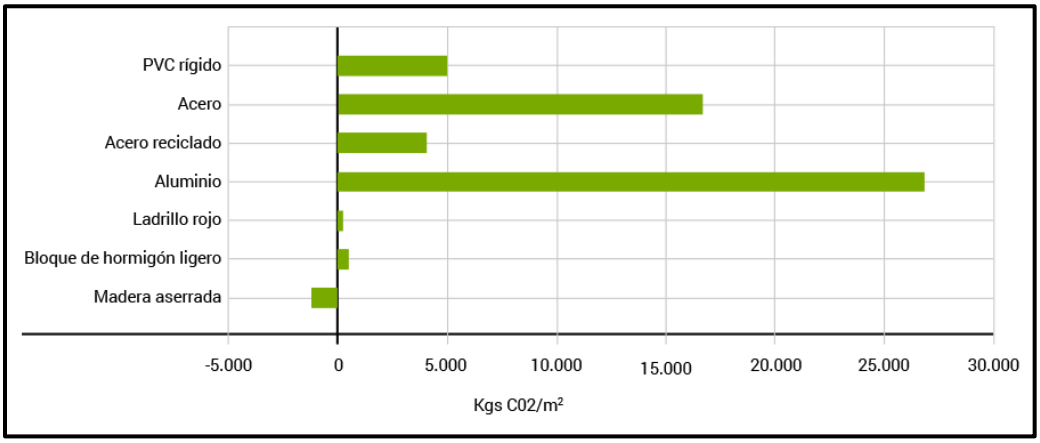
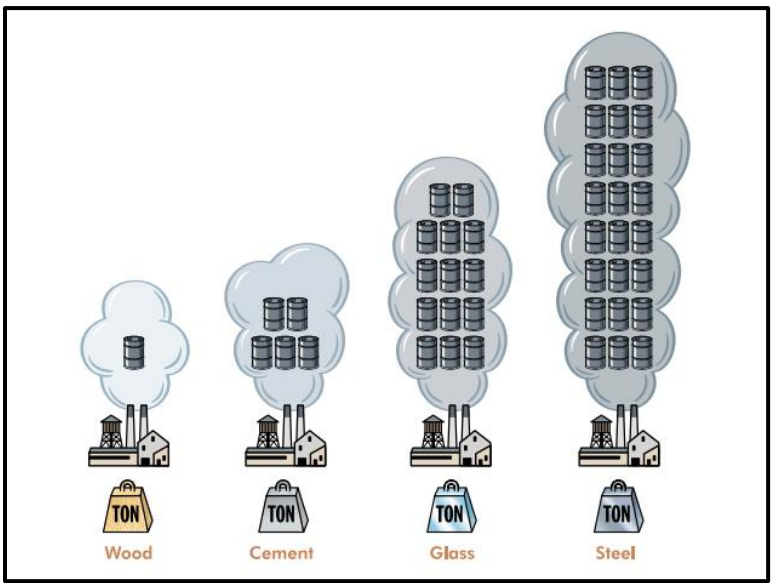


Gráfico 5-1: Comparación del C02 producido por diferentes materiales (emisiones netas de CO2, incluido el efecto sumidero de carbono). CEI-Bois.

A diferencia de otros materiales como el hormigón, el ladrillo, el metal y el fibrocemento, la madera es un material natural que, después de extraído, puede ser repuesto cuantas veces sea necesario. La mayor parte del material se obtiene de fuentes renovables, siendo su extracción y manufactura la que consume menos energía.

Según información de la APA – The Engineered Wood Association (Figura 5-2), toma cinco veces más energía producir cemento, 14 veces más para producir vidrio y 24 veces más para producir acero, con respecto a la energía necesaria para producir madera. Todo esto debido a las grandes cantidades de energía proveniente de combustibles fósiles y altísimas temperaturas que se requieren alcanzar para producir esos materiales.

Figura 5-2: Comparación de la cantidad de energía necesaria para producir una tonelada de madera, cemento, vidrio y acero. APA – The Engineered Wood Association.



Como material de construcción, la madera presenta numerosas cualidades que la hacen una excelente opción de elección por sobre otros materiales. Presenta las siguientes características constructivas:

1. **Buen desempeño antisísmico.**

Las soluciones constructivas basadas en madera pueden presentar un desempeño similar o incluso superior al de otros materiales frente a un movimiento telúrico. Considerando que las fuerzas en un sismo son proporcionales al peso de las estructuras que las reciben, las construcciones basadas en madera son entre seis y nueve veces más livianas que las de albañilería u hormigón por lo que están expuestas a impactos menores que otras de materiales más pesados.

También, gracias a sus numerosas conexiones por medio de clavos, tornillos y demás fijaciones, los sistemas constructivos basados en madera correctamente diseñados logran disipar mejor las energías que surgen repentinamente durante un sismo. Esto las hace más flexibles y menos susceptibles a colapsar si alguna de las partes de la estructura falla.

2. **Resistencia al fuego.**

Una construcción de madera puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad frente a un incendio y suficiente resistencia al fuego como para evitar que este se propague y ocurra una falla estructural. Al comportarse de manera más predecible, sus ocupantes pueden contar con un margen de reacción más amplio que en construcciones de otros materiales que tienden a colapsar más rápida y repentinamente.

Todos los materiales sufren algún grado de daño cuando son expuestos a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). De llegar a inflamarse, su baja conductividad térmica hace que se queme muy lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que protege la parte interna y conserva sus propiedades estructurales por más tiempo.

Actualmente, el mercado ofrece una serie de productos retardantes que mejoran significativamente el comportamiento de la madera ante el fuego.

3. **Excelente aislación térmica.**

La madera debido a su porosidad y cavidades presentes en su estructura celular posee una baja conductividad térmica, lo que la convierte en un excelente aislante. Combinada con otros materiales como fibra de vidrio o lana mineral, una construcción de madera puede satisfacer los requerimientos de aislación térmica de una vivienda incluso en climas extremos.

La propiedad aislante de la madera permite que sea 6 veces mejor que el ladrillo, 15 veces mejor que el hormigón armado, 400 veces que el acero y 2.000 veces mejor que el aluminio. El desempeño de acuerdo con un espesor de la estructura de 8 cm de CLT (Cross Laminated Timber) es equivalente al que se puede alcanzar con 100 cm de hormigón y con 30 cm de ladrillo perforado (Gráfico 5-2).

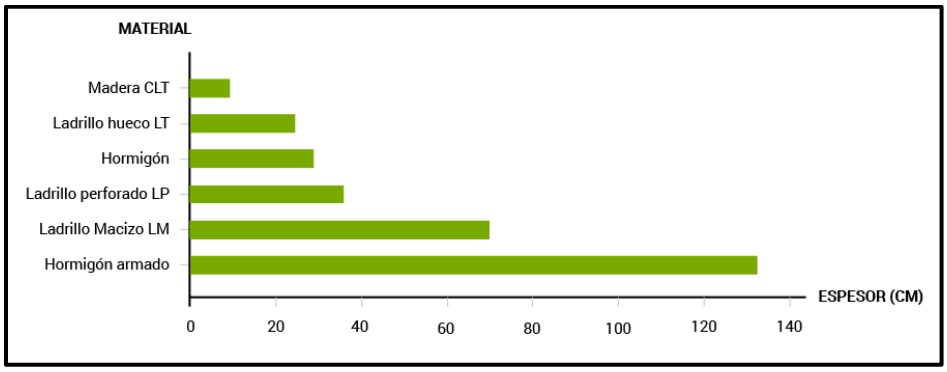


Gráfico 5-2: Comparación del desempeño de la aislación térmica de materiales según el espesor de la estructura. Madera21.

4. **Buen desempeño en construcción en altura.**

Gracias a los nuevos materiales y soluciones estructurales desarrollados por la industria, hoy construir en altura con madera es una opción segura y eficiente que gana terreno en Norteamérica, Europa, Australia y Nueva Zelanda.

Los edificios altos de madera han surgido como una alternativa cada vez más factible, y mucho más sostenible a la tradicional construcción en hormigón y acero. Las respectivas huellas de

carbono asociadas con los edificios altos de madera son relativamente pequeñas, en particular con la utilización de madera de origen local y forestalmente responsable.

Para esto se utilizan paneles sólidos conformados por múltiples capas de tablas colocadas en distintas direcciones, sistema que optimiza la resistencia de las fibras. Entre los más comunes están el LSL (Laminated Strand Lumber), el LVL (Laminated Veneer Lumber) y el CLT (Cross Laminated Timber) (Figura 5-3).

Figura 5-3: Paneles de madera utilizados en construcciones de edificaciones en altura. Elaboración propia.

Solo en los últimos cinco años se han levantado en el mundo más de 17 edificios de siete pisos o más (Figura 5-4). La mayor parte de las edificaciones se concentran en el continente europeo, donde además se proyecta realizar en París un edificio de 35 pisos de altura: el denominado "Baobab", a cargo del reconocido arquitecto Michael Green, líder mundial en la promoción de rascacielos en madera (Tallwood Design Institute, 2018).

Figura 5-4: Evolución de edificios de madera en altura durante los últimos cinco años. ReThink Wood.

5. **Aislación acústica.**

Así como su capacidad térmica, la estructura celular porosa de la madera brinda la una capacidad natural para amortiguar las vibraciones sonoras. Su desempeño como aislante acústico se puede potenciar utilizando capas de materiales absorbentes como fibra de vidrio, lana mineral o yeso.

6. **Rapidez en la ejecución.**

Por la ligereza del material y la realización en seco de las faenas, el montaje de sistemas constructivos basados en madera es más rápido que la edificación con otros materiales. Se estima que construir con madera puede llegar a hasta 50% más rápido, dependiendo de si se trata de una vivienda in situ o una industrializada. En el caso del Stadthaus, el edificio residencial en madera más alto del mundo, construido en Londres con paneles prefabricados, se calcula un ahorro de tiempo del 30% en comparación con lo que habría demorado una obra de similares características en hormigón.

5.2 Siding fibrocemento: Alternativa popular

El origen del fibrocemento se remonta a 1900, cuando un ingeniero Austriaco llamado Ludwig Hatscheck fabricó planchas de fibrocemento con amianto como fibra de refuerzo. Sin embargo, estudios recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) comprobaron que todos los tipos de amianto, también conocidos como asbesto, causan cáncer de pulmón, mesotelioma, cáncer de laringe y de ovario y asbestosis. Debido a lo anterior, se ha dejado de utilizar el asbesto o amianto en todos los productos de la construcción, ya que se comprobó que tenía efectos dañinos para la salud, tanto para los trabajadores como en los habitantes.

A lo largo del tiempo la madera ha sido relegada y reemplazada por materiales con mayor durabilidad, de fácil mantención e incluso de menor costo, sin embargo, la mejoría constructiva en algunas cualidades no es representada en aspectos de sustentabilidad.

El revestimiento de fibrocemento llegó a chile como una de las mejores opciones de sustitución y simulación de la madera. Está compuesto por una mezcla homogénea de madera, arena, agua y cemento, fabricación que está regida por la normativa chilena NCh 186/1 Of. 86.

La popularidad de este material surge al considerarse un material amigable con el medio ambiente, principalmente por el uso de madera reciclada como uno de sus componentes principales y el bajo consumo de agua requerido durante su producción (James Hardie Industries, n.d.).

El proceso de producción del fibrocemento no conlleva un consumo alto de energía, pero al tratarse de un material compuesto, la fabricación de uno de sus combinados si lo hace. El cemento Portland utilizado como aglutinante, en su elaboración para mezclar las materias primas (caliza, sílice, alúmina y óxido de hierro) se necesita alcanzar temperaturas entre 1400 y 1650 °C en un horno rotatorio.

Actualmente en Chile las políticas medioambientales sobre los residuos de demolición y construcción (RCD) no contemplan la obligatoriedad de destinarlos a ser reciclados. Un ejemplo de ello es el fibrocemento, donde el material sobrante de una instalación o demolición es derivado directamente a algún vertedero, sin realizar un proceso de intento de reutilización del material. No así en, Estados Unidos y los países pertenecientes a la Unión Europea donde están un paso más adelante en materia de reciclaje. Con evidencia industrial, así como por estudios fundamentales, los residuos del fibrocemento han sido reutilizados en la harina cruda de Clinker Portland.

Aún se están realizando estudios que apuntan a otras posibles rutas valiosas de reciclaje para el fibrocemento, pero está claro que, para maximizar la tasa de reciclaje de los residuos debe

existir una cartera suficientemente diversa de rutas disponibles, con el fin de permitir soluciones que sean técnicamente factibles (logística y económicamente) (Van Der Heyden Luc, 2010).

Si bien existen falencias e impactos medio ambientales que se originan en la producción del material, el proceso y la combinación de materiales le permite una superioridad en las características constructivas, estas se detallan a continuación:

1. **Resistencia al fuego.**

La composición del fibrocemento le otorga la característica de material ignífugo, lo que significa que sus componentes funcionan como perfectos interceptores del fuego, siendo capaces de resistir y de soportar todo tipo de incendios. El organismo de normalización español (UNE) clasifica la resistencia al fuego del fibrocemento como un material ***no combustible con grado menor al fuego, una velocidad y cantidad de emisiones bajas de producción de humo, y sin producción de gotas y/o partículas*** (A2-s1, d0). Nomenclatura equivalente en Alemania para la Euroclass UNE-EN 13501-1 como material no inflamable, siendo la mejor clasificación que se puede alcanzar (ENDUTEX, 2018).

2. **Excelente aislación térmica.**

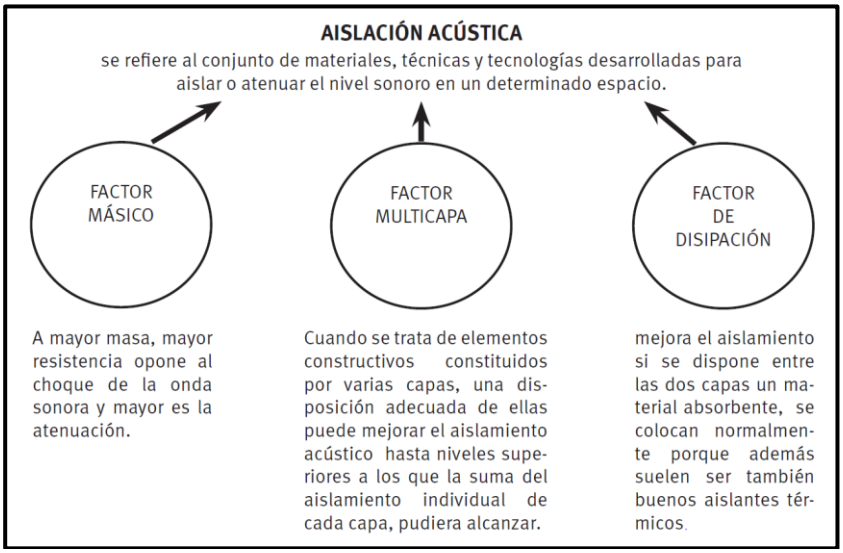
Tiene una conductividad térmica buena de 0.15 W/(m·K), pero en lo que respecta a la capacidad de aislación es bastante bajo (R=0.53 K/W). No obstante, la forma de instalación crea una estructura de fachada ventilada de unos 3 cm, que le llega a conferir a la estructura un aislamiento térmico (R) adicional de 1,68 m2 K/W.

3. **Aislación acústica.**

El fibrocemento es un excelente aislante acústico. Es un material de aislación sonora que, básicamente permite dividir mediante barreras físicas el sector que contiene a la o las fuentes sonoras del que se desea proteger, de tal manera que constituyan recintos estancos.

Una buena aislación acústica depende de tres factores (másico, multicapa y de disipación) (Figura 5-5). El fibrocemento al igual que la madera, logra potenciar su aislación a través de una configuración por capas formadas con materiales absorbentes (Fernández Rebeca, 2013).

Figura 5-5: Factores para lograr una mejor configuración de aislación acústica. Escuela de Arquitectura y Diseño PUCV.



4. **Resistente a la putrefacción y condiciones climáticas duras.**

El fibrocemento no se pudre y dura más que los materiales de revestimiento tradicionales, además no contiene ningún metal por lo que no se oxida.

Es un material que resistente todo tipo de condiciones climáticas, desde heladas severas, lluvias torrenciales, hasta altas temperaturas y luz solar directa. Características que lo hace tener un excelente costo-beneficio.

5. **Rapidez en la ejecución.**

Es un material de construcción ligero, con una faena de instalación seca y fácil de trabajar (cortar, perforar y fijar). No obstante, es algo delicado por lo que puede romperse durante la instalación si no se maneja con cuidado.

Material / **Índice Comparativo**	**Madera**	**Siding Fibrocemento**
Durabilidad	- Duración mínima de 50 años, realizando el mantenimiento correspondiente. - Capa de pintura cada 3-5 años.	- Duración mínima de entre 30-50 años. - Capa de pintura cada 5-10 años.
Resistencia al fuego	- Hasta los 250°C.	- Material ignífugo.
Aislación térmica	- Buen aislante térmico.	- Buen aislante térmico, si se le dispone con una instalación especial.
Aislación acústica	- Buen aislante acústico.	- Buen aislante acústico.
Resistencia a agentes	- Debe ser sometida a tratamiento para aumentar su resistencia al moho, putrefacción e insectos.	- Resistente al moho, putrefacción e insectos.
Instalación	- Su peso depende del tipo de especie. - Material versátil. - Fácil	- Material de construcción ligero. - Puede romperse con facilidad al ser instalado.
Impacto ambiental	- Puede ser reciclado, sin ninguna restricción.	- Su reciclaje no es aplicado en Chile. - Donde lo es, la cartera de elección de reciclaje es muy limitada.

Tabla 5-1: Resumen comparativo del uso de la madera y el fibrocemento como revestimiento estructural. Elaboración propia.

CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN PROYECTO VIVIENDA MODULAR Y TRADICIONAL

Previo a la realización de la evaluación económica, se elabora el proyecto de una vivienda unifamiliar aislada, basado en la correcta adecuación para un diseño de construcción de tipo modular. Se ha elegido la región de la Araucanía como ubicación del proyecto, particularmente la zona lacustre que está comprendida por las comunas de Villarrica, Pucón y Curarrehue.

La información empírica obtenida de las diferentes fuentes descritas en los puntos evaluados con anterioridad, proporcionan un sin número de antecedentes que permiten abordar, diferenciar y comparar la ejecución del proyecto de acuerdo con una modalidad tradicional y modular.

6.1 Descripción vivienda modular

6.1.1 Generalidades

La vivienda estudiada está compuesta por 5 módulos, que una vez ensamblados conforman una vivienda de 65 m^2, dispuestos en un nivel.

Cada uno de los módulos tiene una determinada distribución y características, descritas a continuación:

- Cocina + Loggia: Consiste en un módulo de 5 metros de largo x 2,5 metros de ancho x 2,4 metros de alto. El sector de la cocina tiene una superficie de 11,6 m^2, mientras que la loggia cuenta con 7,2 m^2.
- Living + Comedor: Consiste en un módulo de 7 metros de largo x 2,5 metros de ancho x 2,4 metros de alto. Tanto el living como el comedor comparten un único espacio, con una superficie total de 16 m^2.
- 2 Dormitorios + 1 Baño: Consiste en un módulo de 7 metros de largo x 2,5 metros de ancho x 2,4 metros de alto. Cuenta con dos dormitorios con una superficie de 5,75 m^2 cada uno, un baño de 2,23 m^2 y un área libre de libre tránsito de 1,45 m^2.
- 1 Dormitorio + 1 Baño: Consiste en dos módulos de 3,5 metros de largo x 2,5 metros de ancho x 2,4 metros de alto cada uno, los cuales al ser unidos conforman un área de 12,64 m^2 correspondiente al dormitorio y 6,8 m^2 para el baño.

6.1.2 Obras preliminares

Previo al ensamblaje de los módulos se debe preparar el suelo donde se va a edificar, para ello se considera realizar rebajes (escarificación) y limpieza, relleno y compactación con grava. Por último, se dispone a colocar los apoyos y estructura soportante de la vivienda, esto con apoyos de hormigón 10x25x50 cm y una red de vigas maestras de Coigue nativo 2x4'' impregnadas con carbolineo para protegerlas de la putrefacción.

6.1.3 Obra Gruesa

La estructura de la edificación es construida en una fábrica usando la metodología de construcción prefabricada. La obra gruesa se divide en tres grandes etapas; estructura piso, estructura tabique y estructura techumbre, esto para cada uno de los tipos de módulos mencionados.

- Estructura piso.

Es realizado un entramado de madera nativa de roble 2x4’’, unidas entre sí con soportes para vigas de madera de dichas dimensiones. Sobre la estructura son colocadas planchas de OSB estructural 15 mm x 1.22 x 2.44 m con el fin de dejar situadas las soleras de amarre de roble nativo 2x2’’ para luego donde corresponda, fijar los tabiques.

- Estructura tabique.

Se tienen cuatro configuraciones diferentes para los tabiques según su ubicación y el tipo de revestimiento que necesitan. Están los tabiques exteriores e interiores con revestimiento de OSB, y tabiques exteriores e interiores con revestimiento Yeso-Cartón. La fijación de estos en las soleras es mediante Clavos helicoidal pallet 2", y la unión de tabiques exterior – exterior es realizada con Tornillos Turbo Screw Punta Fina Calibre 6 x 120 mm de largo en forma vertical, mientras que entre tabiques interior – exterior con tornillos del mismo calibre, pero de largo 100 mm (Figura A- 12 y Figura A- 13).

- Estructura techumbre.

La estructura del techo de la vivienda está compuesta por una base de entramado, cerchas con distanciamiento de 1 m entre ellas y pendiente i = 4:12 cada una. La sección de la cubierta, sobre las cerchas lleva tableros de OSB estructural de espesor 15 mm en disposición horizontal, con una dilatación de 5 mm. Esta configuración permite prescindir del uso de costaneras en la estructura (Figura A- 14, Figura A- 15 y Figura A- 17).

6.1.4 Terminaciones

La terminación para el cielo en lugares húmedos (baño, cocina y loggia) es realizada con planchas de yeso-cartón RH pintadas con esmalte sintético. Mientras tanto, el resto de la vivienda (dormitorio, living y comedor) es construido con machimbrado nativo de raulí y un acabado en barniz.

Las paredes del interior de la vivienda sometidas a la humedad son revestidas con cerámica, mientras que en las demás áreas es usado machimbrado nativo de raulí. Los traslapos de madera nativa son elegidos para el revestir exterior. Por último, en pavimentos es usado porcelanato en sus distintas dimensiones y tipos, como lo detalla la Figura A- 3.

6.1.5 Logística

- En lo que respecta a la Obra gruesa, al rendimiento de mano de obra se le es aplicado un factor equivalente al doble de rendimiento en relación con la construcción de manera tradicional. Decisión tomada en base al estudio realizado por la CCI.
- La secuencia constructiva de la construcción modular permite realizar faenas en paralelo. La forma de construcción se subdivide entre los diferentes módulos existentes (Figura A- 27).
- De acuerdo con la programación de obra construida con el sistema modular demoraría 59 días.
- En cuanto a los gastos generales, el solo de hecho de ensamblar los módulos en una construcción industrializada reduce considerablemente los tiempos y costos en obra, no se requiere instalación de faena, el pago de alojamiento y alimentación es el mínimo, al igual que el transporte de personal de ser necesario (Tabla A - 77).

6.2 Descripción vivienda tradicional

6.2.1 Generalidades

La forma y los metros cuadrados construidos para el proyecto modular y tradicional son iguales, difiriendo ambos proyectos en la materialidad de la obra gruesa y terminaciones, además de la logística empleada en la ejecución de los trabajos.

6.2.2 Obras preliminares

A diferencia del sistema de construcción modular, el sistema tradicional necesita una instalación de faena en el sitio de construcción. Se estima el uso de un container destinado a oficina y otro como casino, además de disponer de un generador eléctrico durante todo el proyecto.

Previo a comenzar con la edificación del proyecto es necesario preparar el terreno. Se deben realizar rebajes (escarificación) y limpieza, relleno y compactación con grava. Se utilizan soportes de hormigón 10x25x50 cm como fundaciones y madera de pino impregnado 2x4" para las vigas maestras.

6.2.3 Obra Gruesa

Los trabajos se dividen secuencialmente en tres grandes faenas (estructura de piso, tabiques y techumbre) ejecutadas in situ, por ende, se realiza con una metodología de trabajo diferente al sistema modular, al igual que el uso de materiales, según proyecto.

