

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO, CHILE



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Departamento de Obras Civiles

**“PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA
DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA FÁBRICA
DE PANELES SIP EN UNA EMPRESA
CONSTRUCTORA”.**

Memoria de título presentada por:
SEBASTIÁN SOTO IBARRA

Como requisito para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
FRANCISCO LAGOS P.

NOVIEMBRE – 2023.

Contenido

1.	Resumen Ejecutivo	4
2.	Objetivos	5
2.1	Objetivo General	5
2.2	Objetivos Específicos.....	5
3.	Construcción industrializada y prefabricados	6
3.1	Construcción modular como solución de viviendas.....	8
4.	Paneles SIP.....	9
4.1	Normativa aplicable a Paneles SIP	9
4.1.1	Acondicionamiento Térmico	9
4.1.2	Aislamiento acústico ruido aéreo en muros.....	13
4.1.3	Ensayos de resistencia mecánica	13
4.2	Características de los paneles SIP	35
4.3	Proceso Constructivo	36
4.3.1	Elementos de montaje.....	36
4.3.2	Secuencia Constructiva.....	38
5.	Estudio Económico.....	42
5.1	Estudio de mercado	42
5.1.2	Competencia Directa	43
5.1.3	Producto Sustituto	48
5.1.4	Cliente	49
5.2	Modelo de Negocio	50
5.2.1	Productos y servicios.....	50
5.3	Fábrica de Paneles SIP	57
5.3.1	Espacio de trabajo.....	57
5.3.2	Prensa de paneles SIP.....	58
5.3.3	Proceso productivo.....	60
5.3.4	Herramientas menores	63
6.	Estudio Financiero.....	65
6.1	Resumen de Costos.....	65
6.1.1	Costo inversión de infraestructura	65

6.1.2	Costos operacionales	67
6.2.	Depreciación.....	68
6.3.	Credito hipotecario.....	68
6.4.	Proyección de ventas	69
6.5.	Flujo de Caja.....	70
7.	Análisis de riesgo	72
7.1	Tipos de análisis de riesgo.....	72
7.2	Herramientas de gestión de riesgo	73
7.2.1	Registro de riesgos.....	73
7.2.2	Brainstorming	73
7.2.3	Matriz de riesgos	74
7.3	Análisis de sensibilidad	74
8.	Conclusión.....	76
9.	Bibliografía	77
ANEXOS	78
10.	Anexo 1	78
11.	Anexo 2.....	82

1. Resumen Ejecutivo

El desarrollo de nuevas tecnologías ha generado en los distintos rubros un incremento en su productividad, sin embargo, la construcción no ha presentado un cambio considerable en lo que a esto respecta, es por esto, que es necesario buscar alternativas y mejorar los procesos productivos desde diferentes áreas. Uno de ellos es el uso de elementos industrializados para generar estructuras y de esta forma alcanzar mejores resultados en tiempos lo cual es traducido a una reducción costos y poder obtener mejores resultados en los proyectos.

Los paneles SIP, son elementos que forman parte de esa familia de productos industrializados en la construcción y hoy en día son cada vez más utilizados, por lo mismo, se han ido desarrollando normativas y métodos constructivos que permiten utilizar con seguridad y de forma controlada estos elementos.

En base a lo mencionado anteriormente, la presente memoria tiene como objetivo principal establecer un modelo de negocio que permita implementar la producción y comercialización de paneles SIP dentro de una empresa constructora, todo esto en base al desarrollo de un estudio de mercado, analizando tanto a empresas como a posibles clientes que hoy interactúan en este rubro y en conjunto proponer un modelo de negocio que cumpla con los estándares del mercado. Por su parte, se realiza un análisis tanto de los elementos necesarios, como los insumos requeridos para la producción de paneles SIP, estableciendo un espacio de trabajo, contacto con proveedores y un proceso productivo.

Por otro lado, se desarrolla un estudio financiero, estableciendo costos del proceso productivo y proyecciones de venta, para generar un flujo de caja y en base a indicadores financieros como el VAN, TIR y PAYBACK, poder concluir la factibilidad de implementación de la fábrica de paneles SIP como un área integral de una empresa constructora. Finalmente, se realiza un análisis de riesgo, enfocándose en cómo afecta la sensibilización de las ventas al resultado del estudio financiero.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

El principal objetivo de esta memoria es establecer un modelo de negocio dentro del marco de una integración de una unidad de negocio de fabricación y comercialización de paneles SIP, a través de un estudio de pre-factibilidad tanto técnico como económico y que cumpla con los estándares del mercado a analizar.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1. Identificar la construcción industrializada en Chile y los beneficios de la utilización de prefabricados.
- 2.2.2. Definir e identificar las características de los paneles SIP, sus ventajas y desventajas y cuál es la normativa por la que se rige.
- 2.2.3. Realizar un estudio de mercado de la industria de paneles SIP en Chile, en el cual se identifiquen las empresas que operan, como operan y los posibles clientes. Junto con esto, definir un modelo de negocio.
- 2.2.4. Establecer los parámetros que se requieren para llevar a cabo la fábrica de paneles, tales como, maquinaria, personal y el proceso productivo para la fabricación de paneles SIP.
- 2.2.5. Definir la factibilidad de la implementación de la fábrica de paneles SIP mediante un estudio financiero.