- Estructura piso.

El entramado es realizado con madera de pino impregnado 2x4", unidas con soportes metálicos. Sobre la estructura se colocan planchas de OSB estructural 15 mm x 1.22 x 2.44 m para situar posteriormente los tabiques y el resto de la estructura.

- Estructura tabique.

Ambos sistemas comparten las mismas configuraciones de la estructura de tabiques, cambiando sólo la madera nativa 2x3’’ por pino impregnado cobre micronizado 2x3'' (Figura A- 9 y Figura A- 10)

- Estructura techumbre.

La estructura y cubierta del techo la de la vivienda, comparte la misma configuración y detalle de dimensiones que el proyecto modular (Figura A- 14, Figura A- 15 y Figura A- 17), cambiando solo el tipo de madera utilizado, de especie nativa a pino impregnado.

6.2.4 Terminaciones

La terminación del cielo en lugares húmedos (baño, cocina y loggia) es con planchas de yeso-cartón RH pintadas con esmalte sintético. El cielo de los demás sectores de la vivienda es de machimbrado de madera de pino con un acabado de barniz (Figura A- 4).

Para el revestimiento de las paredes de los dormitorios, living y comedor son utilizadas planchas de fibrocemento de dimensiones 1,2x2,4 m con diseño listoneado. Mientras tanto las secciones sujetas a la humedad son revestidas con cerámica. En el exterior de la vivienda es usado siding fibrocemento como revestimiento.

6.1.5 Logística

- Una construcción tradicional debe seguir una secuencia constructiva rígida. En el caso del proyecto evaluado las faenas de movimiento de tierra, fundaciones, estructura de piso y tabiques, techumbre, terminaciones en general, e instalaciones sanitarias y eléctricas en el respectivo orden, cada una de las partidas es dependiente de su antecesora por lo que cambiar el orden e inicio de la programación no es una buena opción.

- De acuerdo con la programación de obra construida con el sistema modular demoraría 87 días (Figura A- 28).
- En cuanto a los gastos generales, se requiere instalación de faena, el pago de alojamiento, alimentación y transporte de personal de ser necesario, esto se detalla en la Tabla A - 78.

6.3 Comparación construcción vivienda modular y tradicional

Sistema de Construcción / **Índice Comparativo**	**Construcción Modular**	**Construcción Tradicional**
Costo Directo	- **$28.745.509.-**	- **$24.193.664.-**
Gastos Generales	- **$1.116.710.-** - **4%** del CD.	- **$8.481.377.-** - **35%** del CD.
Costo Final	- **$37.930.541.-**	- **$40.898.630.-**
Plazo de construcción	- **59 días.**	- **87 días.**

Tabla 6-1: Comparación económica del proyecto construido con sistema modular y tradicional. Elaboración propia.

Debido a que se han usado materiales de menor costo en la evaluación de la construcción tradicional, ésta tiene un costo directo más bajo ($4.551.845 menos). Sin embargo, la metodología de trabajo provoca que los gastos generales sean más altos que en la construcción modular, existiendo en términos porcentuales una variación de 31% correspondiente a $7.364.667. Finalmente, los datos anteriores resultan en un costo final del sistema modular menor en $2.968.089 en comparación con el sistema tradicional.

6.2 ANÁLISIS MEDIO AMBIENTAL

Según lo estudiado se ha podido percibir que, el sistema de construcción y el tipo de material escogido para construir la vivienda, son las dos principales variables capaces de lograr una construcción más sustentable.

Gracias a la materialidad de la vivienda construida con el sistema modular, gran parte de los residuos generados son posibles ser reutilizados. En cambio, la producción de desechos originada por el fibrocemento en la construcción tradicional, al presente, son enviados directamente a vertederos, sin existir la opción de reciclaje.

De acuerdo con los datos acerca de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en fase de ejecución de los trabajos, se estima y extrapola un valor promedio de 0,27 m^3 de escombros por m^2 construido para calcular la los RCD producidos por la construcción tradicional. Por otro lado, el estudio realizado por el PMG Business Improvement y el Idiem (PMG Business Improvement, Idiem, 2018) expresa que las construcciones industrializadas en el país producen entre 3 y 3,5 veces menos residuos que de forma tradicional.

En base a lo anterior se estima que el sistema de tradicional de construcción para este caso generaría una cantidad de 17,55 m^3 de residuos. Mientras tanto, el sistema modular de construcción en el mejor de los casos producirá 3,5 veces menos residuos, cuyo valor, por lo tanto, es de 5 m^3.

CAPÍTULO 7: DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN CHILE

El último tiempo, en el mercado asociado a la sustentabilidad se aprecia un alto nivel de iniciativas respecto a la concientización y difusión de la edificación sustentable, con foco en el usuario final. En esta línea, se han llevado a cabo en Chile acciones de promoción de materiales sustentables y certificaciones, como por ejemplo la Declaración Ambiental de Productos de la Construcción (DAPCO), ECOBASE, Certificación Nacional Edificio Sustentable (CES) y Manual de Construcción Sustentable (MINVU). Edificaciones privadas y públicas han adoptado voluntariamente procesos de certificación motivados por el ahorro de costos de operación, mantención, y relación con grupos de interés, y existe un alto nivel de excelencia de la ingeniería estructural, tecnologías y sistemas antisísmicos.

Corfo ha impulsado un programa llamado Construye2025, que busca transformar al sector construcción desde la productividad y la sustentabilidad, para lograr un desarrollo nacional impactando en forma positiva en los ámbitos social, económico y medio ambiental.

El programa es un referente estratégico para la construcción, une y articula a los sectores público, privado y la academia para trabajar en iniciativas de largo plazo para una industria más sustentable, productiva y competitiva (Construye2025, n.d.).

Adicionalmente a la visión y aspiraciones del programa, se han definido 7 objetivos centrales:

- Transformar a la industria nacional en un referente internacional.
- Mejorar la competitividad del sector construcción.
- Aumentar la productividad del sector.
- Mejorar la salud y bienestar de los usuarios de la edificación.
- Minimizar el impacto que genera el proceso constructivo de una edificación.
- Reducir el consumo de energía de las edificaciones.
- Desarrollar la industria de proveedores y servicios.

Para abordar y guiar al programa a cumplir los objetivos propuestos se establecen cuatro ejes estratégicos; una industria más productiva, una industria que produce edificaciones sustentables, una industria que potencia la innovación y el uso de nuevas tecnologías, y una industria que desarrolla productos, servicios y talentos exportables.

7.1 Eje estratégico: Una industria más productiva

El sector de la construcción ha presentado un crecimiento nulo a nivel país en términos de productividad laboral durante el período 1987-2012, en comparación con la productividad de todos los demás sectores productivos, los cuales en promedio han crecido 2,6% en este período.

Con el fin de monitorear el logro de una industria más productiva, se establecen dos indicadores de seguimiento, una relacionada con la productividad laboral en el sector de la construcción (PIB/trabajadores) y otro relacionado a los costos de construcción.

Un estudio reciente elaborado por McKinsey determinó que la productividad laboral del sector de la construcción en Chile para el año 2011 es en promedio 48 m^2/HH, mientras que en

Estados Unidos es de 100 m^2/HH. Esta brecha se justifica debido al poco uso de materiales prefabricados y a bajos niveles de eficiencia operacional.

Por otro lado, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) calcula y proyecta el índice de costos de edificación (ICE), que corresponde al costo de construir una propiedad residencial básica de una planta, con una superficie construida de 70 metros cuadrados. Para su cálculo, el indicador se descompone entre Materiales, Sueldos y Salarios, y Misceláneos.

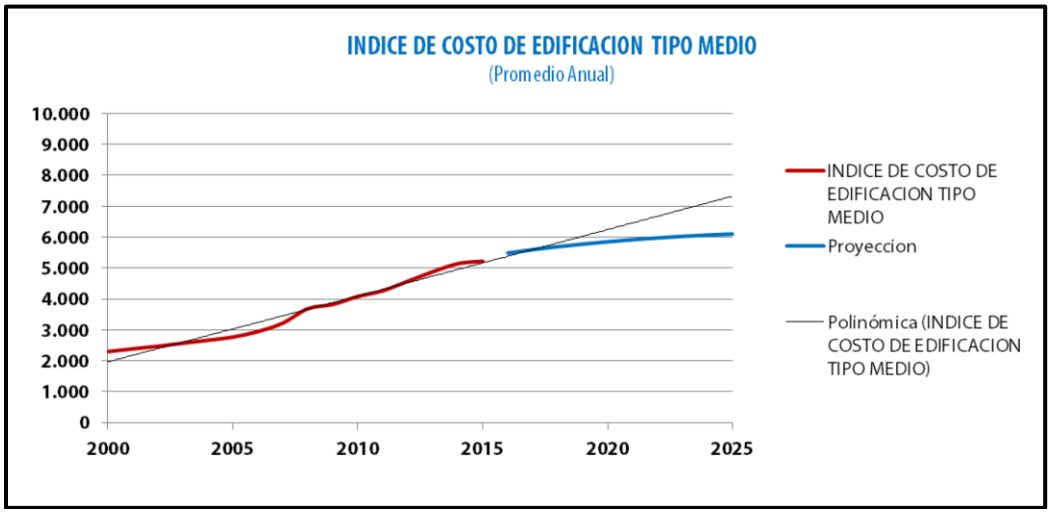


Gráfico 7-1: Índice de costos de edificación entre los años 2000 y 2025. Hoja de ruta PyCS 2025.

En el gráfico, la línea roja marca la tendencia sostenida de crecimiento del índice, mientras que la línea azul muestra la proyección de crecimiento con una menor pendiente en base a un supuesto de reducción de costos del 20% anual.

La mejora en la productividad y costos de construcción se planea realizarlo mediante la incentivación del uso e implementación de metodologías eficientes de gestión de la construcción, como lo son la construcción lean, BIM, entre otros.

7.2 Eje estratégico: Una industria que produce edificaciones sustentables

Incorporar sustentabilidad al sector de la construcción permite optimizar el valor del activo inmobiliario y reducir costos de operación y mantención, junto con disminuir tanto las emisiones de carbono como otros impactos ambientales y el acceso a edificaciones de mejor estándar para los usuarios.

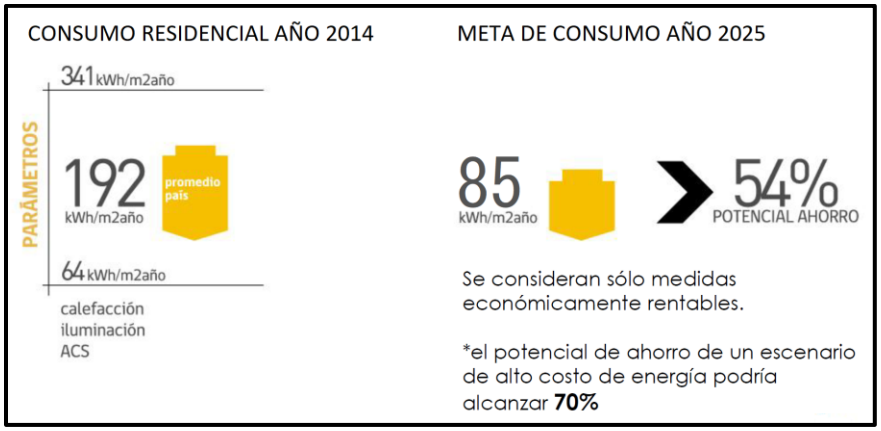
El indicador de Market Share Edificaciones Sustentables, representa el porcentaje del total de la construcción nueva en Chile asociado a la sustentabilidad. Según cálculos de la CDT para el año 2012, se estimó una inversión total de 160 MM USD en edificaciones con características sustentables correspondiente sólo al 1,5% de las edificaciones del país, mientras que el total de la inversión en edificaciones fue de 10.640 MM USD. Como meta para el 2025 se quiere conseguir que el 20% de las edificaciones nuevas cuenten con certificación de sustentabilidad.

Por último, con respecto a la demanda energética nacional se pretende disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero emitidas por el parque de edificaciones de carácter comercial, público y residencial (CPR), expresado en millones de toneladas de CO_2 equivalente. En Chile el consumo final de energía está determinado por 4 grandes sectores, el industrial – minero (38%), transporte (33%), residencial – público – comercial (26%), energético (3%). Del 26% de

energía que consume el sector residencial-comercial-público, el 79% es consumo residencial. Estos consumos energéticos son utilizados principalmente a nivel país para Calefacción (56% del consumo total en la vivienda), Agua caliente sanitaria (18%) y Cocina (8%) (Fundación Chile, 2013).

Dado el consumo actual residencial (promedio país), y en base a medidas impulsadas como parte de iniciativas como el CEV (Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile) y el propio PyCS, se propone como meta lograr un consumo de 85 kWh/m_2 promedio año al 2025 (Figura 7-1).

Figura 7-1: Consumo de energético residencial en el año 2014 y el deseado para el 2025. MINVU – Sistema de clasificación energética de viviendas en Chile.



MAPS Chile realizó una investigación donde se incluye la línea base de emisiones de GEI 2013-2030, construida a partir del estudio de los siete sectores más relevantes en términos de emisión y captura en el país, entre ellos el CPR. En cuanto a los resultados, en el año 2012, el sector CPR representa aproximadamente el 6% de las emisiones directas de GEI del país. Las emisiones de CPR son originadas principalmente por el subsector residencial (cerca de un 60% del total) y el subsector comercial que ha tenido un aumento considerable en el consumo energético, alcanzando un 42% del total de emisiones del sector CPR (MAPS Chile - Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

Dadas las medidas de mitigación derivadas del MAPS, los esfuerzos de la agenda Energía2050 y los impactos de las iniciativas propias del PyCS, como el incentivo del uso de energías renovables (solar y eólica), tecnologías específicas de disminución de carbono y materiales de construcción amigables con el medio ambiente, se plantea como meta reducir en un 30% las emisiones de GEI del sector CPR al 2025.

7.3 Eje estratégico: Una industria que potencia la innovación y el uso de nuevas tecnologías

La investigación y desarrollo (I+D), es una de las brechas tecnológicas más notorias identificadas entre Chile y los países de la OCDE, con sólo un 0,39% del total del PIB, versus un 2,40% como promedio. Más aún, el 2013 el gasto en I+D por parte de las empresas en el sector construcción representó sólo un 0,5% del total del gasto país, totalizando 906 millones de pesos. Esto se ubica muy por debajo de los sectores manufacturero, minero y agrícola, los que en conjunto significan un 56% de la inversión total. La realidad nacional versus la experiencia internacional indica que a nivel central deben focalizarse los esfuerzos en acortar las brechas macro en cuanto a patentamiento y cantidad de centros de investigación y pilotaje para nuevas tecnologías.

La necesidad de coordinación y alineamiento entre el sector público, privado y académico en desarrollar una oferta formativa que vaya en línea con los objetivos y las proyecciones tecnológicas del Programa, es indispensable para el desarrollo de mano de obra calificada en el país.

Por otro lado, se requiere del desarrollo de un Centro de investigación aplicada que produzca tecnología para la mejora de procesos y productos de la industria de la construcción, que actuará como un puente tecnológico entre los actores públicos, privados y la academia, articulando sus demandas de tecnología para resolver los problemas que enfrentan los clientes, inversionistas y empresarios de la industria de la construcción mediante la investigación aplicada e impulsará la puesta en marcha de negocios y emprendimientos que impliquen el uso de nuevas tecnologías en el sector construcción.

En términos generales, se han planteado dos objetivos primordiales para el desarrollo y potenciación de la innovación, y uso de nuevas tecnologías. El primero tiene relación con el incremento anual de inversión privada en I+D del sector de la construcción, aumentando en un 20% (10 MMUSD) desde el 2016 a 2025 este índice. Y por último, alcanzar una tasa de innovación del 50% en las empresas ligadas al rubro de la construcción.

7.4 Eje estratégico: Una industria que desarrolla productos, servicios y talentos exportables

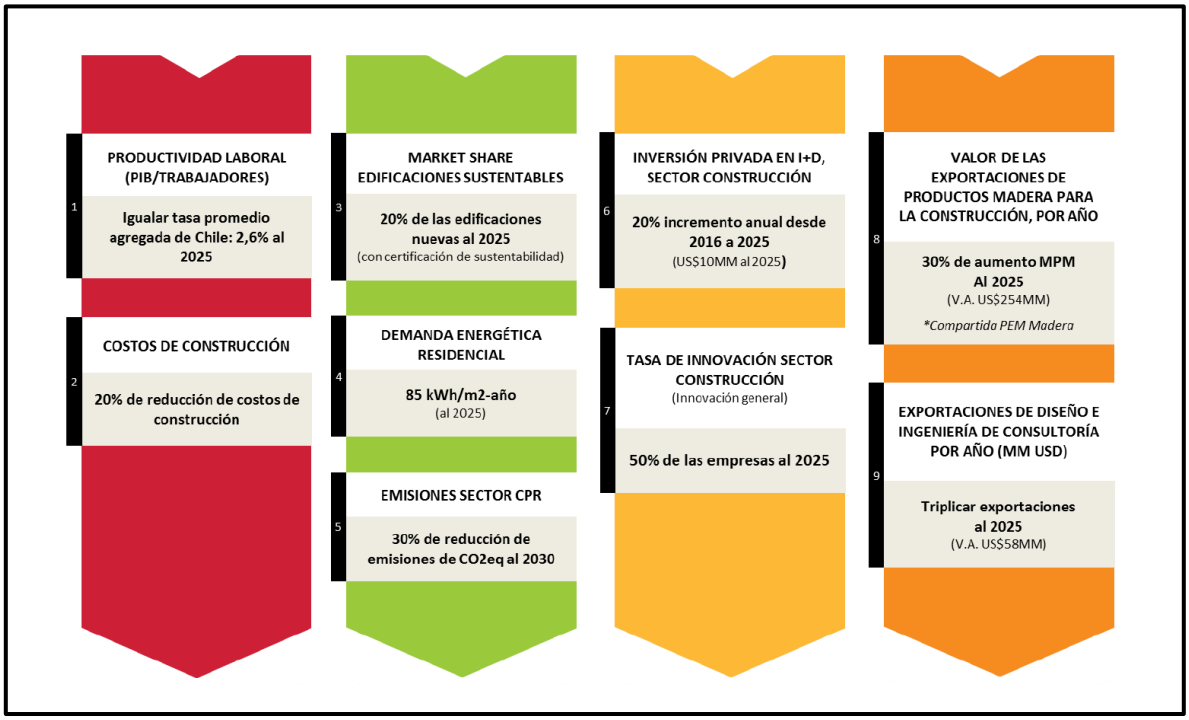
Se espera que Chile sea un líder regional en términos de productividad y construcción sustentable, para lo que se definieron acciones concretas que permitan consolidar una posición en esta dirección.

- Generar las capacidades del sector construcción para ser un referente regional en productividad y sustentabilidad.
- Desarrollar la industria de proveedores de productos y servicios para la construcción, que permitan la exportación de bienes.
- Realizar acciones de comunicación y difusión de las capacidades nacionales en países de la región.

Para el año 2013 las exportaciones del subsector Maderero Pyme (definido para estos efectos como empresas con ventas bajo 26 millones de USD a nivel de grupo al cual pertenecen) y de la Mesoregión del Maule, Biobío, Araucanía y Los Ríos denominado MPM, abarcaba 127 MUSD (millones de dólares) anuales, lo cual representa el 0,2% de las exportaciones nacionales y un 2% de las exportaciones del sector forestal nacional. La meta definida por el PEM Madera (Programa Estratégico Mesoregional de la industria de la madera) y compartida por el PyCS es aumentar en un 30% las exportaciones de las MPM al 2025 (V.A. US$254MM) y aumentar un 30% la superficie construida en madera al 2025, lo cual supone un incremento del abastecimiento maderero en torno a 150 mil m^3.

Además, se pretende aumentar las exportaciones de diseño e ingeniería de consultoría en áreas que no estén relacionadas con el rubro minero, donde según datos de la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G. alrededor del 95% de las exportaciones de ingeniería se concentran en el sector minero, asumiéndose que el 5% restante corresponde a servicios relacionados con el sector construcción. La meta establecida es triplicar las exportaciones al 2025. (V.A. US$58MM).

Figura 7-2: Objetivos de los ejes estratégicos para el año 2025. Hoja de ruta PyCS 2025.



Desarrollo de la industria de la madera

Actualmente están en curso distintas iniciativas públicas y privadas que apuntan a impulsar el desarrollo de la industria de la madera en Chile, dar a conocer sus ventajas y promover un cambio de paradigma respecto de su uso en construcción.

Madera21 es una asociación fundada en 2001 por la Corporación Chilena de la Madera (Corma) con el objetivo de difundir y promover el uso de la madera en Chile. Los socios comparten intereses alineados a la arquitectura, diseño, construcción, innovación y emprendimiento con madera. Anualmente es realizada la Semana de la Madera, espacio destinado a la difusión, reflexión y debate en torno a las posibilidades constructivas de la madera, que busca fomentar la investigación, la innovación y la transferencia de conocimientos en estas materias entre profesionales, estudiantes y empresas del medio local.

Por otra parte, el Minvu se encuentra trabajando en una serie de iniciativas destinadas a incentivar el uso de madera en la construcción de viviendas, a través de cinco líneas de acción:

1. Fortalecimiento del marco normativo técnico.
2. Diversificación de la gama de soluciones constructivas disponibles que cumplen con la reglamentación vigente asociadas a la materialidad de la madera.
3. Generación de alianzas colaborativas para mejorar la competencia de los profesionales y trabajadores del rubro.
4. Mejora de los procesos de control de calidad de los materiales.
5. Impulso a proyectos piloto detonantes que permitan demostrar las cualidades de la madera.

Finalmente, así como Madera21 existe el Centro de Innovación en Madera de la UC - Corma (CIM UC-Corma) cuyo principal propósito es la investigación y transferencia tecnológica en materia de construcción en madera. Entre sus actividades se cuenta la realización de publicaciones, desarrollo de productos, docencia, extensión y servicios profesionales. En conjunto con el Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable Construye 2025, busca transformar la manera de construir en Chile, mejorando la productividad de la esta industria en toda su cadena de valor y generando un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad.

CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En base a lo estudiado y expuesto en la presente memoria de título, se puede concluir que de acuerdo con el contexto de crisis climática que se vive actualmente, es indispensable realizar lo más pronto posible la transformación de la economía nacional, desde una lineal hacia una circular.

El estudio de mercado muestra que la industria de la construcción en la región de La Araucanía está viviendo un pleno auge económico, teniendo una gran influencia e incidencia en la economía de la zona. Positivamente se aprecia la existencia de un mercado destinado a la construcción de viviendas de tipo sustentable y una gama no menor de empresas que están utilizando métodos prefabricados en su canasta de servicios.

Acerca del uso de materiales renovables y especies arboleas nativas e introducidas, la madera nativa tiene características únicas por sobre las maderas introducidas. Mayor calidad y durabilidad, menor consumo de agua para su subsistencia y un alto porcentaje de captación de CO2. Positivamente se ha apreciado un aumento controlado y responsable en el uso de este tipo de madera en construcción, tanto empresas constructoras como distribuidoras del material están generando un mercado sano para este bien.

Si bien el fibrocemento tuvo una época oscura con el asbesto, en la actualidad su composición no lo hace perjudicial para la salud humana y además más amigable con el medio ambiente. Es cierto que tiene un futuro prometedor, pero al no existir políticas y una industria de reciclaje y reutilización de esta materia en el país, no se puede considerar un material sustentable.

La cuestionada productividad del sector de la construcción está siendo abordada por las autoridades, corporaciones e institutos de investigación, cambiando la metodología de construcción in situ (tradicional) por una en fábrica (prefabricado y modular). La construcción industrializada en términos de productividad, seguridad, calidad y sustentabilidad tiene resultados que, si bien son superiores a comparación del sistema tradicional, pueden seguir mejorando aún más debido a su reciente implementación en el país.

De acuerdo con el estudio comparativo para determinar la factibilidad económica-ambiental de una vivienda construida a partir de módulos de madera nativa y otra de forma tradicional en base a madera introducida y paneles fibrocemento, se concluye cuantitativamente para ambas evaluaciones que el proyecto de vivienda modular de madera nativa es más viable. Resulta económicamente tener un presupuesto 16% más bajo y, en términos medio ambientales generar en el mejor de los casos 3,5 veces menos RCD.

El desarrollo de la construcción sustentable en el país en cuanto a sus normativas, políticas y marcos regulatorios es deficiente comparado con países de la OCDE. Es necesario contar con un marco regulatorio acorde a las necesidades del país y la situación ambiental actual e implementar políticas de estado que obliguen y fomenten la construcción sustentable y la eficiencia energética. En este ámbito, es preocupante que hasta la fecha no se tengan indicios de propuestas de inversión y desarrollo en el campo del reciclaje de RCD. Para lograr un cambio sustancial en la forma de hacer construcciones, es indispensable la promoción e incentivo de un mercado del reciclaje.

BIBLIOGRAFÍA

Arquitectura Sostenible. (2018). *Ventajas de la construcción modular.* España. Obtenido de: https://arquitectura-sostenible.es/ventajas-de-la-construccion-modular/

Barómetro de la construcción Araucanía. (2021). *Caracterización productiva del sector construcción en La Araucanía.* Temuco, Chile.

Cámara Chilena de la Construcción. (2017). *Déficit habitacional: Un desafío pendiente.* Chile.

Cámara Chilena de la Construcción. (2019). *El sector de la construcción ante el desafío climático global.* Chile.

Cámara Chilena de la Construcción. (Octubre, 2020). *Estudio de productividad: Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales.* Santiago, Chile.

Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. (2015). *Manual de construcción de viviendas en madera, Capítulo I.* Chile.

Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. (2015). *Manual de construcción de viviendas en madera, Capítulo II.* Chile.

Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. (2015). *Manual de construcción de viviendas en madera, Capítulo III.* Chile.

Chiavenato Idalberto. (2009). *Administración de recursos humanos* (8va Edición ed.). Los Angeles, Estados Unidos: Mc Graw Hill.

CLAPES UC. (2018). *Productividad laboral en la construcción en Chile: Comparación Internacional .* Santiago, Chile.

Construye2025. (s.f.). *¿Qué es Construye2025?* Obtenido de: https://construye2025.cl/que-es-construye-2025/#1576605773265-90c27a67-d3e4

Corporación Nacional Forestal. (2016). *Política forestal 2015 - 2035.* Santiago, Chile.

ENDUTEX. (2018, Agosto 28). *¿Materiales ignífugos? Todo lo que debes saber sobre la norma Euroclass EN13501 y su uso en interiores*. Retrieved from https://www.apdigitales.com/es/materiales-ignifugos-todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-norma-euroclass-en13501/blog/5719

Fernández Rebeca. (2013). *Acústica para un diseño absorbente: Paneles modulares para la aislación y absorción acústica.* Valparaíso.

Fritz Alexander, Ubilla Mario. (2004). *Manual de diseño: Construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera.* Chile.

Fundación Chile. (2013). *Escenario línea base de emisiones GEI del sector comercial, público y residencial.* Santiago, Chile.

Fundación Ellen Macarthur. (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para la transición acelerada.* Estados Unidos.

James Hardie Industries. (s.f.). *Frequently asked questions*. Retrieved from https://www.jameshardie.com/product-support/resource-center/frequently-asked-questions

MAPS Chile - Ministerio del Medio Ambiente. (2014). *Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático.* Santiago, Chile.

McKinsey & Company. (2019). *Modular Construction: From projects to products.* Estados Unidos.

PMG Business Improvement, Idiem. (2018). *Estrudio: acompañamiento proyecto construcción industrializada.* Santiago, Chile.

Soto Daniel. (2018). *Análisis de la demanda de madera a partir de las estadísticas de edificación del INE.* Chile: INFOR, CORFO.

Tallwood Design Institute. (2018). *Wood construction: The role of research and education in overcoming barries to growth.* Oregon, Estados Unidos.

Van Der Heyden Luc. (2010). *Fibre cement: A perfectly recyclable building material.* Belgica.

ANEXOS

ANEXO A: PLANOS PROYECTO VIVIENDA UNIFAMILIAR

Figura A- 1: Plano planta arquitectura vivienda. Elaboración propia.

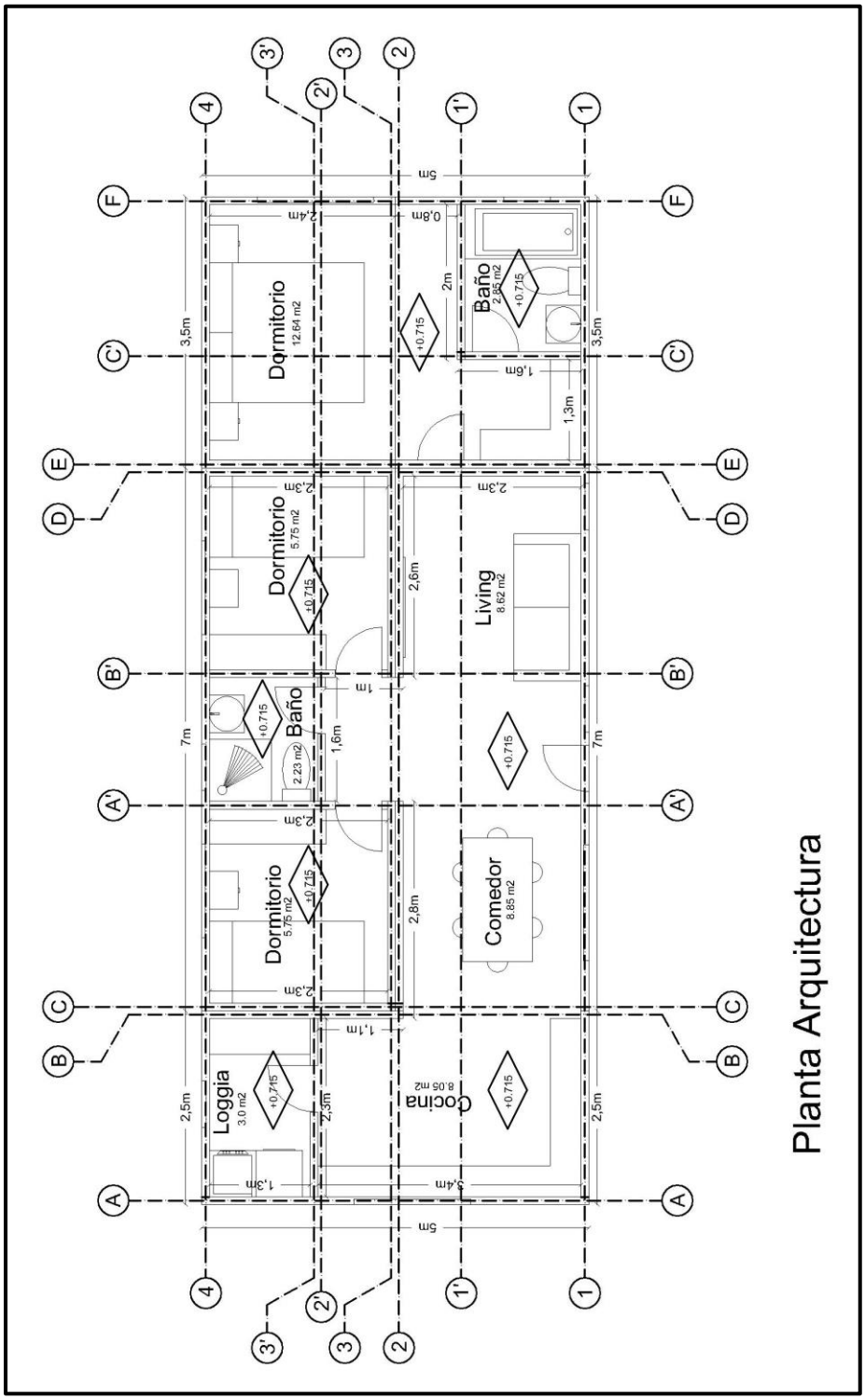


Figura A- 2: Plano distribución de los módulos. Elaboración propia.

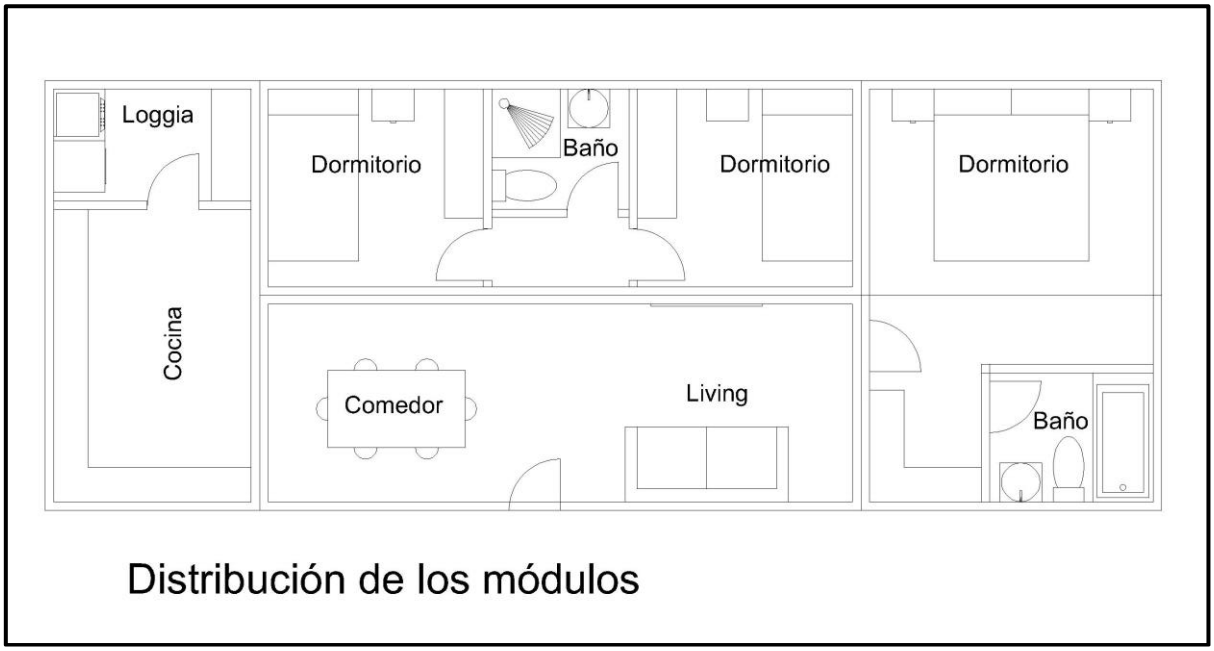
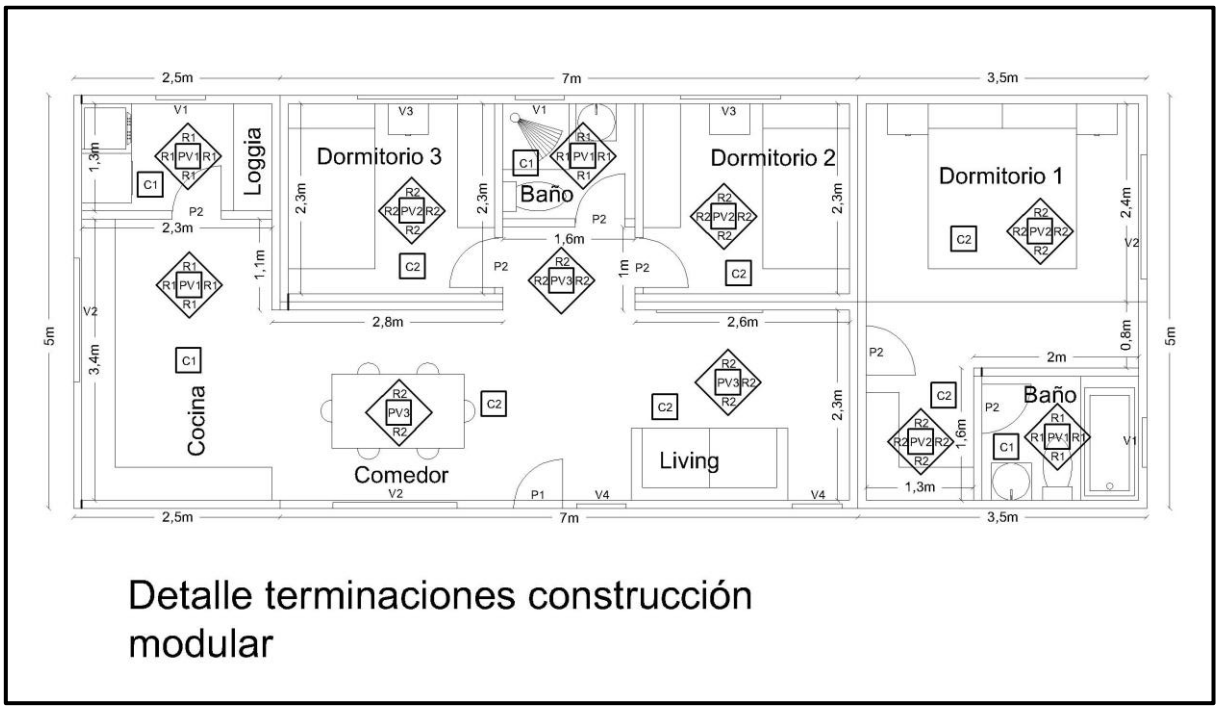
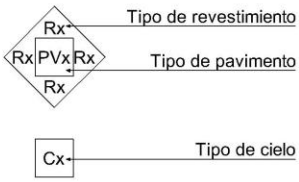


Figura A- 3: Plano detalle terminaciones construcción modular. Elaboración propia.



Simbología revestimientos de muros y tabiques	
R1	Cerámica muro blanco 20x30 cm, sobre panel yeso-cartón
R2	Barniz marino brillante, sobre machimbrado nativo de raulí



Simbología pavimentos	
PV1	Porcelanato arena 60x60 cm
PV2	Porcelanato café 20x120 cm
PV3	Porcelanato blanco 15x60 cm

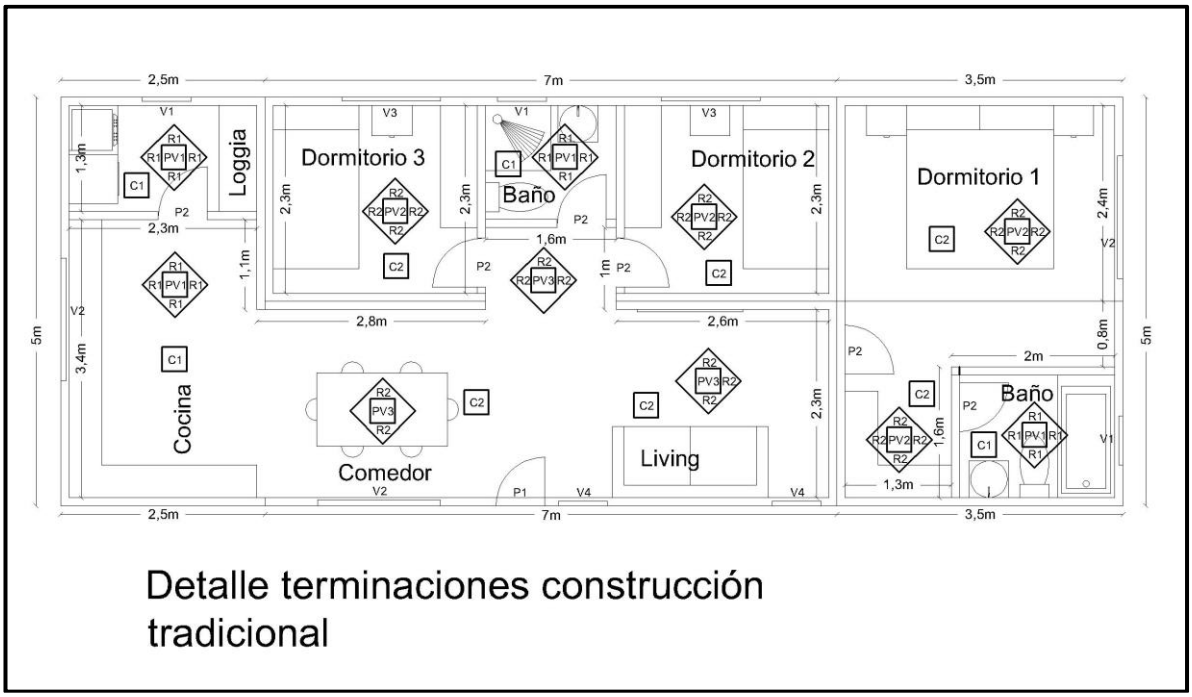
Simbología cielos	
C1	Esmalte sintético cereluxe aquatech blanco, sobre panel yeso-cartón
C2	Barniz marino brillante, sobre machimbrado nativo de raulí

Simbología ventanas	
V1	Ventana proyectante termopanel stipolite aluminio premium select 60x60 blanco
V2	Ventanal termopanel aluminio premium 150x150 madera corredera
V3	Ventana termopanel aluminio intermedio next 121x100 madera corredera
V4	Ventana proyectante termopanel aluminio premium select 60x120 madera

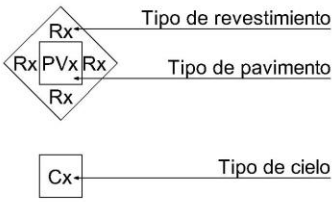
Simbología puertas	
P1	Puerta prestige HDF 60x200 C/2 paneles C/ perforación blanco prepint
P2	Puerta amparo HDF 60x200 café oscuro swazila lisa

Tabla A - 1: Simbología terminaciones vivienda modular. Elaboración propia.

Figura A- 4: Plano detalle terminaciones construcción tradicional. Elaboración propia.



Simbología revestimientos de muros y tabiques	
R1	Cerámica muro blanco 20x30 cm, sobre panel yeso-cartón
R2	Fibrocemento simplísima 6mm 120x240 cm listoneada soft



Simbología pavimentos	
PV1	Porcelanato arena 60x60 cm
PV2	Porcelanato café 20x120 cm
PV3	Porcelanato blanco 15x60 cm

Simbología cielos	
C1	Esmalte sintético cereluxe aquatech blanco, sobre panel yeso-cartón
C2	Barniz marino brillante, sobre machimbrado de madera de pino seco 3/4 x 4 x 3,20 m

Simbología ventanas	
V1	Ventana proyectante termopanel stipolite aluminio premium select 60x60 blanco
V2	Ventanal termopanel aluminio premium 150x150 madera corredera
V3	Ventana termopanel aluminio intermedio next 121x100 madera corredera
V4	Ventana proyectante termopanel aluminio premium select 60x120 madera

Simbología puertas	
P1	Puerta prestige HDF 60x200 C/2 paneles C/ perforación blanco prepint
P2	Puerta amparo HDF 60x200 café oscuro swazila lisa

Tabla A - 2: Simbología terminaciones vivienda tradicional. Elaboración propia.

Figura A- 5: Plano planta de fundaciones. Elaboración propia.

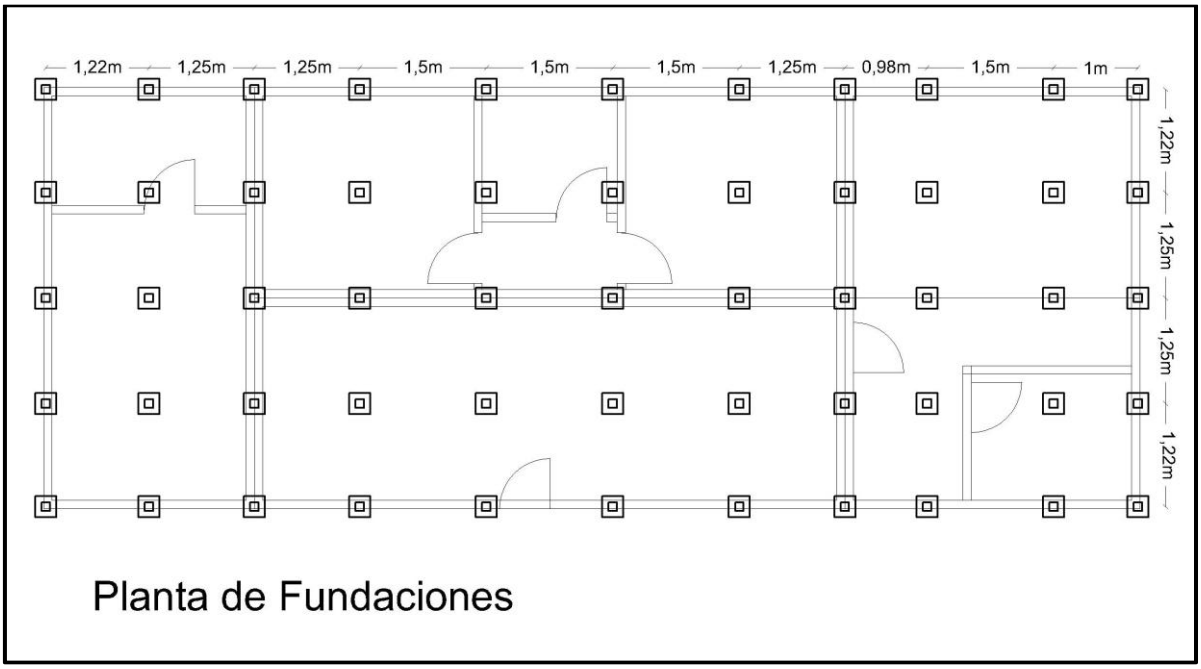


Figura A- 6: Plano detalle de apoyos. Elaboración propia.

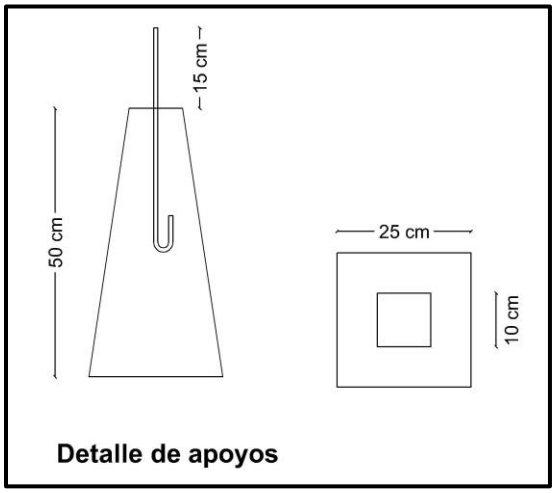


Figura A- 7: Plano planta vigas maestras. Elaboración propia.

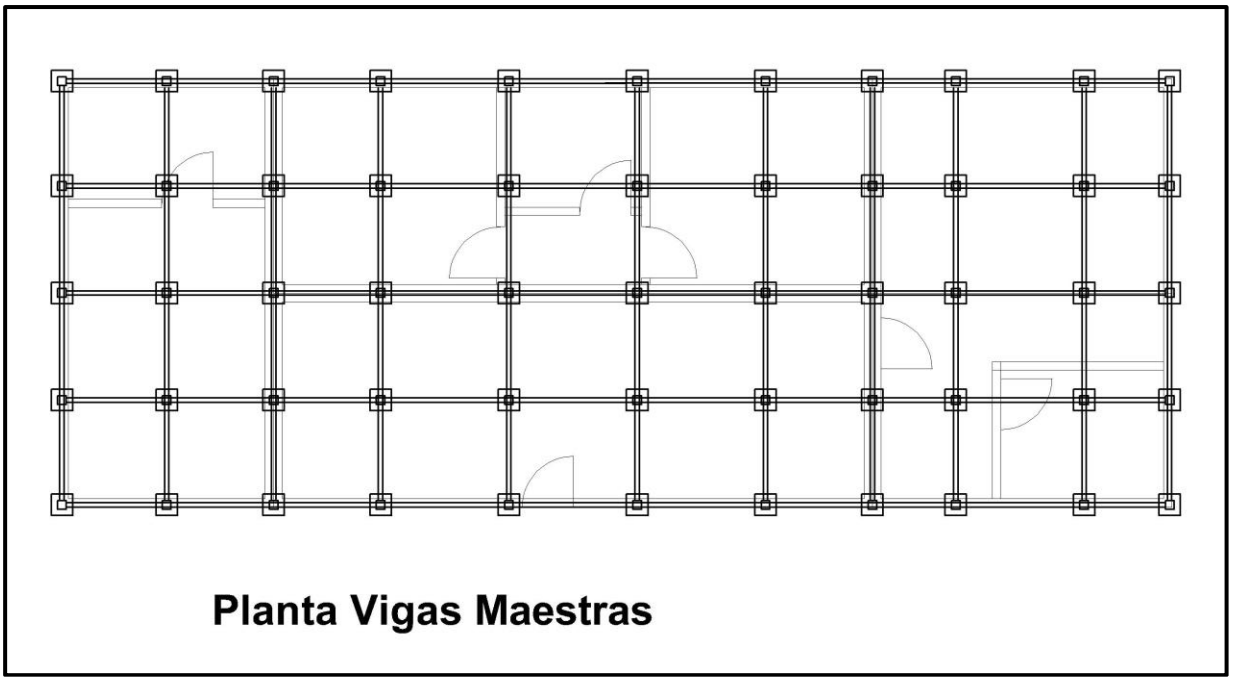


Figura A- 8: Plano planta entramado. Elaboración propia.