3. Construcción industrializada y prefabricados

La construcción es un sector de gran importancia tanto en la economía local, como global; en Chile, según el artículo *“Industria de la construcción en Chile: ¿Por qué es el “termómetro de la economía?”* del sitio infraestructura pública (año 2018), representa un 6,4% del Producto Interno Bruto (PIB), el cual se encuentra por sobre el promedio establecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que es de un 5,2%, pero menor al 7,3% correspondiente al nivel latinoamericano.

Sin embargo, según el artículo McKinsey *“Improving Construction Productivity”* (año 2017), la construcción tiene un nivel muy bajo de productividad con respecto a la economía total y a la manufactura, como se puede observar en el gráfico 3.1 obtenido del mismo artículo. A nivel mundial la productividad en la construcción presenta un crecimiento de un 1% en los últimos 20 años (línea anaranjada), a diferencia del sector de la manufactura (línea celeste) donde se demuestra un gran incremento en el mismo periodo. Mientras que en Chile la productividad no ha presentado crecimiento. El gran problema, se resume en que la eficiencia elude a la industria de la construcción.

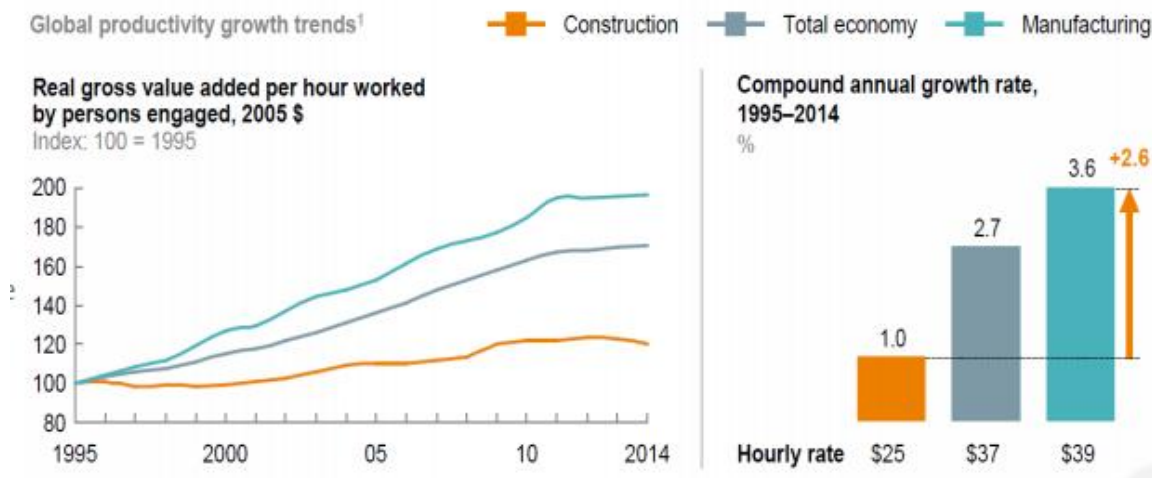


Gráfico 3.1 Tendencias de productividad. (Extraído del artículo McKinsey, “Improving Construction Productivity”).

En el año 2014, se inicia un programa llamado “Construye 2025” impulsado por la Corporación del Fomento de la Producción (CORFO), el cual busca transformar al sector de la construcción desde la perspectiva de la sustentabilidad y productividad, para lograr un desarrollo nacional con equidad social, económica y medioambiental. Desde el punto de vista de la productividad se crea el Consejo de

Construcción Industrializada (CCI, en adelante) cuyo objetivo es impulsar la industrialización dentro de la construcción.

Se define como construcción industrializada, según el CCI, “cualquier parte de la edificación que este hecha fuera del sitio de construcción del mismo edificio, ya sea la prefabricación de un elemento, como la construcción de una parte de la edificación, fuera del sitio”. Son considerados elementos de construcción industrializada desde pequeños componentes y sistemas lineales hasta sistemas de paneles (2D) y sistemas volumétricos modulares (3D)”.