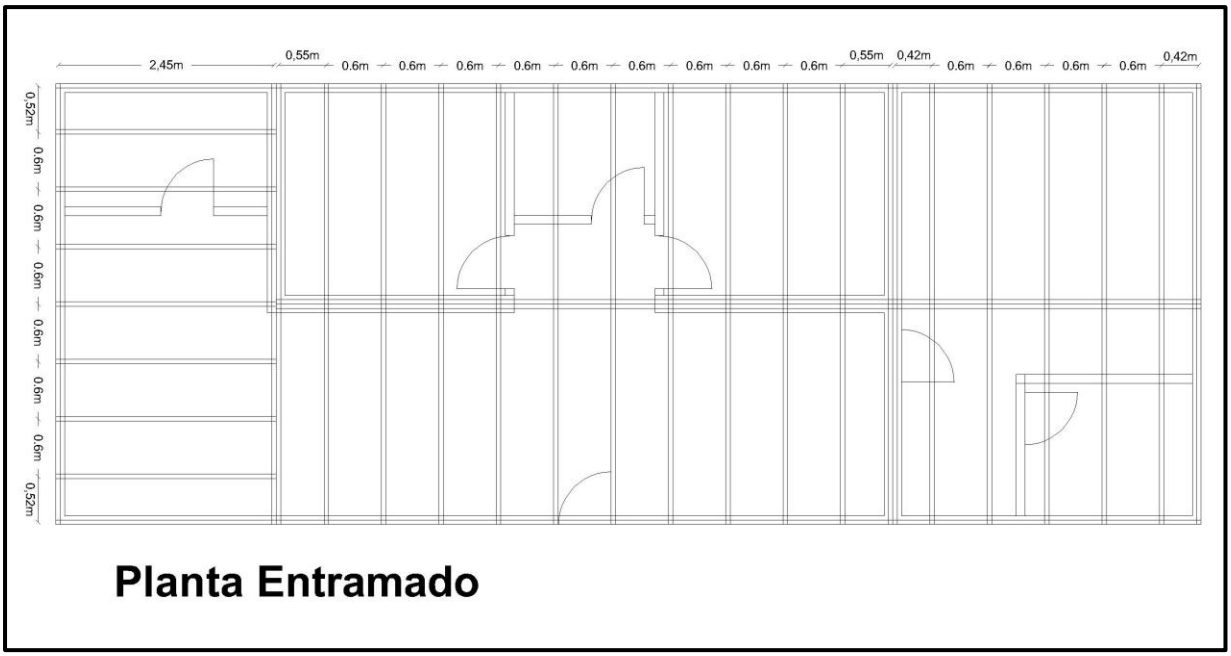


Figura A- 9: Plano detalle estructura tabique con revestimiento OSB. Elaboración propia.

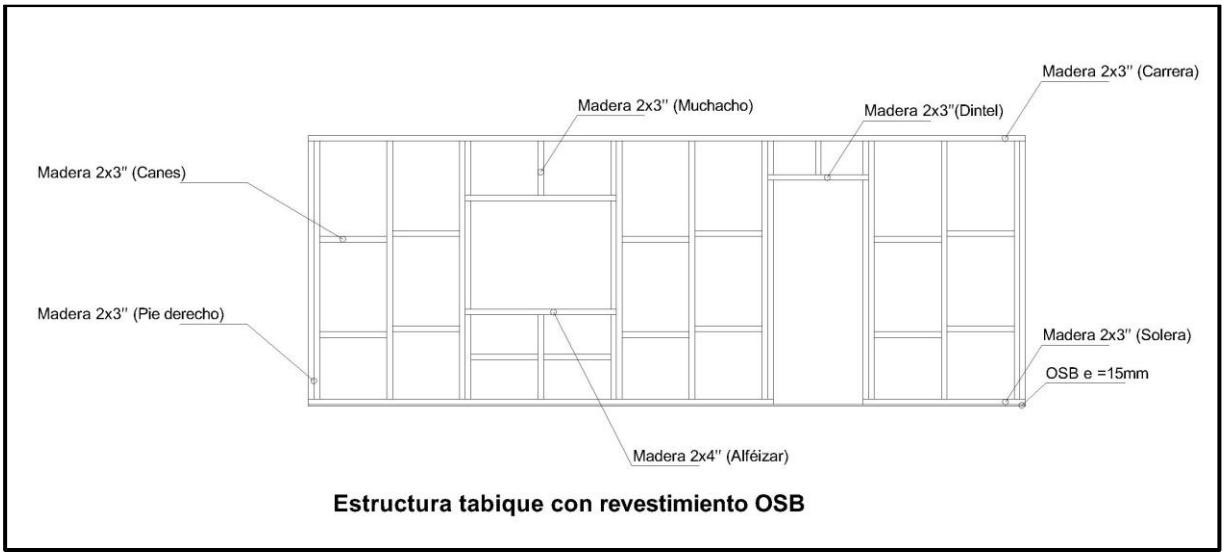


Figura A- 10: Plano detalle estructura tabique con revestimiento yeso-cartón. Elaboración propia.

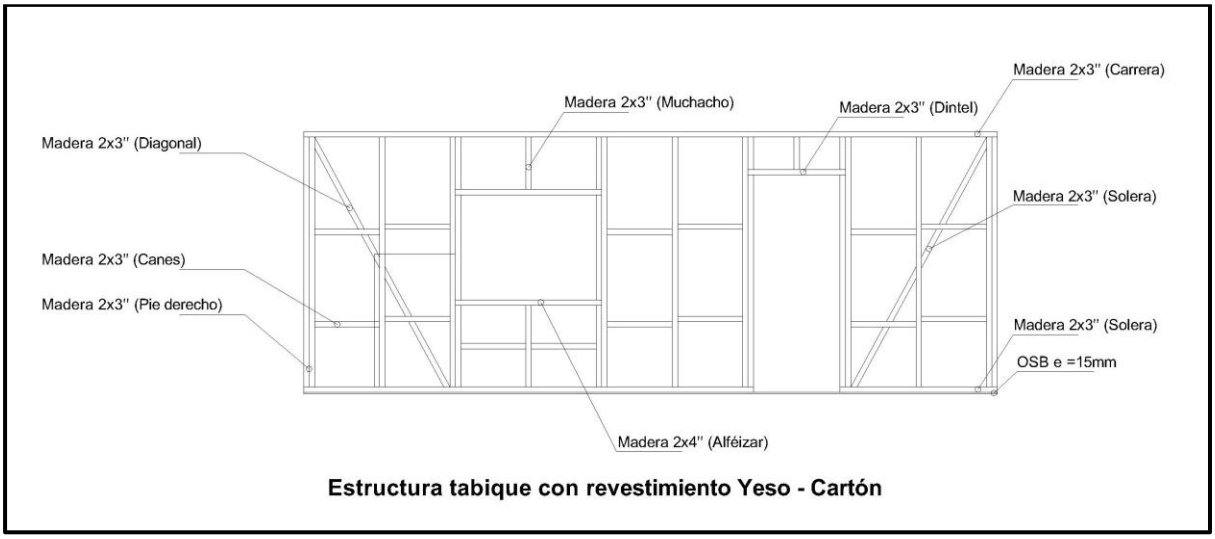


Figura A- 11: Plano detalles variados de la estructura. Elaboración propia.

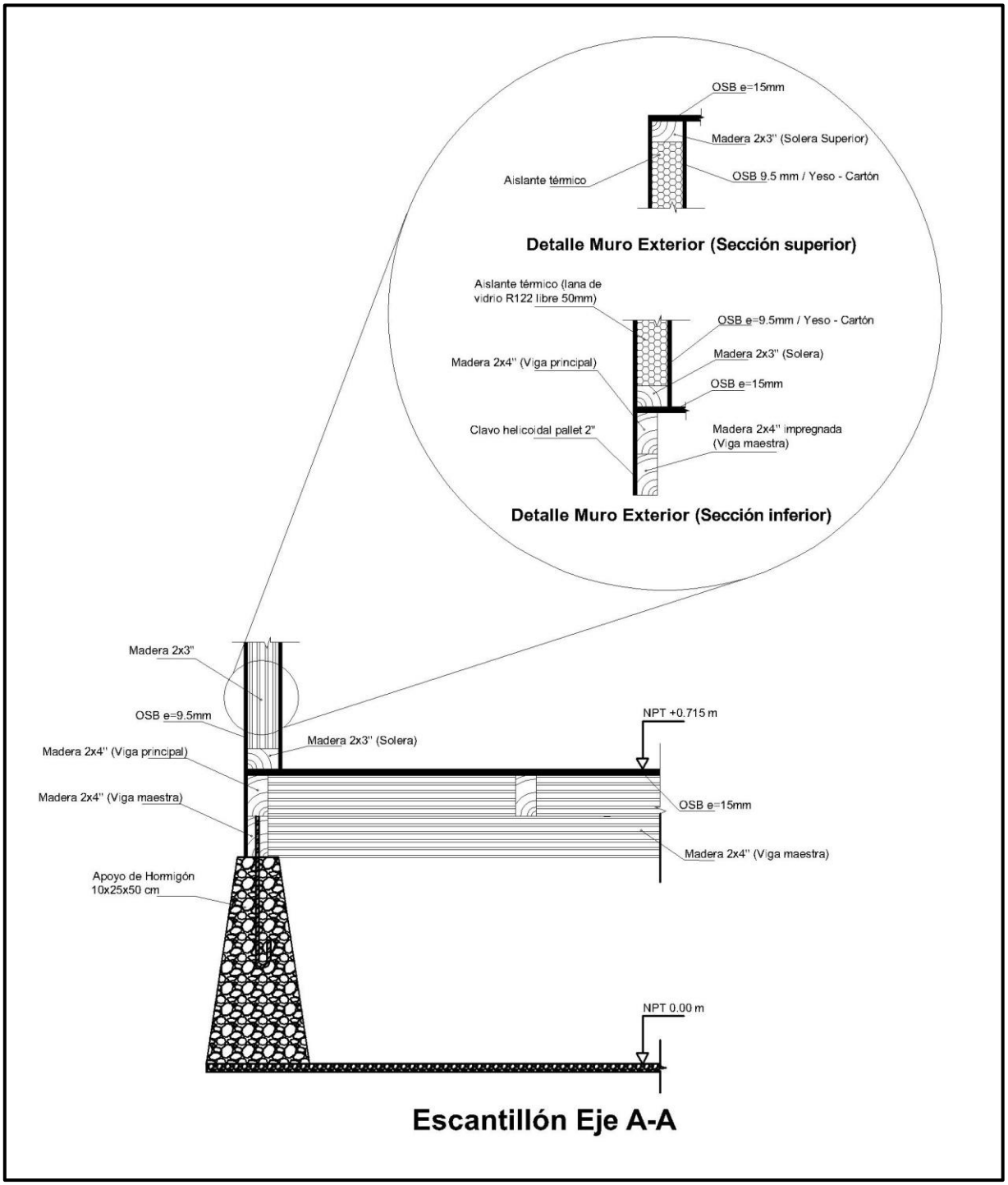


Figura A- 12: Plano detalle unión tabique exterior-exterior. Elaboración propia.

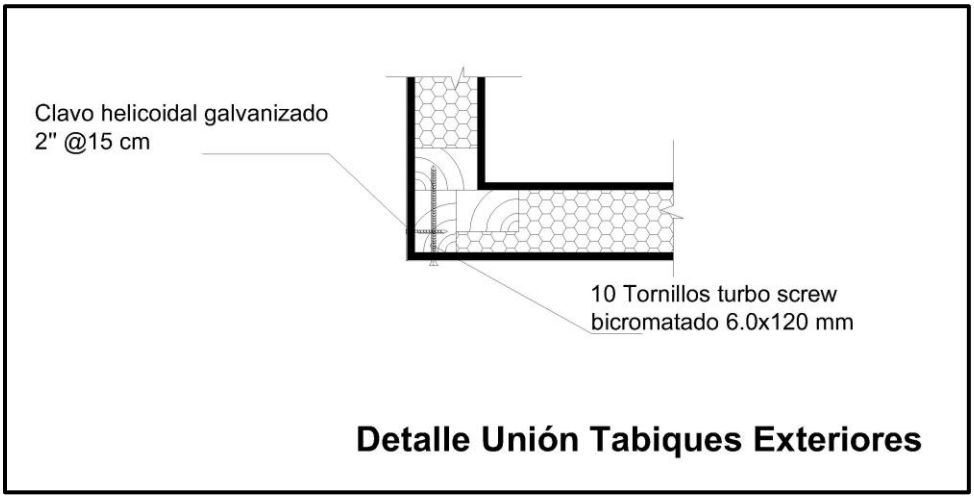


Figura A- 13: Plano detalle unión tabique interior-exterior. Elaboración propia.

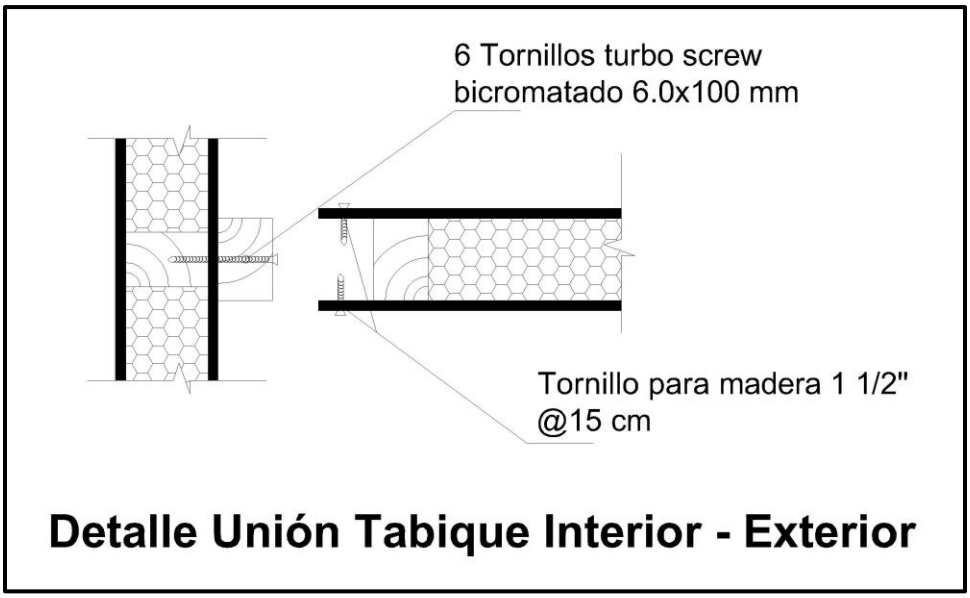


Figura A- 14: Plano detalle base estructura techumbre. Elaboración propia.

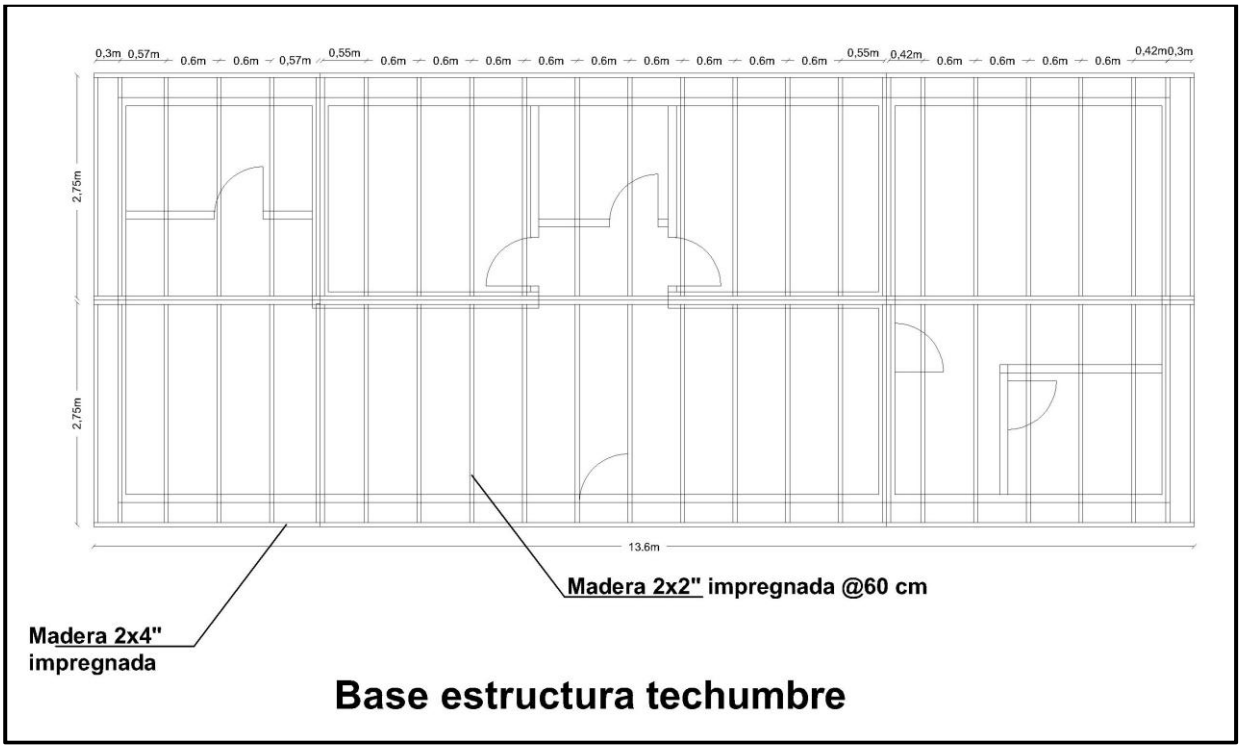


Figura A- 15: Plano detalle cercha. Elaboración propia.

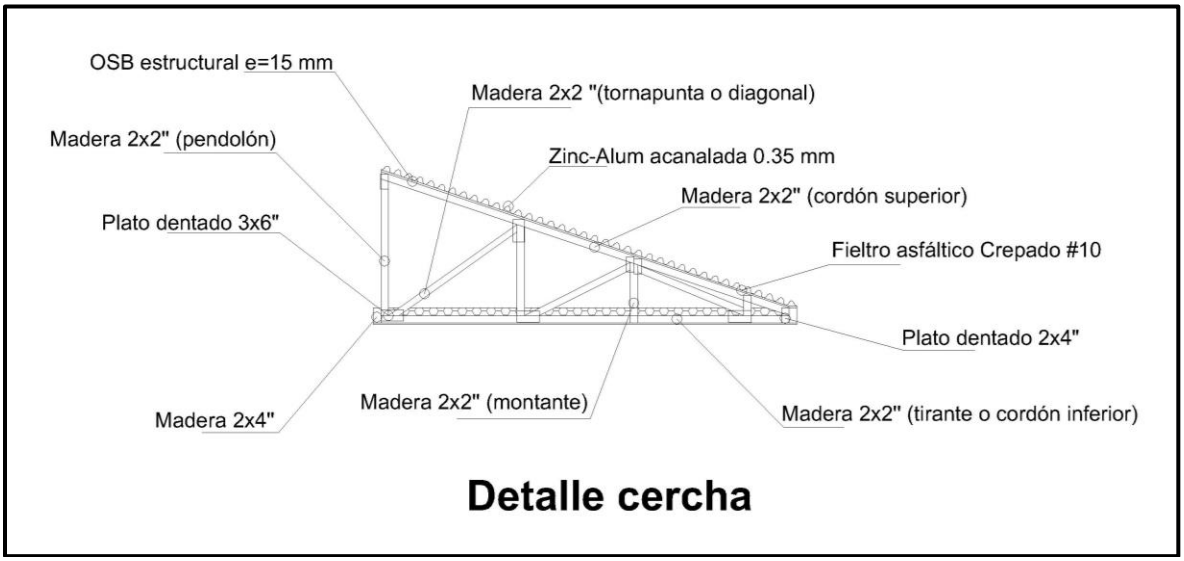


Figura A- 16: Plano dimensiones cercha. Elaboración propia.

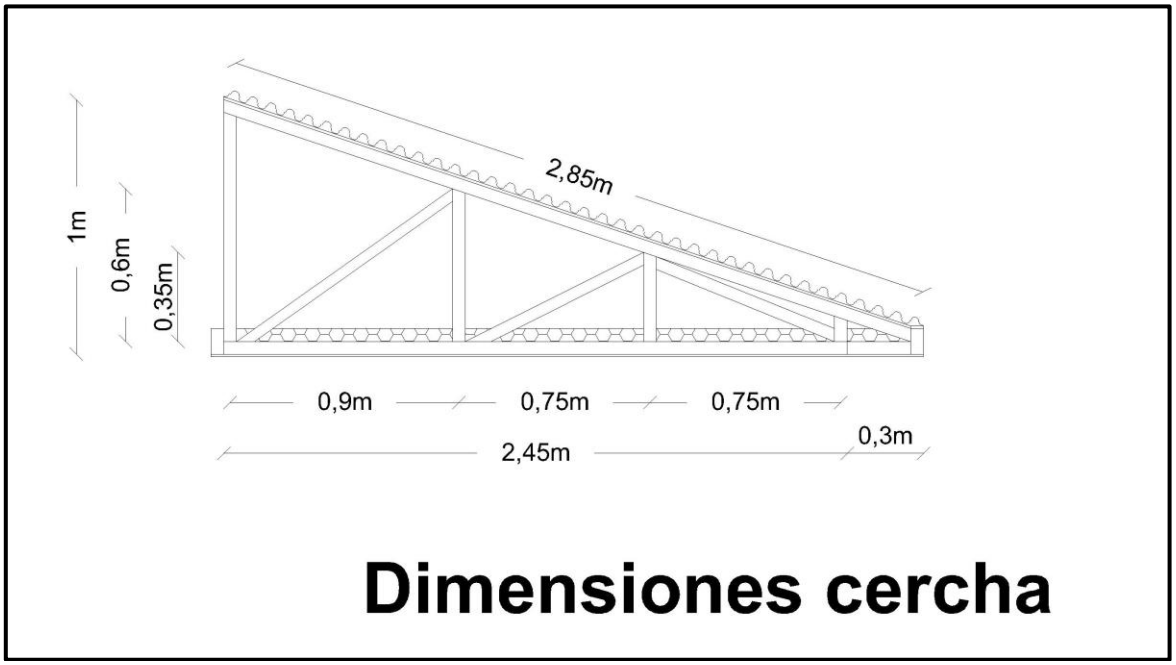


Figura A- 17: Plano detalle frontón. Elaboración propia.

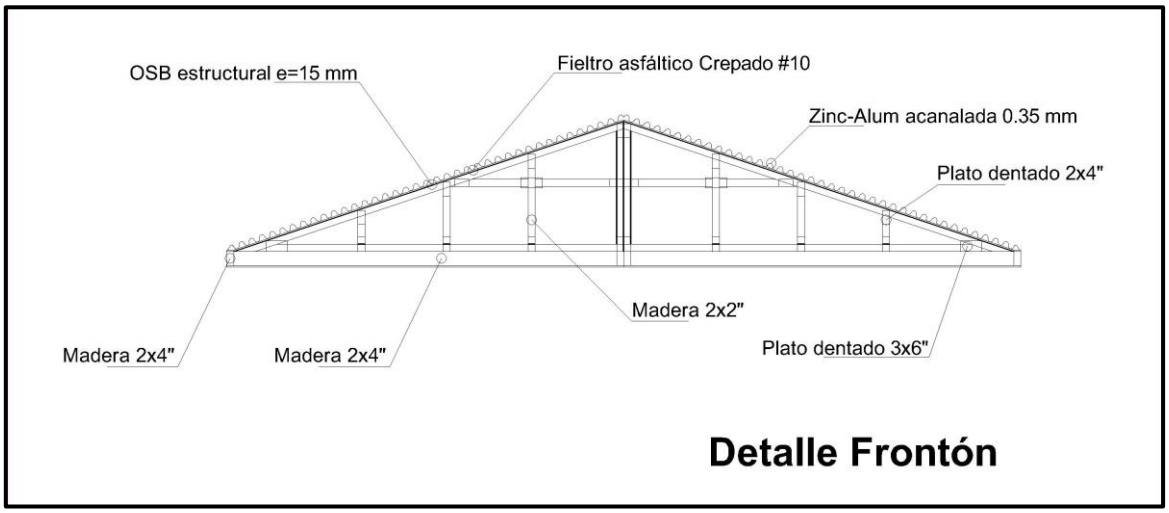


Figura A- 18: Plano dimensiones frontón. Elaboración propia.

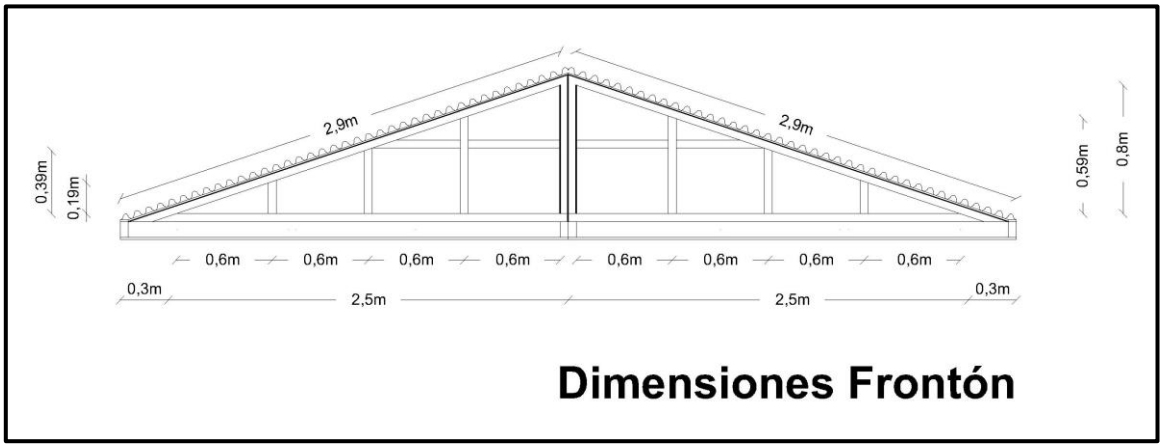


Figura A- 19: Plano red agua potable fría. Elaboración propia.

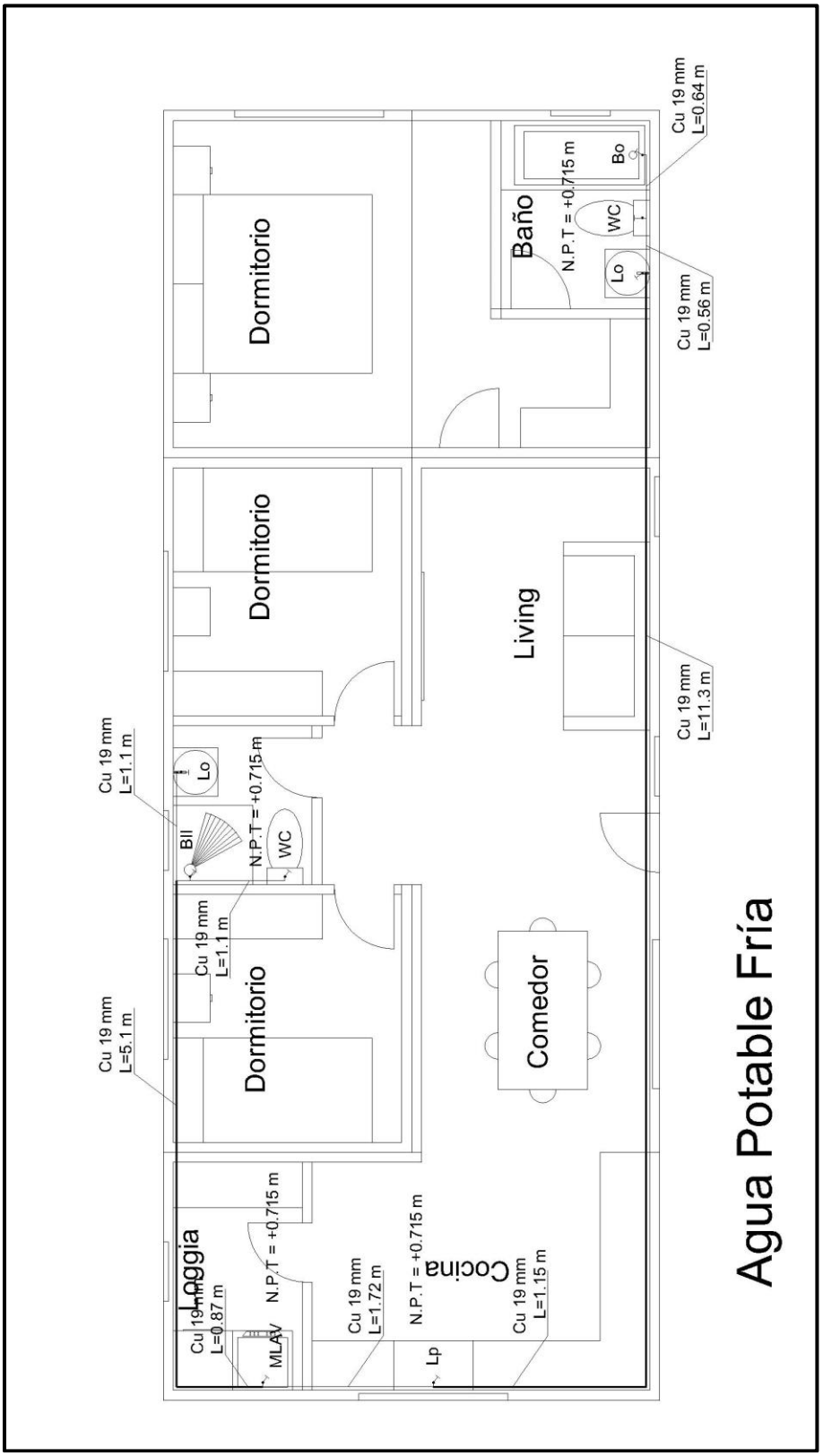


Figura A- 20: Plano red agua potable caliente. Elaboración propia.

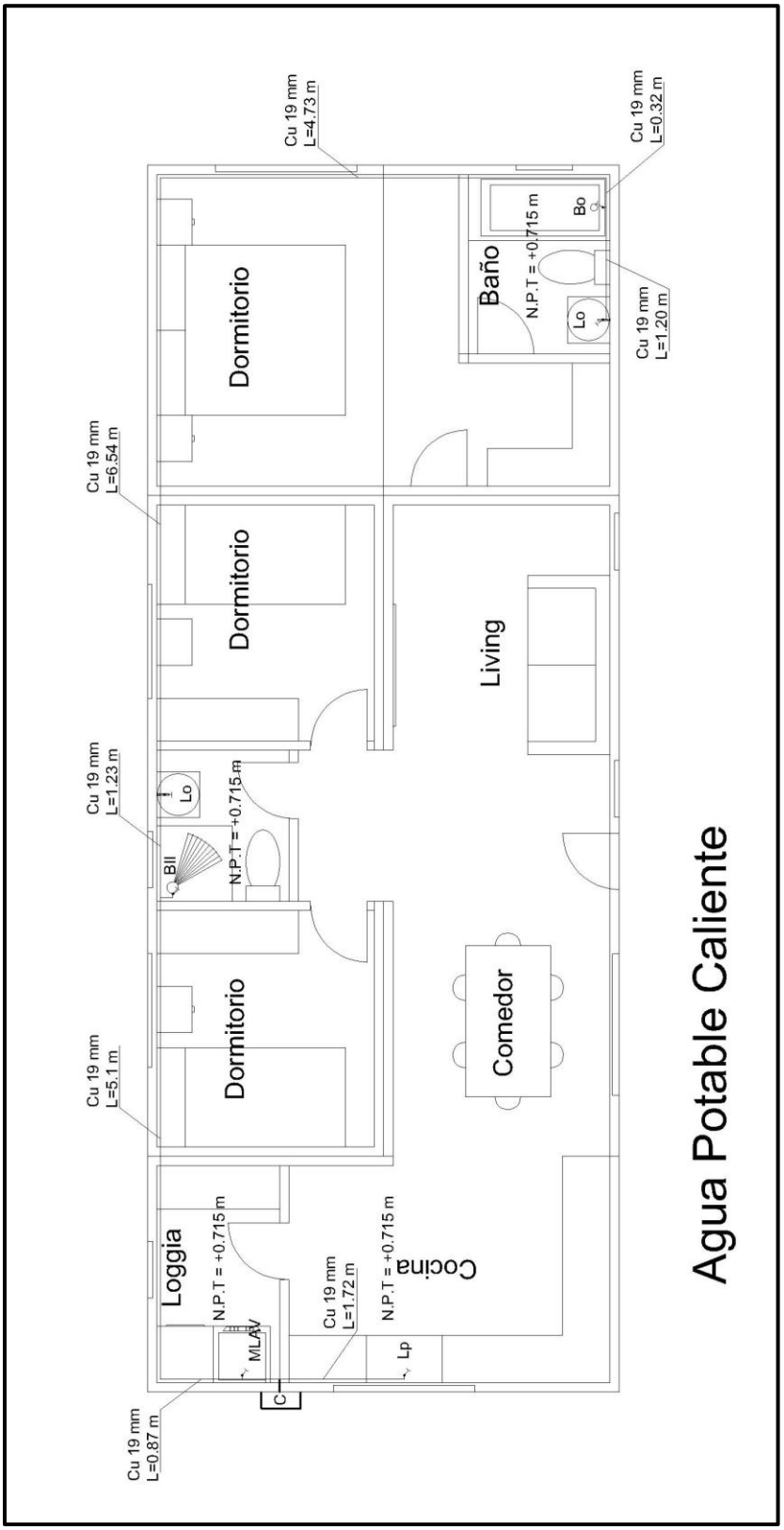


Figura A- 21: Plano red alcantarillado. Elaboración propia.

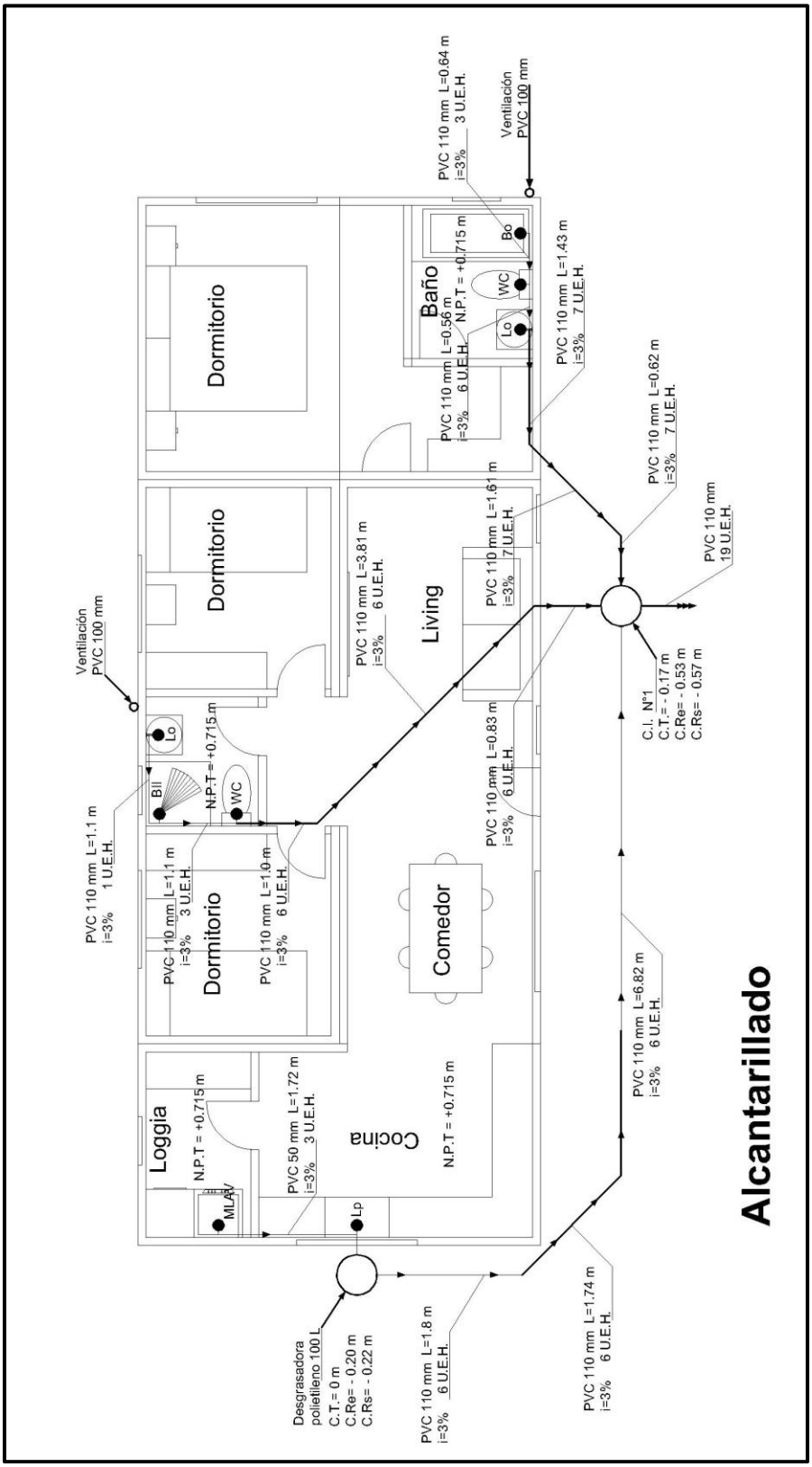


Figura A- 22: Plano detalle cámara de inspección y desgrasadora. Elaboración propia.

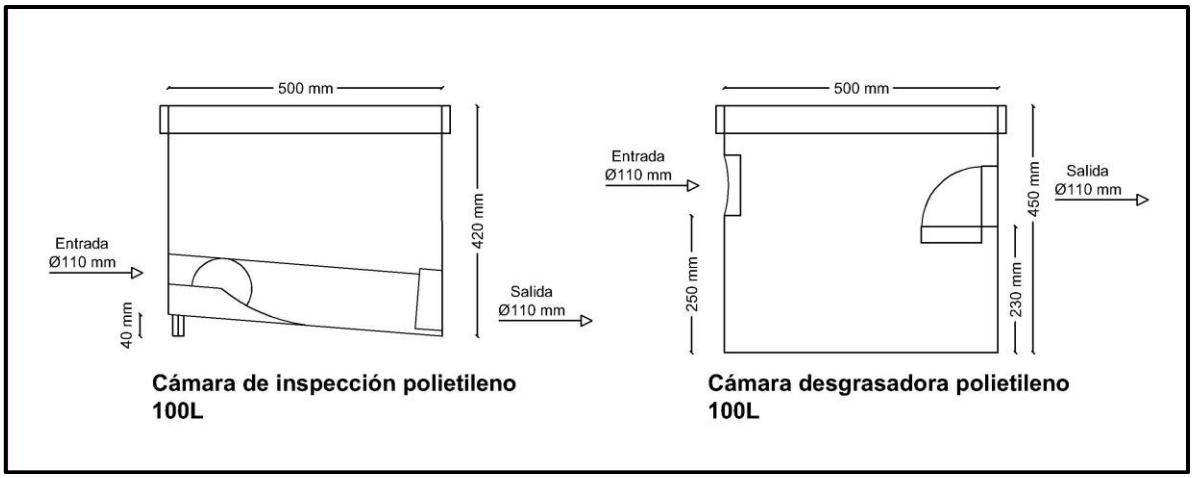
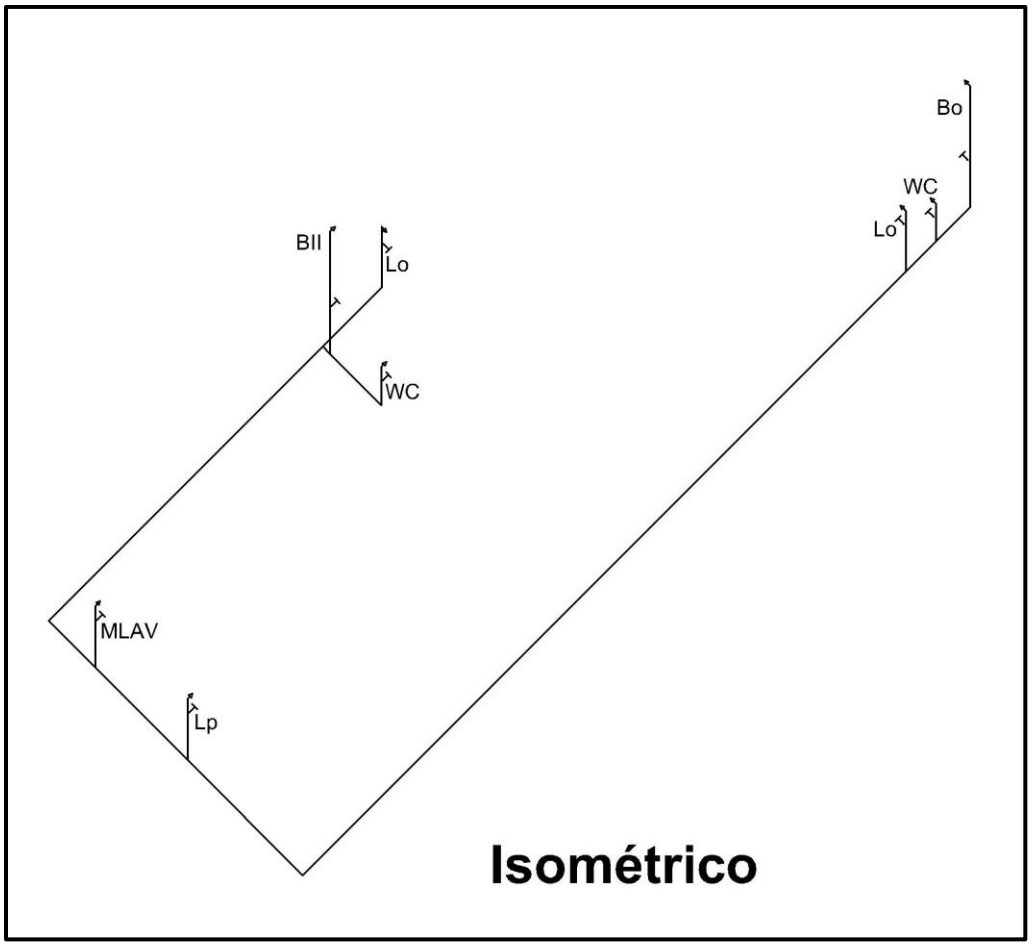


Figura A- 23: Plano isométrico artefactos sanitarios. Elaboración propia.



CUADRO DE CARGA								PROTECCIONES			CANALIZACIONES	
Circuito	Lámpara LED 18 W	Lámpara LED 24 W	Enchufe simple 100 W	Enchufe doble 100 W	Total centros	Potencia KW	Corriente Amp	Ampacity	Disyuntor	Diferencial	Cond. mm2	Ducto mm
1	4	1			5	0.096	0.44	1x10	Automático	1x10Ax100 mA	2.5	T.P.R.E
2	4	2			6	0.12	0.55	1x10	Automático	1x10Ax100 mA	2.5	T.P.R.E
3			2	2	4	0.4	1.82	1x10	Protector Diferencial Automático	1x25Ax30 mA 1x10Ax100 mA	2.5	T.P.R.E
4			2	4	6	0.6	2.73	1x10	Automático	1x10Ax100 mA	2.5	T.P.R.E
5				7	7	0.7	3.19	1x10	Automático	1x10Ax100 mA	2.5	T.P.R.E
Total	8	3	4	13	28	1.916	8.73					

Tabla A - 3: cuadro de cargas, protecciones y canalizaciones eléctricas. Elaboración propia.

Figura A- 24: Plano canalización eléctrica circuito N°1. Elaboración propia.

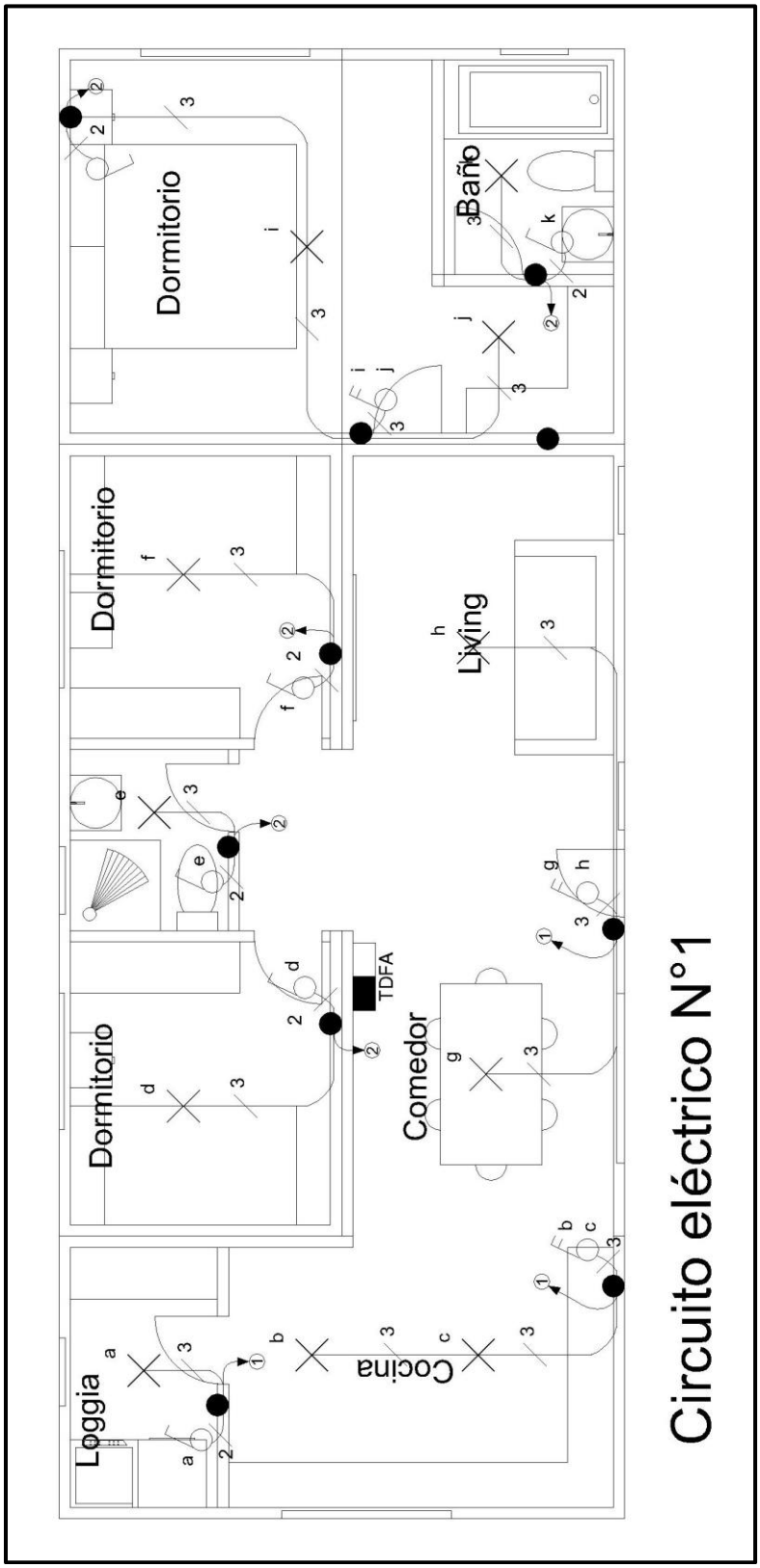
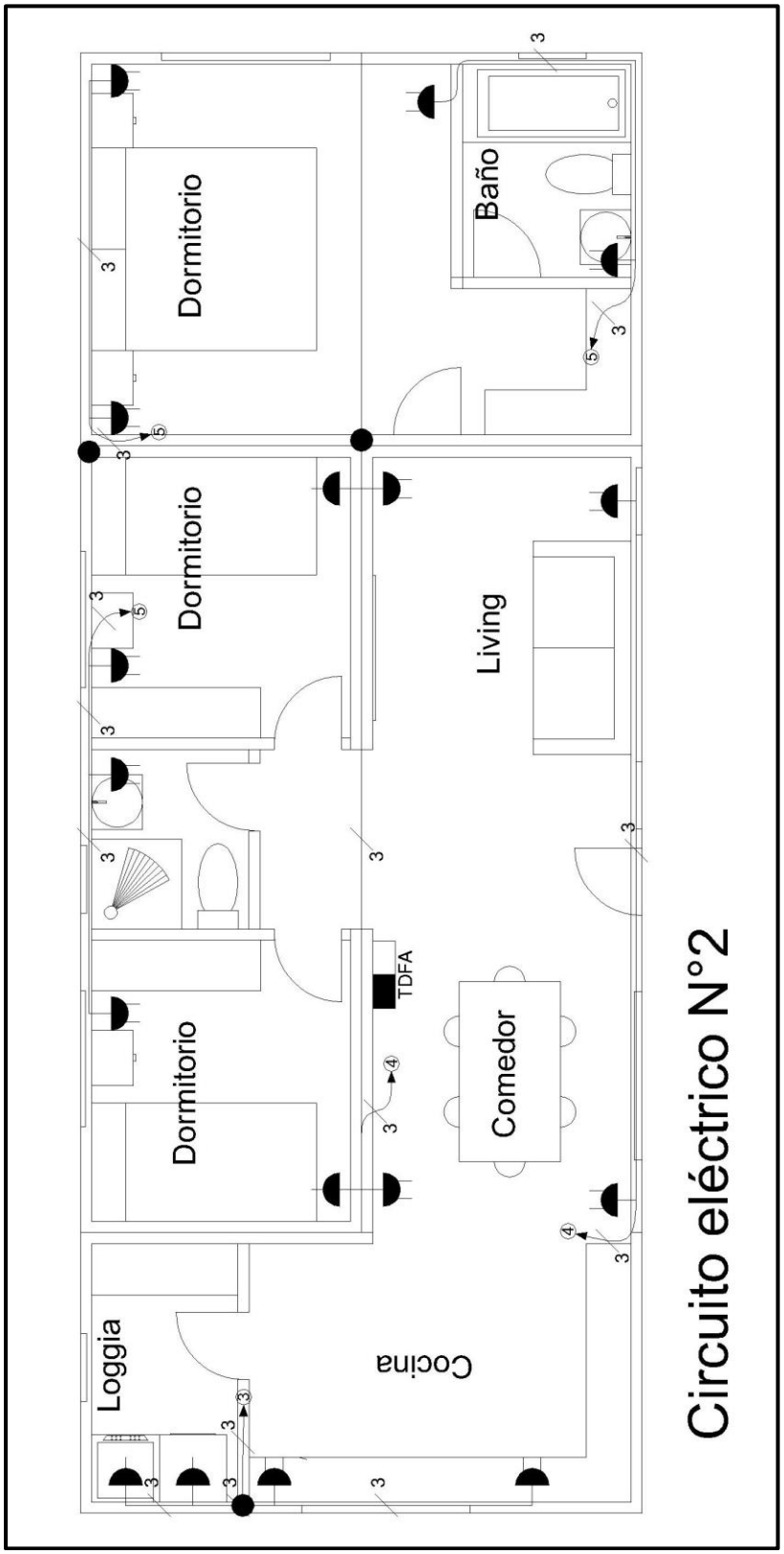


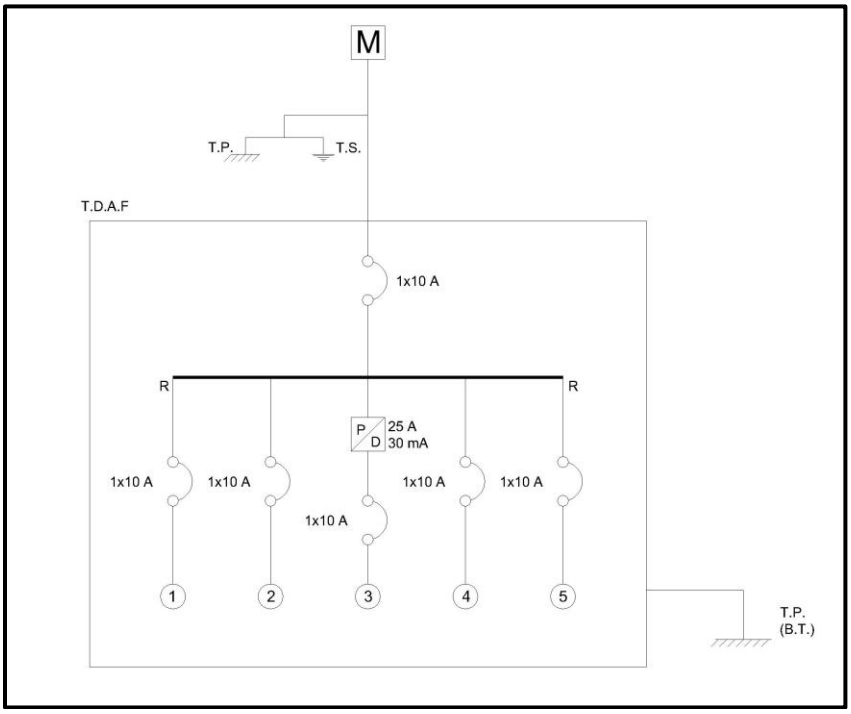
Figura A- 25: Plano canalización eléctrica circuito N°2. Elaboración propia.



Símbolo	Descripción simbología
	Interruptor de un efecto (9/12)
	Interruptor de dos efectos (9/15)
	Enchufe hembra
	Enchufe hembra doble
	Lámpara simple
	Caja de derivación para embutir
	Tubería PVC 50 mm2
TDFA	Tablero de distribución de alumbrado y fuerza
M	Medidor
P D	Protector diferencial
B.T.	Baja tensión
T.P.	Tierra protección
T.S.	Tierra de servicio
R	Resistencia

Tabla A - 4: Simbología planos eléctricos. Elaboración propia.

Figura A- 26: Diagrama unilineal de tablero. Elaboración propia.



ANEXO B: PROGRAMACIÓN CONSTRUCCIÓN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

Figura A- 27: Programación construcción vivienda con sistema modular. Elaboración propia.

Nombre de tarea	Duración
CONSTRUCCIÓN VIVIENDA MODULAR	**58,15 días**
MÓDULO LIVING-COMEDOR	**15,16 días**
OBRA GRUESA	**3,14 días**
ESTRUCTURA PISO	1,17 días
ESTRUCTURA TABIQUE	1,97 días
TERMINACIONES	**12,02 días**
REVESTIMIENTO PAREDES	2,6 días
REVESTIMIENTO CIELO	1,25 días
PAVIMENTOS	1,25 días
MOLDURAS	0,59 días
PINTURAS	6,33 días
RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS	2 días
RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	0,4 días
MÓDULO COCINA Y LOGGIA	**22,18 días**
OBRA GRUESA	**4,07 días**
ESTRUCTURA PISO	0,83 días
ESTRUCTURA TABIQUE	3,24 días
TERMINACIONES	**18,11 días**
REVESTIMIENTO PAREDES	11,04 días
REVESTIMIENTO CIELO	1,25 días
PAVIMENTOS	0,82 días
MOLDURAS	0,56 días
PINTURAS	3,27 días
RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS	1,17 días
RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	0,4 días
MÓDULO 2D + 1B	**25,43 días**
OBRA GRUESA	**4,73 días**
ESTRUCTURA PISO	1,17 días
ESTRUCTURA TABIQUE	3,56 días
TERMINACIONES	**20,7 días**
REVESTIMIENTO PAREDES	4,23 días
REVESTIMIENTO CIELO	1,23 días
PAVIMENTOS	1,16 días
MOLDURAS	1,17 días
PINTURAS	11,08 días
RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS	1,83 días
RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	1,2 días
MÓDULO 1D + 1B	**25,17 días**
OBRA GRUESA	**4,71 días**
ESTRUCTURA PISO	1,17 días
ESTRUCTURA TABIQUE	3,54 días
TERMINACIONES	**20,46 días**
REVESTIMIENTO PAREDES	7,86 días
REVESTIMIENTO CIELO	1,34 días
PAVIMENTOS	1,25 días
MOLDURAS	0,92 días
PINTURAS	7,92 días
RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS	1,17 días
RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	0,4 días
TECHUMBRE	**9,8 días**
Base Techumbre	2,4 días
Frontón	**7,4 días**
Estructura Frontón	2,15 días
Instalación OSB exterior	1,14 días
Revestimiento Exterior (siding)	4,11 días
Cercha	1,02 días
Cubierta Techumbre	**2,43 días**
Instalación OSB	0,68 días
Colocación Zinc-Alum	1,75 días
INSTALACIONES	**36,19 días**
INSTALACIÓN SANITARIA	**5 días**
Artefactos	4 días
Grifería	1 día
Alcantarillado	2 días
Agua Potable Fría	1 día
Agua Potable Caliente	1 día
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	**36,19 días**
Canalización Eléctrica	4 días
Iluminación	2 días
Enchufes	4 días
Tablero General	1 día
UNIÓN MÓDULOS	**1 día**
Instalación Caballete	**0,68 días**

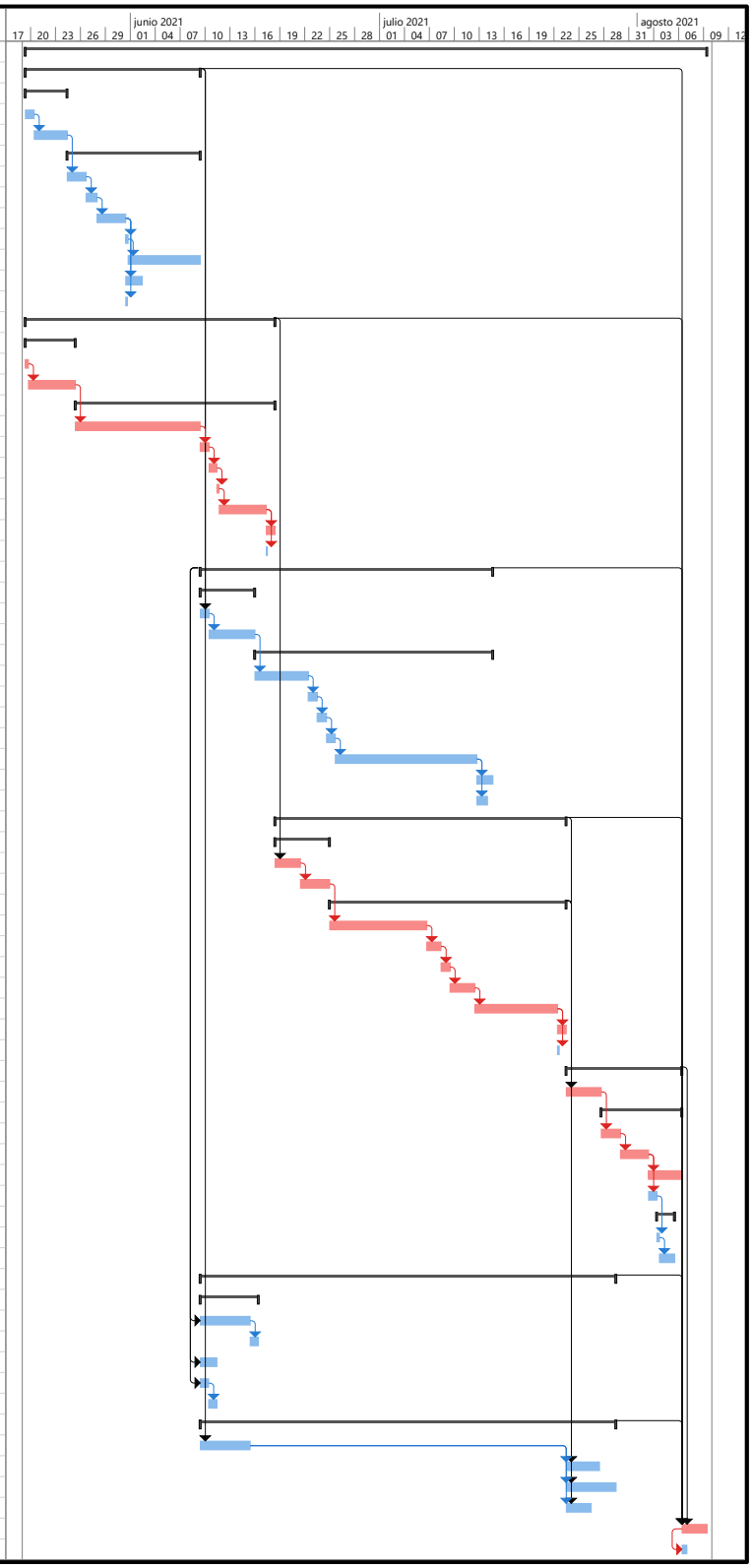
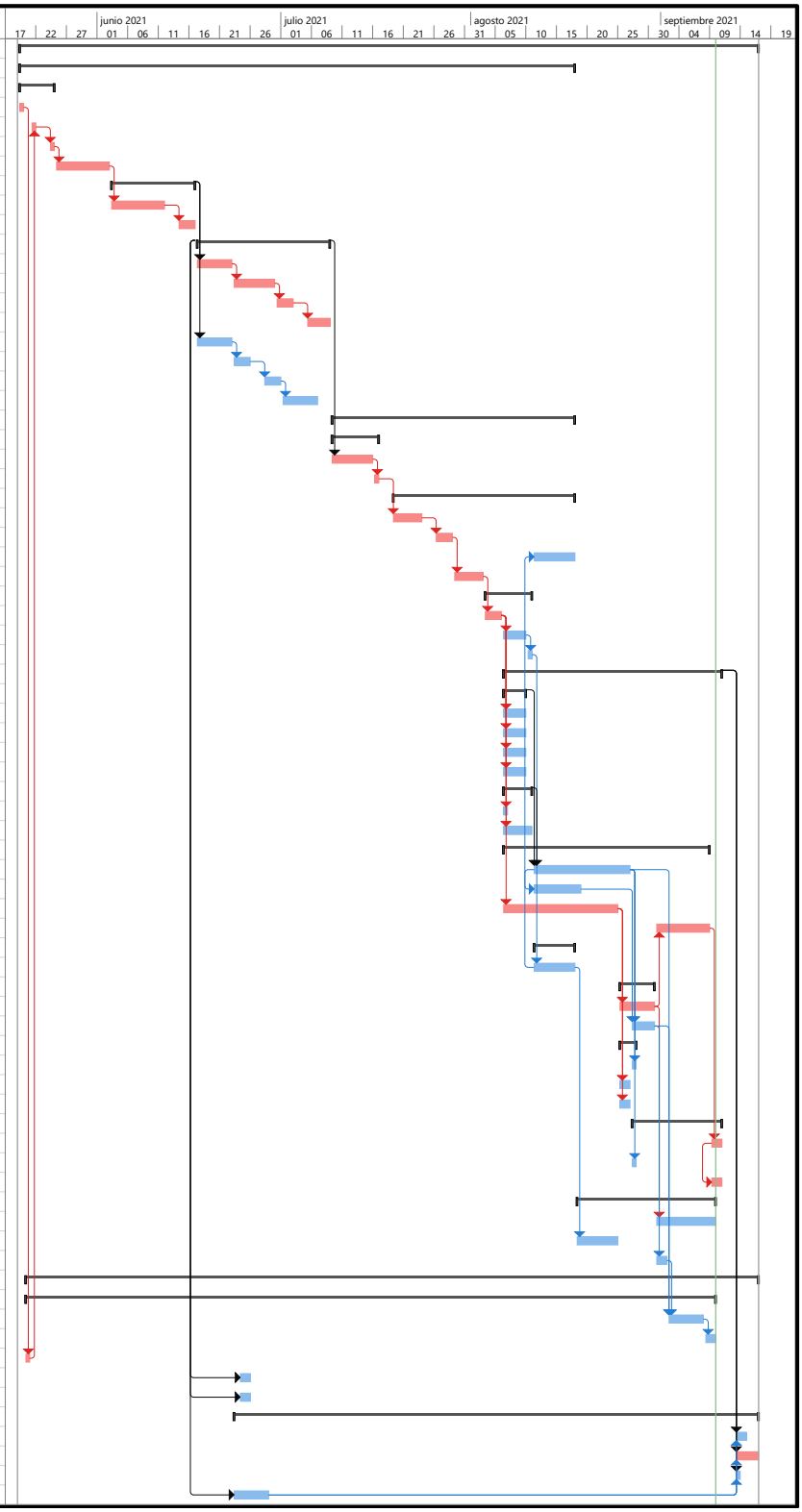


Figura A- 28: Programación construcción vivienda con sistema tradicional. Elaboración propia.

Nombre de tarea	Duración
CONSTRUCCIÓN VIVIENDA TRADICIONAL	**87 días**
OBRA GRUESA	**65 días**
MOVIMIENTO DE TIERRA	**4 días**
Rebajes (escarificación)	1 día
Relleno	1 día
Compactación	1 día
FUNDACIONES Y VIGAS MAESTRAS	7 días
ESTRUCTURA PISO	**10 días**
Estructura Piso	7 días
Instalación OSB	3 días
ESTRUCTURA TABIQUE	**16 días**
Estructura Tabique Exterior (Revest. OSB)	4 días
Instalación OSB Exterior	5 días
Estructura Tabique Exterior (Revest. Yeso-Cartón	3 días
Instalación Yeso-Cartón Exterior	4 días
Estructura Tabique Interior (Revest. OSB)	4 días
Instalación OSB Interior	3 días
Estructura Tabique Interior (Revest. Yeso-Cartón)	3 días
Instalación Yeso-Cartón Interior	4 días
TECHUMBRE	**28 días**
Base Techumbre	**6 días**
Estructura Base Techumbre	5 días
Instalación OSB en Base Techumbre	1 día
Frontón	**22 días**
Estructura Frontón	5 días
Instalación OSB exterior	3 días
Revestimiento Exterior (siding)	5 días
Cercha	3 días
Cubierta Techumbre	**6 días**
Instalación OSB	3 días
Colocación Zinc-Alum	2 días
Instalación Caballete	1 día
TERMINACIONES	**26 días**
RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS	**2 días**
Ventana 60x60	2 días
Ventana 150x150	2 días
Ventana 121x100	2 días
Ventana 60x120	2 días
RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS	**3 días**
Puerta Exterior	1 día
Puerta Interior	3 días
REVESTIMIENTO PAREDES INTERIORES	**24 días**
Pared Baño y Loggia	12 días
Pared Cocina	6 días
Pared Living - Comedor y Dormitorio (fibrocemer	13 días
Pintura Barniz	7 días
REVESTIMIENTO PAREDES EXTERIORES	**5 días**
Revestimiento Exterior (siding)	5 días
REVESTIMIENTO CIELO	**4 días**
Machimbrado	4 días
Yeso cartón	2 días
PAVIMENTOS	**3 días**
Piso Baño y Loggia	1 día
Piso Dormitorio	2 días
Piso Living - Comedor y Cocina	2 días
MOLDURAS	**11 días**
Guardapolvos	2 días
Guardapolvos Cerámica	1 día
Cuarto rodón	2 días
Pinturas	**17 días**
Barniz (Interior)	8 días
Pintura (Exterior)	5 días
Esmalte Sintético	2 días
INSTALACIONES	**86 días**
INSTALACIÓN SANITARIA	**81 días**
Artefactos	4 días
Grifería	2 días
Alcantarillado	1 día
Agua Potable Fría	2 días
Agua Potable Caliente	2 días
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	**62 días**
Iluminación	2 días
Enchufes	4 días
Tablero General	1 día
Canalización Eléctrica	4 días



ANEXO C: PRECIOS UNITARIOS CONSTRUCCIÓN MODULAR

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rebajes (escarificación)	**m3**	**1**	**$1.997**	**$1.997**
Retroexcavadora	MD	0,01	$170.000	$1.700
Jornal	HD	0,01	$23.000	$230
Leyes Sociales	%	29	$230	$67

Tabla A - 5: A.P.U. rebajes (escarificación) del terreno. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Relleno y compactación	**m3**	**1**	**$19.355**	**$19.355**
Grava	m3	1,10	$14.489	$15.938
Retroexcavadora	MD	0,01	$170.000	$1.700
Vibropisón	MD	0,08	$13.490	$1.124
Jornal	HD	0,01	$46.000	$460
Leyes Sociales	%	29	$460	$133

Tabla A - 6: A.P.U. relleno y compactación del terreno. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Fundaciones y vigas maestras	**m2**	**1**	**$32.660**	**$32.660**
Apoyo de Hormigón 10x25x50 cm	un	0,85	$4.714	$3.989
Nativo coigue 2x4''	un	0,51	$23.109	$11.851
Carbolineo	galón	0,16	$12.008	$1.931
Soporte viga madera 2x4''	un	1,477	$1.429	$2.110
Ángulo de refuerzo 2x4"	un	0,062	$2.336	$144
Tornillo para soporte	un	12,18	$25	$306
Plato clavable 1x5"	un	0,43	$1.118	$481
Ángulo de refuerzo 3x3"	un	1,11	$3.941	$4.366
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.800
Leyes Sociales	%	29	$5.800	$1.682

Tabla A - 7: A.P.U. fundaciones y vigas maestras. Elaboración propia.

Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P. Unitario**	**P. Total**
Estructura piso	**m2**	**1**	**$23.750**	**$23.750**
OSB estructural 15 mm x 122 x 244 cm	un	0,34	$12.597	$4.232
Soporte viga madera 2x4''	un	1,50	$1.429	$2.143
Nativo roble 2x4''	un	0,83	$4.770	$3.975
Nativo roble 2x2'' (solera amarre)	un	0,56	$2.382	$1.324
Tornillo para madera 6x2" 144 unidades	un	15	$25	$377
Adhesivo de montaje multiproposito: fast set adhesivo	un	0,19	$6.277	$1.180
Grapa galvanizada 1 1/2" 1 kg	un	9	$27	$242
Tornillo para soporte	un	12	$25	$302
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,13	$58.000	$7.733
Leyes Sociales	%	29	$7.733	$2.243

Tabla A - 8: A.P.U. estructura piso. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique exterior (revest. OSB)	**m2**	**1**	**$17.639**	**$17.639**
Nativo dimensionado seco 2 x 3"	un	1,35	$3.577	$4.829
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	10	$13	$129
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,67	$8.395	$5.640
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	30	$33	$977
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,05	$58.000	$2.779
Leyes Sociales	%	29	$2.779	$806

Tabla A - 9: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de OSB. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique exterior (revest. yeso-cartón)	**m2**	**1**	**$53.265**	**$53.265**
Nativo dimensionado seco 2 x 3"	un	1,71	$3.577	$6.121
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	14	$13	$181
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
12,5 mm 120x240 cm Volcanita borde rebajado RH	un	0,35	$10.872	$3.775
Tornillo yesocartón cromado 6 x 1 1/4"	un	12	$113	$1.359
Masilla para juntas	saco	0,01	$11.168	$156
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	2,98	$10.872	$32.365
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,08	$58.000	$4.713
Leyes Sociales	%	29	$4.713	$1.367

Tabla A - 10: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia.

Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P. Unitario**	**P. Total**
Estructura tabique interior (revest OSB)	**m2**	**1**	**$17.375**	**$17.375**
Nativo dimensionado seco 2 x 3"	un	1,35	$3.577	$4.829
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	10	$13	$129
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,67	$8.395	$5.640
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	30	$33	$977
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,05	$58.000	$2.779
Leyes Sociales	%	29	$2.779	$806

Tabla A - 11: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de OSB. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique interior (revest. yeso-cartón - OSB)	**m2**	**1**	**$52.739**	**$52.739**
Nativo dimensionado seco 2 x 3"	un	1,71	$3.577	$6.121
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	14	$13	$181
12,5 mm 120x240 cm Volcanita borde rebajado RH	un	0,35	$10.872	$3.775
Tornillo yesocartón cromado 6 x 1 1/4"	un	12	$113	$1.359
Masilla para juntas	saco	0,01	$11.168	$156
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	2,98	$10.872	$32.365
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,08	$58.000	$4.713
Leyes Sociales	%	29	$4.713	$1.367

Tabla A - 12: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Montaje módulos	**gl**	**1**	**$513.191**	**$513.191**
Tornillo Turbo Screw Punta Fina Calibre 6 x 120mm largo	un	130	$245	$31.855
Tornillo Turbo Screw Punta Fina Calibre 6 x 100mm largo	un	100	$148	$14.773
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	160	$33	$5.210
Clavo helicoidal pallet 2"	un	160	$17	$2.647
Clavo helicoidal pallet 2" (Unión Tabique-Entramado y Tabique-Techo)	un	120	$17	$1.985
Grúa	MD	8	$30.000	$240.000
Rigger	HD	1	$28.000	$28.000
4 Carpinteros	HD	1	$140.000	$140.000
Leyes Sociales	%	29	$168.000	$48.720

Tabla A - 13: A.P.U. montaje y ensamblaje de los módulos. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cercha	**un**	**1**	**$52.191**	**$52.191**
Madera Nativa 2x2''	un	3,14	$2.382	$7.475
Clavo Corriente Inchalam 3"	un	34	$10	$333
Plato dentado 2x4"	un	24	$832	$19.966
Plato dentado 3x6"	un	16	$1.168	$18.689
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,08	$58.000	$4.441
Leyes Sociales	%	29	$4.441	$1.288

Tabla A - 14: A.P.U. construcción cercha. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Base techo	**m2**	**1**	**$14.352**	**$14.352**
Tablero OSB construcción 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,34	$8.395	$2.820
Adhesivo de montaje multipropósito: fast set adhesivo	un	0,19	$6.277	$1.180
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construcción 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,34	$10.076	$3.385
Nativo roble 2x4''	un	0,38	$4.770	$1.794
Nativo roble 2x2''	un	0,46	$2.382	$1.100
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,05	$58.000	$2.779
Leyes Sociales	%	29	$2.779	$806

Tabla A - 15: A.P.U. construcción de la base del techo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Frontón	**un**	**1**	**$181.182**	**$181.182**
Madera Nativa 2x2''	un	5,43	$2.382	$12.924
Clavo Corriente Inchalam 3"	un	34	$10	$333
Plato dentado 2x4"	un	36	$832	$29.950
Plato dentado 3x6"	un	16	$1.168	$18.689
Traslapo 1x5x3.2 m madera Nativa	m2	3,21	$29.855	$95.690
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	1,08	$8.395	$9.039
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	25,64	$4	$94
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,11	$61.336	$6.826
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.541
Leyes Sociales	%	29	$5.541	$1.607

Tabla A - 16: A.P.U. construcción frontón del techo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cubierta Techumbre	**m2**	**1**	**$18.042**	**$18.042**
Caballete galvanizado 0,35x250x3000 mm	un	0,06	$4.384	$263
Zinc-Alum acanalada espesor 0.35 mm (Cubierta)	un	0,39	$8.311	$3.255
Clavo para techo 2 1/2"	un	6	$61	$366
Fieltro asfáltico Crepado #10	rollo	0,03	$13.269	$332
OSB estructural 15 mm 1,22x2,44 m	un	0,34	$12.597	$4.232
Tornillo para madera 10x2 1/2"	un	15	$54	$813
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$61.336	$2.130
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,09	$58.000	$5.156
Leyes Sociales	%	29	$5.156	$1.495

Tabla A - 17: A.P.U. cubierta techumbre. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Baño y Loggia	**m2**	**1**	**$18.762**	**$18.762**
Cerámica Muro blanco 20x30 cm	caja	0,67	$5.546	$3.697
Adhesivo Porcelanato Doble Accion en Polvo 25 Kg	bolsa	0,25	$8.395	$2.099
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
1 Ceramista	HD	0,25	$38.000	$9.500
Leyes Sociales	%	29	$9.500	$2.755

Tabla A - 18: A.P.U. revestimiento pared baño y loggia. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Cocina	**m2**	**1**	**$18.762**	**$18.762**
Cerámica Muro blanco 20x30 cm	caja	0,67	$5.546	$3.697
Adhesivo Porcelanato Doble acción en Polvo 25 Kg	bolsa	0,25	$8.395	$2.099
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
1 Ceramista	HD	0,25	$38.000	$9.500
Leyes Sociales	%	29	$9.500	$2.755

Tabla A - 19: A.P.U. revestimiento pared concina. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Living - Comedor y Dormitorio	**m2**	**1**	**$36.658**	**$36.658**
Machimbrado Nativo Raulí	m2	1	$34.364	$34.364
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	10	$4	$37
1 Carpintero	HD	0,05	$35.000	$1.750
Leyes Sociales	%	29	$1.750	$508

Tabla A - 20: A.P.U. revestimiento pared living-comedor y dormitorio. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Revestimiento Exterior	**m2**	**1**	**$33.447**	**$33.447**
Traslapo 1x5x3.2 m madera Nativa	m2	1	$29.855	$29.855
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	8	$4	$29
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,05	$58.000	$2.762
Leyes Sociales	%	29	$2.762	$801

Tabla A - 21: A.P.U. revestimiento paredes exteriores. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cielo Madera	**m2**	**1**	**$39.745**	**$39.745**
Machimbrado Nativo Raulí	m2	1,00	$34.364	$34.364
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	10	$4	$37
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,07	$58.000	$4.143
Leyes Sociales	%	29	$4.143	$1.201

Tabla A - 22: A.P.U. revestimiento del cielo con madera. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 60x60	**un**	**1**	**$132.795**	**$132.795**
Ventana proyectante termopanel stipolite aluminio premium select 60x60 blanco	un	1	$83.185	$83.185
Madera nativa raulí 2x4''	un	2,49	$4.770	$11.871
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 23: A.P.U. instalación ventana 60x60 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 150x150	**un**	**1**	**$208.649**	**$208.649**
Ventanal termopanel aluminio premium 150x150 madera corredera	un	1	$142.849	$142.849
Madera nativa raulí 2x4''	un	3,20	$4.770	$15.263
Tornillo para madera 8x2"	un	24	$27	$657
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 24: A.P.U. instalación ventana 150x150 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 121x100	**un**	**1**	**$144.268**	**$144.268**
Ventana termopanel aluminio intermedio next 121x100 madera corredera	un	1	$80.697	$80.697
Madera nativa raulí 2x4''	un	2,76	$4.770	$13.143
Tornillo para madera 8x2"	un	20	$27	$547
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 25: A.P.U. instalación ventana 121x100 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 60x120	**un**	**1**	**$193.350**	**$193.350**
Ventana proyectante termopanel aluminio premium select 60x120 madera	un	1	$132.008	$132.008
Madera nativa raulí 2x4''	un	2,31	$4.770	$11.023
Tornillo para madera 8x2"	un	16	$27	$438
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 26: A.P.U. instalación ventana 60x120 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rasgo e instalación de puerta exterior	**un**	**1**	**$167.868**	**$167.868**
Puerta Prestige HDF 60x200 C/2 Paneles C/ Perforación Blanco Prepint	un	1	$31.504	$31.504
Juego marco puerta madera raulí 30x90 3,5mt	un	2	$29.412	$58.824
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
Tarugo estriado 45 x 8 mm	un	12	$22	$258
Bisagra acero inoxidable 3"x3"	un	1	$3.748	$3.748
Cerradura acceso 1080-935 L/F	un	1	$43.277	$43.277
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,40	$58.000	$23.200
Leyes Sociales	%	29	$23.200	$6.728

Tabla A - 27: A.P.U. rasgo e instalación puerta exterior. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rasgo e instalación de puerta interior	**un**	**1**	**$165.380**	**$165.380**
Puerta Amparo HDF 60x200 Café oscuro Swazila Lisa	un	1	$50.092	$50.092
Juego marco puerta madera raulí 30x90 3,5mt	un	2	$29.412	$58.824
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
Tarugo estriado 45 x 8 mm	un	12	$22	$258
Set de bisagras 3x3" 3 unidades zincado	un	1	$1.966	$1.966
Cerradura 9380 Baño/dormitorio inoxidable	un	1	$23.983	$23.983
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,40	$58.000	$23.200
Leyes Sociales	%	29	$23.200	$6.728

Tabla A - 28: A.P.U. rasgo e instalación puerta interior. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Guardapolvo	**ml**	**1**	**$5.564**	**$5.564**
Guardapolvo raulí	m2	1	$4.637	$4.637
Puntas 2 1/2"	un	3	$8	$24
1 Carpintero	HD	0,02	$35.000	$700
Leyes Sociales	%	29	$700	$203

Tabla A - 29: A.P.U. instalación moldura guardapolvo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cuarto rodón	**ml**	**1**	**$2.228**	**$2.228**
Media caña raulí	un	1	$1.301	$1.301
Puntas 2 1/2"	un	3	$8	$24
1 Carpintero	HD	0,02	$35.000	$700
Leyes Sociales	%	29	$700	$203

Tabla A - 30: A.P.U. instalación moldura cuarto rodón. Elaboración propia.

ANEXO D: PRECIOS UNITARIOS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rebajes (escarificación)	**m3**	**1**	**$1.997**	**$1.997**
Retroexcavadora	MD	0,01	$170.000	$1.700
Jornal	HD	0,01	$23.000	$230
Leyes Sociales	%	29	$230	$67

Tabla A - 31: A.P.U. rebajes (escarificación) del terreno. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Relleno y compactación	**m3**	**1**	**$19.355**	**$19.355**
Grava	m3	1,10	$14.489	$15.938
Retroexcavadora	MD	0,01	$170.000	$1.700
Vibropisón	MD	0,08	$13.490	$1.124
Jornal	HD	0,01	$46.000	$460
Leyes Sociales	%	29	$460	$133

Tabla A - 32: A.P.U. relleno y compactación del terreno. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Fundaciones y vigas maestras	**m2**	**1**	**$23.238**	**$23.238**
Apoyo de Hormigón 10x25x50 cm	un	0,85	$4.714	$3.989
Pino bruto impregnado 2x4"	un	0,58	$4.210	$2.429
Carbolineo	galón	0,16	$12.008	$1.931
Soporte viga madera 2x4''	un	1,48	$1.429	$2.110
Ángulo de refuerzo 2x4"	un	0,06	$2.336	$144
Tornillo para soporte	un	12,18	$25	$306
Plato clavable 1x5"	un	0,43	$1.118	$481
Ángulo de refuerzo 3x3"	un	1,11	$3.941	$4.366
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.800
Leyes Sociales	%	29	$5.800	$1.682

Tabla A - 33: A.P.U. fundaciones y vigas maestras. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura piso	**m2**	**1**	**$21.024**	**$21.024**
OSB estructural 15 mm x 122 x 244 cm	un	0,34	$12.597	$4.232
Soporte viga madera 2x4''	un	1,50	$1.429	$2.143
Pino bruto impregnado 2x4"	un	0,94	$4.210	$3.947
Pino impregnado cobre micronizado 2x2''	un	0,63	$1.790	$1.119
Tornillo para madera 6x2" 144 unidades	un	15	$25	$377
Adhesivo de montaje multiproposito: fast set adhesivo	un	0,19	$6.277	$1.180
Grapa galvanizada 1 1/2" 1 kg	un	9	$27	$242
Tornillo para soporte	un	12	$25	$302
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.800
Leyes Sociales	%	29	$5.800	$1.682

Tabla A - 34: A.P.U. estructura piso. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique exterior (revest. osb)	**m2**	**1**	**$22.028**	**$22.028**
Pino impregnado cobre micronizado 2x3''	un	1,52	$2.613	$3.969
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	10	$13	$129
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	30	$33	$977
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,67	$10.872	$7.305
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.558
Leyes Sociales	%	29	$5.558	$1.612

Tabla A - 35: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de OSB. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique exterior (revest. yeso-cartón)	**m2**	**1**	**$62.029**	**$62.029**
Pino impregnado cobre micronizado 2x3''	un	1,93	$2.613	$5.031
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	14	$13	$181
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
12,5 mm RF120x240 cm Volcanita borde rebajado	un	0,69	$10.872	$7.550
Tornillo yesocartón cromado 6 x 1 1/4"	un	12	$113	$1.359
Masilla para juntas	saco	0,01	$11.168	$156
Fieltro asfáltico corrugado 10/40 1,00 x 40mt	rollo	0,03	$10.529	$263
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	2,98	$10.872	$32.365
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,16	$58.000	$9.425
Leyes Sociales	%	29	$9.425	$2.733

Tabla A - 36: A.P.U. estructura tabique exterior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique interior (revest osb)	**m2**	**1**	**$19.535**	**$19.535**
Pino cepillado seco 2x3''	un	1,52	$2.241	$3.404
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	10	$13	$129
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	30	$33	$977
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,67	$8.395	$5.640
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.558
Leyes Sociales	%	29	$5.558	$1.612

Tabla A - 37: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de OSB. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Estructura tabique interior (revest. yeso-cartón - osb)	**m2**	**1**	**$59.054**	**$59.054**
Pino cepillado seco 2x3''	un	1,93	$2.241	$4.314
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$63.782	$2.215
Clavo corriente 4''	un	14	$13	$181
12,5 mm RF120x240 cm Volcanita borde rebajado	un	0,69	$8.378	$5.818
Tornillo yesocartón cromado 6 x 1 1/4"	un	12	$113	$1.359
Masilla para juntas	saco	0,01	$11.168	$156
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	2,98	$10.872	$32.365
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,16	$58.000	$9.425
Leyes Sociales	%	29	$9.425	$2.733

Tabla A - 38: A.P.U. estructura tabique interior con revestimiento de yeso-cartón. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Unión tabiques	**gl**	**1**	**$237.071**	**$237.071**
Tornillo Turbo Screw Punta Fina Calibre 6 x 120mm largo	un	130	$245	$31.855
Tornillo Turbo Screw Punta Fina Calibre 6 x 100mm largo	un	100	$148	$14.773
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	160	$33	$5.210
Clavo helicoidal pallet 2"	un	160	$17	$2.647
Clavo helicoidal pallet 2" (Unión Tabique-Entramado y Tabique-Techo)	un	120	$17	$1.985
4 Carpinteros	HD	1	$140.000	$140.000
Leyes Sociales	%	29	$140.000	$40.600

Tabla A - 39: A.P.U. unión de tabiques. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cercha	**un**	**1**	**$56.483**	**$56.483**
Pino dimensionado impregnado 2x2"	un	3,14	$1.924	$6.038
Clavo Corriente Inchalam 3"	un	34	$10	$333
Plato dentado 2x4"	un	24	$832	$19.966
Plato dentado 3x6"	un	16	$1.168	$18.689
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,15	$58.000	$8.881
Leyes Sociales	%	29	$8.881	$2.576

Tabla A - 40: A.P.U. construcción cercha. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Base techo	**m2**	**1**	**$17.924**	**$17.924**
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,34	$8.395	$2.820
Adhesivo de montaje multiproposito: fast set adhesivo	un	0,19	$6.277	$1.180
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	0,34	$10.076	$3.385
Pino impregnado cobre micronizado 2x4''	un	0,42	$4.445	$1.881
Pino dimensionado impregnado 2x2"	un	0,52	$1.924	$999
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.558
Leyes Sociales	%	29	$5.558	$1.612

Tabla A - 41: A.P.U. construcción de la base del techo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Frontón	**un**	**1**	**$120.811**	**$120.811**
Pino dimensionado impregnado 2x2"	un	5,43	$1.924	$10.440
Clavo Corriente Inchalam 3"	bolsa	34	$10	$333
Plato dentado 2x4"	un	36	$832	$29.950
Plato dentado 3x6"	un	16	$1.168	$18.689
Siding fibrocemento 6mm 19x16 3.66m Natural	m2	3,21	$10.676	$34.219
Tablero OSB construccion 9,5mm 1,22x2,44mt	un	1,08	$8.395	$9.039
Tornillo para madera 6x1 1/2"	un	15	$33	$488
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	25,64	$4	$94
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,11	$61.336	$6.826
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,14	$58.000	$8.320
Leyes Sociales	%	29	$8.320	$2.413

Tabla A - 42: A.P.U. construcción frontón del techo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cubierta Techumbre	**m2**	**1**	**$19.289**	**$19.289**
Caballete galvanizado 0,35x250x3000 mm	un	0,06	$4.384	$263
Zinc-Alum acanalada espesor 0.35 mm (Cubierta)	un	0,39	$8.311	$3.255
Clavo para techo 2 1/2"	un	6	$61	$366
Fieltro asfáltico Crepado #10	rollo	0,03	$13.269	$332
OSB estructural 15 mm 1,22x2,44 m	un	0,34	$12.597	$4.232
Tornillo para madera 10x2 1/2"	un	15	$54	$813
Lana de vidrio R122 libre 50mm 1,2x24m 1 rollo (Aislanglass)	rollo	0,03	$61.336	$2.130
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,11	$58.000	$6.122
Leyes Sociales	%	29	$6.122	$1.775

Tabla A - 43 A.P.U. cubierta techumbre. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Baño y Loggia	**m2**	**1**	**$18.762**	**$18.762**
Cerámica Muro blanco 20x30 cm	caja	0,67	$5.546	$3.697
Adhesivo Porcelanato Doble Accion en Polvo 25 Kg	bolsa	0,25	$8.395	$2.099
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
1 Ceramista	HD	0,25	$38.000	$9.500
Leyes Sociales	%	29	$9.500	$2.755

Tabla A - 44: A.P.U. revestimiento pared baño y loggia. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Cocina	**m2**	**1**	**$18.762**	**$18.762**
Cerámica Muro blanco 20x30 cm	caja	0,67	$5.546	$3.697
Adhesivo Porcelanato Doble Accion en Polvo 25 Kg	bolsa	0,25	$8.395	$2.099
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
1 Ceramista	HD	0,25	$38.000	$9.500
Leyes Sociales	%	29	$9.500	$2.755

Tabla A - 45: A.P.U. revestimiento pared concina. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Pared Living - Comedor y Dormitorio	**m2**	**1**	**$18.315**	**$18.315**
Fibrocemento simplísima 6mm 120x240 cm listoneada soft	m2	0,35	$30.810	$10.698
Tornillo fibrocemento avellante 6x1" punta fina	un	12	$10	$125
Silicona acética blanca	un	0,83	$11	$9
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.800
Leyes Sociales	%	29	$5.800	$1.682

Tabla A - 46: A.P.U. revestimiento pared living-comedor y dormitorio. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Revestimiento Exterior	**m2**	**1**	**$14.268**	**$14.268**
Siding fibrocemento 6mm 19x16 3.66m Natural	m2	2,27	$4.697	$10.676
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	8	$4	$29
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,05	$58.000	$2.762
Leyes Sociales	%	29	$2.762	$801

Tabla A - 47: A.P.U. revestimiento paredes exteriores. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cielo Madera	**m2**	**1**	**$10.628**	**$10.628**
Machimbrado pino seco 3/4 x 4 x 3,20 m	m2	3,08	$1.706	$5.247
Punta Corriente Inchalam 2''x14	un	10	$4	$37
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,07	$58.000	$4.143
Leyes Sociales	%	29	$4.143	$1.201

Tabla A - 48: A.P.U. revestimiento del cielo con madera. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 60x60	**un**	**1**	**$133.370**	**$133.370**
Ventana proyectante termopanel stipolite aluminio premium select 60x60 blanco	un	1	$83.185	$83.185
Pino impregnado cobre micronizado 2x4''	un	2,80	$4.445	$12.447
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 49: A.P.U. instalación ventana 60x60 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 150x150	**un**	**1**	**$209.389**	**$209.389**
Ventanal termopanel aluminio premium 150x150 madera corredera	un	1	$142.849	$142.849
Pino impregnado cobre micronizado 2x4''	un	3,60	$4.445	$16.003
Tornillo para madera 8x2"	un	24	$27	$657
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 50: A.P.U. instalación ventana 150x150 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 121x100	**un**	**1**	**$144.906**	**$144.906**
Ventana termopanel aluminio intermedio next 121x100 madera corredera	un	1	$80.697	$80.697
Pino impregnado cobre micronizado 2x4''	un	3,10	$4.445	$13.781
Tornillo para madera 8x2"	un	20	$27	$547
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 51: A.P.U. instalación ventana 121x100 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ventana 60x120	**un**	**1**	**$193.884**	**$193.884**
Ventana proyectante termopanel aluminio premium select 60x120 madera	un	1	$132.008	$132.008
Pino impregnado cobre micronizado 2x4''	un	2,60	$4.445	$11.558
Tornillo para madera 8x2"	un	16	$27	$438
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 52: A.P.U. instalación ventana 60x120 cm. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rasgo e instalación de puerta exterior	**un**	**1**	**$133.826**	**$133.826**
Puerta Prestige HDF 60x200 C/2 Paneles C/ Perforación Blanco Prepint	un	1	$31.504	$31.504
Juego marco puerta madera pino oregon 2x4" 5,4mt	un	1	$24.782	$24.782
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
Tarugo estriado 45 x 8 mm	un	12	$22	$258
Bisagra acero inoxidable 3"x3"	un	1	$3.748	$3.748
Cerradura acceso 1080-935 L/F	un	1	$43.277	$43.277
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,40	$58.000	$23.200
Leyes Sociales	%	29	$23.200	$6.728

Tabla A - 53: A.P.U. rasgo e instalación puerta exterior. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Rasgo e instalación de puerta interior	**un**	**1**	**$131.338**	**$131.338**
Puerta Amparo HDF 60x200 Café oscuro Swazila Lisa	un	1	$50.092	$50.092
Juego marco puerta madera pino oregon 2x4" 5,4mt	un	1	$24.782	$24.782
Tornillo para madera 8x2"	un	12	$27	$328
Tarugo estriado 45 x 8 mm	un	12	$22	$258
Set de bisagras 3x3" 3 unidades zincado	un	1	$1.966	$1.966
Cerradura 9380 Baño/dormitorio inoxidable	un	1	$23.983	$23.983
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,40	$58.000	$23.200
Leyes Sociales	%	29	$23.200	$6.728

Tabla A - 54: A.P.U. rasgo e instalación puerta interior. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Guardapolvos	**ml**	**1**	**$1.681**	**$1.681**
Guardapolvo	m2	0,33	$2.261	$754
Puntas 2 1/2"	un	3,00	$8	$24
1 Carpintero	HD	0,02	$35.000	$700
Leyes Sociales	%	29	$700	$203

Tabla A - 55: A.P.U. instalación moldura guardapolvo. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cuarto rodón	**ml**	**1**	**$1.462**	**$1.462**
Cuarto rodón	un	0,33	$1.605	$535
Puntas 2 1/2"	un	3	$8	$24
1 Carpintero	HD	0,02	$35.000	$700
Leyes Sociales	%	29	$700	$203

Tabla A - 56: A.P.U. instalación moldura cuarto rodón. Elaboración propia.

ANEXO E: PRECIOS UNITARIOS EQUIVALENTES EN CONSTRUCCIÓN MODULAR Y TRADICIONAL

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Cielo Yeso-Cartón	**m2**	**1**	**$12.772**	**$12.772**
12,5 mm 120x240 cm Volcanita borde rebajado RH	un	0,35	$10.872	$3.775
Tornillo yesocartón cromado 6 x 1 1/4"	un	12	$113	$1.359
Masilla para juntas	saco	0,01	$11.168	$156
1 Carpintero + 1 Ayudante	HD	0,10	$58.000	$5.800
Leyes Sociales	%	29	$5.800	$1.682

Tabla A - 57: A.P.U. revestimiento del cielo con yeso-cartón. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Barniz	**m2**	**1**	**$5.573**	**$5.573**
Barniz	galón	0,10	$14.012	$1.401
Brocha cal 5/8x4''	un	0,01	$4.353	$44
Lija madera N°50	un	0,15	$160	$24
1 Pintor	HD	0,09	$35.000	$3.182
Leyes Sociales	%	29	$3.182	$923

Tabla A - 58: A.P.U. aplicación de barniz (2 manos). Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Esmalte Sintético	**m2**	**1**	**$7.665**	**$7.665**
Esmalte Sintético	galón	0,16	$21.832	$3.493
Brocha cal 5/8x4''	un	0,01	$4.353	$44
Lija madera N°50	un	0,15	$160	$24
1 Pintor	HD	0,09	$35.000	$3.182
Leyes Sociales	%	29	$3.182	$923

Tabla A - 59: A.P.U. aplicación de esmalte sintético (2 manos). Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Piso baño y loggia	**m2**	**1**	**$19.297**	**$19.297**
Porcelanato arena 60x60 cm 1,44 m2	caja	0,69	$15.513	$10.773
Adhesivo Cerámico Standard en polvo 25 Kg	bolsa	0,33	$2.429	$810
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
2 Ceramistas	HD	0,07	$76.000	$5.429
Leyes Sociales	%	29	$5.429	$1.574

Tabla A - 60: A.P.U. colocación de pavimentos en baños y loggia. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Piso dormitorio	**m2**	**1**	**$25.322**	**$25.322**
Porcelanato	caja	0,83	$20.158	$16.798
Adhesivo Ceramico Standard en polvo 25 Kg	bolsa	0,33	$2.429	$810
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
2 Ceramistas	HD	0,07	$76.000	$5.429
Leyes Sociales	%	29	$5.429	$1.574

Tabla A - 61: A.P.U. colocación de pavimientos en dormitorios. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Piso living - comedor y cocina	**m2**	**1**	**$22.356**	**$22.356**
Porcelanato 15x60 blanco 1,26 m2	caja	0,79	$17.429	$13.832
Adhesivo Ceramico Standard en polvo 25 Kg	bolsa	0,33	$2.429	$810
Frague 5 kg	bolsa	0,10	$4.992	$499
Espaciador 2 mm con tomador	un	20	$11	$212
2 Ceramiqueros	HD	0,07	$76.000	$5.429
Leyes Sociales	%	29	$5.429	$1.574

Tabla A - 62: A.P.U. colocación de pavimentos en living-comedor y cocina. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Moldura cerámica	**ml**	**1**	**$2.358**	**$2.358**
Porcelanato arena 60x60 cm	un	0,28	$3.878	$1.077
Adhesivo Cerámico Standard en polvo 25 Kg	bolsa	0,03	$2.429	$81
Frague 5 kg	bolsa	0,01	$4.992	$50
Espaciador 2 mm con tomador	un	2	$11	$21
1 Ceramista	HD	0,03	$35.000	$875
Leyes Sociales	%	29	$875	$254

Tabla A - 63: A.P.U. instalación de moldura de cerámica. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
WC	**un**	**1**	**$101.114**	**$101.114**
WC One Piece Vinciny Dacqua	un	1	$46.210	$46.210
Silicona Neutra	un	0,50	$4.383	$2.192
Sello antifugas cera	un	1	$1.832	$1.832
Llave angular	un	1	$4.092	$4.092
Tornillo 2 1/2''	un	4	$2.345	$9.378
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 64: A.P.U. instalación de WC. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Lavamanos con pedestal	**un**	**1**	**$60.106**	**$60.106**
Lavamanos Loza 48x56x45 cm	un	1	$8.824	$8.824
Silicona neutra	un	0,50	$4.383	$2.192
Sifón lavamanos	un	1	$2.303	$2.303
Tornillo	un	4	$2.345	$9.378
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 65: A.P.U. instalación de lavamanos con pedestal. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Receptáculo para ducha	**un**	**1**	**$75.123**	**$75.123**
Receptáculo para ducha 14x80x80 cm blanco	un	1	$31.941	$31.941
Silicona neutra	un	0,50	$4.383	$2.192
Sifón receptáculo ducha	un	1	$3.353	$3.353
Estuco nivelador	lt	0,07	$3.185	$227
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 66: A.P.U. instalación de receptáculo para ducha. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Tina de baño	**un**	**1**	**$112.606**	**$112.606**
Tina de baño rectangular 150 cm	un	1	$67.005	$67.005
Silicona neutra	un	1	$4.383	$4.383
Sifón	un	1	$3.353	$3.353
Estuco nivelador	lt	0,14	$3.185	$455
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 67: A.P.U. instalación de tina de baño. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Lavaplatos	**un**	**1**	**$62.694**	**$62.694**
Lavaplatos sobreponer 80x50 1C1E	un	1	$16.798	$16.798
Silicona neutra	un	0,50	$4.383	$2.192
Sifón lavaplatos	un	1	$6.294	$6.294
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,50	$58.000	$29.000
Leyes Sociales	%	29	$29.000	$8.410

Tabla A - 68: A.P.U. instalación de lavaplatos. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Grifería	**gl**	**1**	**$145.388**	**$145.388**
Monomando tina ducha Versa cromo	un	1	$44.529	$44.529
Monomando para ducha abs stanna	un	1	$15.874	$15.874
Monomando lavamanos Perugia	un	2	$10.413	$20.827
Monomando cocina vertical Perugia	un	1	$14.277	$14.277
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,67	$58.000	$38.667
Leyes Sociales	%	29	$38.667	$11.213

Tabla A - 69: A.P.U. instalaciones de las griferías. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Alcantarillado	**gl**	**1**	**$173.474**	**$173.474**
Cámara de inspección polietileno 100 L	un	1	$47.891	$47.891
Desgrasador polietileno 100 L	un	1	$42.740	$42.740
Tubo PVC-S 110mm x 6m Gris Cementar	ml	22,50	$1.595	$35.893
Tubo PVC-S 50mm x 1m Gris Cementar	ml	1,72	$916	$1.575
Copla PVC-S Cementar 110mm Gris 1u	un	1,00	$1.672	$1.672
Codo 45o PVC-S Cementar 110mm Gris 1u	un	6	$1.672	$10.034
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,45	$58.000	$26.100
Leyes Sociales	%	29	$26.100	$7.569

Tabla A - 70: A.P.U. instalación de la red de alcantarillado. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Agua potable fría	**gl**	**1**	**$152.668**	**$152.668**
Cañería Cobre agua 3/4" x 6m	ml	23,54	$3.640	$85.687
Codo bronce 3/4"	un	5	$1.168	$5.840
Tee bronce 3/4"	un	6	$1.084	$6.504
Copla bronce 3/4''	un	2	$832	$1.664
Pasta soldar 50 gr	un	3	$832	$2.496
Gas butano 190 gr	un	2	$1.336	$2.672
Soplete gas butano	un	1	$9.235	$9.235
Soldadura estaño 50% 1 m	un	2	$1.672	$3.345
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,47	$58.000	$27.306
Leyes Sociales	%	29	$27.306	$7.919

Tabla A - 71: A.P.U. instalación de la red fría de agua potable. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Agua potable caliente	**gl**	**1**	**$293.239**	**$293.239**
Cañería Cobre agua 3/4" x 6m	ml	21,71	$3.640	$79.026
Codo bronce 3/4"	un	6	$1.168	$7.008
Tee bronce 3/4"	un	4	$1.084	$4.336
Copla bronce 3/4''	un	2	$832	$1.664
Pasta soldar 50 gr	un	3	$832	$2.496
Gas butano 190 gr	un	2	$1.336	$2.672
Soplete gas butano	un	1	$9.235	$9.235
Soldadura estaño 50% 1 m	un	2	$1.672	$3.345
Calefont 11 L gas licuado	un	1	$142.849	$142.849
1 Gasfiter + 1 Ayudante	HD	0,54	$58.000	$31.480
Leyes Sociales	%	29	$31.480	$9.129

Tabla A - 72: A.P.U. instalación de la red caliente de agua potable. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Iluminación	**gl**	**1**	**$146.302**	**$146.302**
Panel led sobrepuesto circular 18 W luz cálida	un	8	$6.714	$53.714
Panel led sobrepuesto circular 24 W luz fría	un	3	$8.395	$25.185
1 Electricista	HD	1,38	$38.000	$52.250
Leyes Sociales	%	29	$52.250	$15.153

Tabla A - 73: A.P.U. instalación iluminación. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Enchufes	**gl**	**1**	**$191.626**	**$191.626**
Interruptor simple (9/12) 16 A	un	7	$1.143	$8.000
Interruptor doble (9/15) 16 A	un	2	$1.723	$3.445
Tomacorriente simple 10 A	un	4	$1.420	$5.681
Tomacorriente doble 10 A	un	13	$1.168	$15.185
1 Electricista	HD	3,25	$38.000	$123.500
Leyes Sociales	%	29	$123.500	$35.815

Tabla A - 74: A.P.U. instalación de enchufes. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Tablero general	**gl**	**1**	**$79.272**	**$79.272**
Interruptor diferencial bip 30 ma 25 amper	un	1	$13.437	$13.437
Interruptor automático c45n 1x10	un	6	$1.824	$10.941
Tablero embutible PVC 12 módulos	un	1	$5.874	$5.874
1 Electricista	HD	1	$38.000	$38.000
Leyes Sociales	%	29	$38.000	$11.020

Tabla A - 75: A.P.U. instalación tablero general de electricidad. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Canalización eléctrica	**gl**	**1**	**$353.817**	**$353.817**
Tubo PVC conduit 50 mm 6 mt	un	16	$4.667	$74.676
Curva PVC conduit 90° 50mm	un	24	$1.336	$32.067
Caja de distribución embutida	un	32	$412	$13.176
Cable Evaflex 2,5 mm2 rojo rollo 100 metros	rollo	0,96	$26.882	$25.678
Cable Evaflex 2,5 mm2 blanco rollo 100 metros	rollo	0,96	$26.882	$25.678
Cable Evaflex 2,5 mm2 verde rollo 100 metros	rollo	0,96	$26.882	$25.678
1 Electricista + 1 Ayudante	HD	3,20	$38.000	$121.600
Leyes Sociales	%	29	$121.600	$35.264

Tabla A - 76: A.P.U. instalación de la red de canalización eléctrica. Elaboración propia.

ANEXO F: GASTOS GENERALES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MODULAR Y TRADICIONAL

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	**INSTALACIÓN DE FAENA**	**gl**	**1**	**$3.333**	**$3.333**
1.1	Baño químico	$/mes	0,03	$100.000	$3.333
2	**MAQUINARIA Y MOVILIZACIÓN**	**gl**	**1**	**$476.000**	**$476.000**
2.1	Camión tolva	$/hora	8	$25.000	$200.000
2.2	Transporte cama baja	$/km	120	$2.300	$276.000
2.3	Transporte de pasajeros	$/día	1,00	$70.000	$70.000
3	**EQUIPOS**	**gl**	**1**	**$18.000**	**$18.000**
3.1	Generador eléctrico	$/día	1	$18.000	$18.000
4	**ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**	**gl**	**1**	**$601.377**	**$601.377**
4.1	Casco	un	10	$2.261	$22.605
4.2	Chaleco reflectante	un	10	$5.874	$58.739
4.3	Guantes de seguridad	un	10	$1.336	$13.361
4.4	Arnés de seguridad	un	6	$15.513	$93.076
4.5	Antiparra	un	10	$8.227	$82.269
4.6	Capas lluvias	un	8	$2.807	$22.454
4.7	Calzado de seguridad	un	10	$21.630	$216.303
4.8	Extintor	un	1	$13.563	$13.563
4.9	Bloqueador solar	un	1	$16.990	$16.990
4.10	Conos	un	6	$10.336	$62.017
5	**ALIMENTACIÓN**	**$/día**	**1**	**$18.000**	**$18.000**
TOTAL					**$1.116.710**

Tabla A - 77: Gastos generales construcción de vivienda modular. Elaboración propia.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	**INSTALACIÓN DE FAENA**	**gl**	**1**	**$1.200.000**	**$1.200.000**
1.1	Baño químico	$/mes	3	$100.000	$300.000
1.2	Container oficina	$/mes	3	$150.000	$450.000
1.3	Container casino	$/mes	3	$150.000	$450.000
2	**MAQUINARIA Y MOVILIZACIÓN**	**gl**	**1**	**$2.600.000**	**$2.600.000**
2.1	Camión tolva	$/hora	8	$25.000	$200.000
2.2	Transporte de pasajeros	$/día	80	$30.000	$2.400.000
3	**EQUIPOS**	**gl**	**1**	**$1.440.000**	**$1.440.000**
3.1	Generador eléctrico	$/día	80	$18.000	$1.440.000
4	**ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**	**gl**	**1**	**$601.377**	**$601.377**
4.1	Casco	un	10	$2.261	$22.605
4.2	Chaleco reflectante	un	10	$5.874	$58.739
4.3	Guantes de seguridad	un	10	$1.336	$13.361
4.4	Arnés de seguridad	un	6	$15.513	$93.076
4.5	Antiparra	un	10	$8.227	$82.269
4.6	Capas lluvias	un	8	$2.807	$22.454
4.7	Calzado de seguridad	un	10	$21.630	$216.303
4.8	Extintor	un	1	$13.563	$13.563
4.9	Bloqueador solar	un	1	$16.990	$16.990
4.10	Conos	un	6	$10.336	$62.017
5	**ALOJAMIENTO Y ALIMENTACIÓN**	**gl**	**1**	**$2.640.000**	**$2.640.000**
5.1	Alojamiento	$/mes	3	$400.000	$1.200.000
5.2	Alimentación	$/día	80	$18.000	$1.440.000
TOTAL					**$8.481.377**

Tabla A - 78: Gastos generales construcción tradicional. Elaboración propia.

ANEXO G: PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
CONSTRUCCIÓN VIVIENDA MODULAR		gl	1	$28.745.509	$28.745.509
1	OBRA GRUESA	gl	1	$12.827.453	$12.827.453
1.1	**MOVIMIENTO DE TIERRA**	**gl**	**1**	**$267.329**	**$267.329**
1.1.1	Rebajes (escarificación)	m3	11,52	$1.997	$23.002
1.1.2	Relleno y compactación	m3	11,52	$19.355	$222.975
1.2	**FUNDACIONES Y VIGAS MAESTRAS**	**m2**	**65**	**$32.660**	**$2.122.881**
1.3	**ESTRUCTURA PISO**	**m2**	**65**	**$23.750**	**$1.543.759**
1.4	**ESTRUCTURA TABIQUE**	**gl**	**1**	**$5.444.433**	**$5.444.433**
1.4.1	Estructura tabique exterior (revest. OSB)	m2	49,92	$17.639	$880.519
1.4.2	Estructura tabique exterior (revest. yeso-cartón)	m2	36,48	$53.265	$1.943.123
1.4.3	Estructura tabique interior (revest OSB)	m2	30,24	$17.375	$525.431
1.4.4	Estructura tabique interior (revest. yeso-cartón - OSB)	m2	30	$52.739	$1.582.169
1.5	**TECHUMBRE**	**gl**	**1**	**$3.449.050**	**$3.449.050**
1.5.1	Estructura Techumbre	gl	1	$2.025.915	$2.025.915
1.5.1.1	Cercha	un	14	$52.191	$730.681
1.5.1.2	Base techo	m2	65	$14.352	$932.870
1.5.1.3	Frontón	un	2	$181.182	$362.364
1.5.2	Cubierta Techumbre	m2	78,88	$18.042	$1.423.135
1.6	**MONTAJE MÓDULOS**	**gl**	**1**	**$513.191**	**$513.191**
2	TERMINACIONES	gl	1	$13.809.406	$13.809.406
2.1	**REVESTIMIENTO PARED**	**gl**	**1**	**$8.942.456**	**$8.942.456**
2.1.1	Pared Baño y Loggia	m2	48	$18.762	$900.583
2.1.2	Pared Cocina	m2	22,32	$18.762	$418.771
2.1.3	Pared Living - Comedor y Dormitorio	m2	129,12	$36.658	$4.733.294
2.1.4	Revestimiento Exterior	m2	86,4	$33.447	$2.889.809
2.2	**REVESTIMIENTO CIELO**	**gl**	**1**	**$2.176.561**	**$2.176.561**
2.2.1	Cielo Madera	m2	50,38	$39.745	$2.002.347
2.2.2	Cielo Yeso-Cartón	m2	13,64	$12.772	$174.214
2.3	**PINTURA**	**gl**	**1**	**$1.586.467**	**$1.586.467**
2.3.1	Barniz	m2	265,9	$5.573	$1.481.914
2.3.2	Esmalte Sintético	m2	13,64	$7.665	$104.552
2.4	**PAVIMENTOS**	**gl**	**1**	**$1.470.687**	**$1.470.687**
2.4.1	Piso baño y loggia	m2	13,64	$19.297	$263.205
2.4.2	Piso dormitorio	m2	27,38	$25.322	$693.306
2.4.3	Piso living - comedor y cocina	m2	23	$22.356	$514.177
2.5	**RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS**	**gl**	**1**	**$1.699.566**	**$1.699.566**
2.5.1	Ventana 60x60	un	3	$132.795	$398.384

2.5.2	Ventana 150x150	un	3	$208.649	$625.946
2.5.3	Ventana 121x100	un	2	$144.268	$288.536
2.5.4	Ventana 60x120	un	2	$193.350	$386.699
2.6	**RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS**	**gl**	**1**	**$1.160.148**	**$1.160.148**
2.6.1	Puerta exterior	un	1	$167.868	$167.868
2.6.2	Puerta interior	un	6	$165.380	$992.281
2.7	**MOLDURA MADERA**	**gl**	**1**	**$489.386**	**$489.386**
2.7.1	Guardapolvos	ml	62,8	$5.564	$349.447
2.7.2	Cuarto rodón	ml	62,8	$2.228	$139.938
2.8	**MOLDURA CERÁMICA**	**ml**	**20**	**$2.358**	**$47.162**
3	**INSTALACIONES**	**gl**	**1**	**$2.108.650**	**$2.108.650**
3.1	**INSTALACIÓN SANITARIA**	**gl**	**1**	**$1.337.633**	**$1.337.633**
3.1.1	ARTEFACTOS	gl	1	$572.863	$572.863
3.1.1.1	WC	un	2	$101.114	$202.228
3.1.1.2	Lavamanos con pedestal	un	2	$60.106	$120.212
3.1.1.3	Receptáculo para ducha	un	1	$75.123	$75.123
3.1.1.4	Tina de baño	un	1	$112.606	$112.606
3.1.1.5	Lavaplatos	un	1	$62.694	$62.694
3.1.2	GRIFERÍA	gl	1	$145.388	$145.388
3.1.3	ALCANTARILLADO	gl	1	$173.474	$173.474
3.1.4	AGUA POTABLE FRÍA	gl	1	$152.668	$152.668
3.1.5	AGUA POTABLE CALIENTE	gl	1	$293.239	$293.239
3.2	**INSTALACIÓN ELÉCTRICA**	**gl**	**1**	**$771.017**	**$771.017**
3.2.1	Iluminación	gl	1	$146.302	$146.302
3.2.2	Enchufes	gl	1	$191.626	$191.626
3.2.3	Tablero general	gl	1	$79.272	$79.272
3.2.4	Canalización eléctrica	gl	1	$353.817	$353.817

Tabla A - 79: Presupuesto construcción del proyecto con sistema modular. Elaboración propia.

TOTAL COSTO DIRECTO		**$28.745.509**
GASTOS GENERALES	4%	$1.116.710
UTILIDADES	7%	$2.012.186
TOTAL NETO		**$31.874.404**
IVA	19%	$6.056.137
TOTAL FINAL		**$37.930.541**

Tabla A - 80: Costo directo, neto y total de construcción con sistema modular. Elaboración propia.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
CONSTRUCCIÓN VIVIENDA MODULAR		**gl**	**1**	**$24.193.664**	**$24.193.664**
1	**OBRA GRUESA**	**gl**	**1**	**$12.825.127**	**$12.825.127**
1.1	**MOVIMIENTO DE TIERRA**	**gl**	**1**	**$267.329**	**$267.329**
1.1.1	Rebajes (escarificación)	m3	11,52	$1.997	$23.002
1.1.2	Relleno y compactación	m3	11,52	$19.355	$222.975
1.2	**FUNDACIONES Y VIGAS MAESTRAS**	**m2**	**65**	**$23.238**	**$1.510.451**
1.3	**ESTRUCTURA PISO**	**m2**	**65**	**$21.024**	**$1.366.529**
1.4	**ESTRUCTURA TABIQUE**	**gl**	**1**	**$5.961.900**	**$5.961.900**
1.4.1	Estructura tabique exterior (revest. OSB)	m2	49,92	$22.028	$1.099.635
1.4.2	Estructura tabique exterior (revest. yeso-cartón)	m2	36,48	$62.029	$2.262.831
1.4.3	Estructura tabique interior (revest OSB)	m2	30,24	$19.535	$590.736
1.4.4	Estructura tabique interior (revest. yeso-cartón - OSB)	m2	30	$59.054	$1.771.627
1.4.5	Unión tabiques	gl	1	$237.071	$237.071
1.5	**TECHUMBRE**	**gl**	**1**	**$3.718.917**	**$3.718.917**
1.5.1	Estructura Techumbre	gl	1	$2.197.419	$2.197.419
1.5.1.1	Cercha	un	14	$56.483	$790.762
1.5.1.2	Base techo	m2	65,00	$17.924	$1.165.034
1.5.1.3	Frontón	un	2,00	$120.811	$241.623
1.5.2	Cubierta Techumbre	m2	78,88	$19.289	$1.521.498
2	**TERMINACIONES**	**gl**	**1**	**$9.259.887**	**$9.259.887**
2.1	**REVESTIMIENTO PARED**	**gl**	**1**	**$4.916.916**	**$4.916.916**
2.1.1	Pared Baño y Loggia	m2	48	$18.762	$900.583
2.1.2	Pared Cocina	m2	22,32	$18.762	$418.771
2.1.3	Pared Living - Comedor y Dormitorio	m2	129,12	$18.315	$2.364.779
2.1.4	Revestimiento Exterior	m2	86,4	$14.268	$1.232.784
2.2	**REVESTIMIENTO CIELO**	**gl**	**1**	**$709.650**	**$709.650**
2.2.1	Cielo Madera	m2	50,38	$10.628	$535.436
2.2.2	Cielo Yeso-Cartón	m2	13,64	$12.772	$174.214
2.3	**PINTURA**	**gl**	**1**	**$1.586.467**	**$1.586.467**
2.3.1	Barniz	m2	265,90	$5.573	$1.481.914
2.3.2	Esmalte Sintético	m2	13,64	$7.665	$104.552
2.4	**PAVIMENTOS**	**gl**	**1**	**$1.470.687**	**$1.470.687**
2.4.1	Piso baño y loggia	m2	13,64	$19.297	$263.205
2.4.2	Piso dormitorio	m2	27,38	$25.322	$693.306
2.4.3	Piso living - comedor y cocina	m2	23	$22.356	$514.177
2.5	**RASGO E INSTALACIÓN DE VENTANAS**	**gl**	**1**	**$1.705.858**	**$1.705.858**
2.5.1	Ventana 60x60	un	3	$133.370	$400.111
2.5.2	Ventana 150x150	un	3	$209.389	$628.167
2.5.3	Ventana 121x100	un	2	$144.906	$289.811
2.5.4	Ventana 60x120	un	2	$193.884	$387.769

2.6	**RASGO E INSTALACIÓN DE PUERTAS**	**gl**	**1**	**$921.854**	**$921.854**
2.6.1	Puerta exterior	un	1	$133.826	$133.826
2.6.2	Puerta interior	un	6	$131.338	$788.029
2.7	**MOLDURA MADERA**	**gl**	**1**	**$244.572**	**$244.572**
2.7.1	Guardapolvos	ml	62,8	$1.681	$105.565
2.7.2	Cuarto rodón	ml	62,8	$1.462	$91.844
2.8	**MOLDURA CERÁMICA**	**ml**	**20**	**$2.358**	**$47.162**
3	**INSTALACIONES**	**gl**	**1**	**$2.108.650**	**$2.108.650**
3.1	**INSTALACIÓN SANITARIA**	**gl**	**1**	**$1.337.633**	**$1.337.633**
3.1.1	ARTEFACTOS	gl	1	$572.863	$572.863
3.1.1.1	WC	un	2	$101.114	$202.228
3.1.1.2	Lavamanos con pedestal	un	2	$60.106	$120.212
3.1.1.3	Receptáculo para ducha	un	1	$75.123	$75.123
3.1.1.4	Tina de baño	un	1	$112.606	$112.606
3.1.1.5	Lavaplatos	un	1	$62.694	$62.694
3.1.2	GRIFERÍA	gl	1	$145.388	$145.388
3.1.3	ALCANTARILLADO	gl	1	$173.474	$173.474
3.1.4	AGUA POTABLE FRÍA	gl	1	$152.668	$152.668
3.1.5	AGUA POTABLE CALIENTE	gl	1	$293.239	$293.239
3.2	**INSTALACIÓN ELÉCTRICA**	**gl**	**1**	**$771.017**	**$771.017**
3.2.1	Iluminación	gl	1	$146.302	$146.302
3.2.2	Enchufes	gl	1	$191.626	$191.626
3.2.3	Tablero general	gl	1	$79.272	$79.272
3.2.4	Canalización eléctrica	gl	1	$353.817	$353.817

Tabla A - 81: Presupuesto construcción del proyecto con sistema tradicional. Elaboración propia.

TOTAL COSTO DIRECTO		**$24.193.664**
GASTOS GENERALES	35%	$8.481.377
UTILIDADES	7%	$1.693.556
TOTAL NETO		**$34.368.597**
IVA	19%	$6.530.033
TOTAL FINAL		**$40.898.630**

Tabla A - 82: Costo directo, neto y total de construcción con sistema tradicional. Elaboración propia.