Este tipo de sistemas permiten realizar los proyectos bajo condiciones mucho más controladas, utilizando los mismos materiales y diseños convencionales, pero en un menor periodo de tiempo, así como también, permite generar estructuras con un efectivo control sobre los procesos. El común denominador de estos sistemas es optimizar el proceso constructivo, lo cual tiene diversos beneficios, uno de ellos, es el mayor control en seguridad laboral, según menciona Rocco Napoli, jefe de planta de una empresa reconocida en el ámbito de la construcción modular, a la revista EMB Construcción, ya que gran parte del proceso se realiza en ambientes controlados, como plantas industriales, evitando ejecutar grandes obras gruesas y operaciones más complejas.

Sin embargo la gran ventaja, es la calidad y el tiempo de construcción, esto va de la mano incluso con la reducción de costos, debido a que cada vez que se repite un proceso en forma continua, se obtienen mejores resultados, por otra parte, se produce un menor impacto en nuestro entorno, disminuyendo los residuos y la contaminación acústica; la sustentabilidad de estos sistemas es una gran ventaja de la perspectiva medio ambiental, lo cual en estos tiempos es de gran importancia, donde no se puede dejar de lado el cuidado del medio ambiente. La reducción de residuos viene desde el diseño, ya que existe un alto desarrollo de ingeniería que permite que los procesos sean controlados y acotados antes de ser utilizados. Actualmente, este auge se debe tanto al concepto de construcción sustentable, como la utilización de la metodología BIM.

Cabe destacar que, con esta metodología de trabajo, hoy se está llegando a lugares que antes era imposible construir, principalmente en sectores rurales con difícil acceso, lo cual estuvo marginado por mucho tiempo y hoy se pueden alcanzar incluso con altos estándares de calidad y ahorro.

Si bien es cierto, en Chile prevalecen los sistemas tradicionales de construcción, sin embargo, la tendencia mundial es industrializar los elementos que constituyen los proyectos de construcción. Para esto es necesario que se certifiquen procesos y materiales, dando de esta forma mayor confiabilidad y promover el uso de estos sistemas.

3.1 Construcción modular como solución de viviendas

En lo que respecta a viviendas, la construcción modular es una muy buena alternativa, debido a la gran optimización de tiempo, en algunos casos, en solo tres meses ya se puede habitar este tipo de viviendas, además, el carácter modular permite la incorporación de nuevos módulos incluso después de ya construida la vivienda, entregando gran versatilidad en el diseño de los espacios.

Según expertos, con amplia experiencia en el rubro de viviendas modulares, la percepción de las personas ha sido muy positiva, en un principio se destinaba principalmente a la construcción de la segunda vivienda, hoy en día, cada vez son más quienes destinan esta solución para su primera vivienda.

En el mercado existen diversas soluciones, una de ellas es la construcción de módulos de carácter volumétrico, la cual se desarrolla con distintos tipos de módulos fabricados en planta, tales como, estar-comedor-cocina, dormitorio principal, dormitorio secundario, baños, planta libre, área de terraza, entre otros, mientras tanto en terreno se realiza la nivelación de terreno y fundaciones. Luego se trasladan los módulos al terreno para el montaje. A continuación, en la figura 3.1.1, se muestra un modelo de este tipo de viviendas, donde se puede diferenciar claramente cada uno de los tipos de plantas ya mencionados.



Figura 3.1.1 Planta casa modular.

4. Paneles SIP

Los paneles SIP, son una solución constructiva de carácter modular de dos dimensiones con distintos niveles de terminación. Estos paneles, están compuestos por dos caras de una placa estructural, generalmente OSB, con un alma de Poliestireno Expandido de Alta Densidad (Expanded Polystyrene, EPS), motivo por el cual, son conocidos como “paneles sándwich”. La definición de panel SIP que da el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU en adelante) es: *“paneles estructurales aislantes, conformados por un núcleo de material aislante rígido y dos placas de comportamiento mecánico homogéneo; materiales que van unidos con un adhesivo permanente de uso estructural, logrando un elemento solido de gran capacidad para absorber solicitaciones estructurales”*.

4.1 Normativa aplicable a Paneles SIP

Generalmente, en una construcción con paneles SIP es este el que tiene una función estructural y de aislación, por lo cual, el MINVU y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC, en adelante), exigen que se cumpla con ciertos parámetros, establecidos en la normativa chilena. En este apartado se desarrolla una descripción de las normas aplicables a este elemento constructivo, a partir de los ensayos descritos en el Manual 5 el estudio de “Desarrollo de bases técnicas y normativas para prototipos de vivienda modular, con énfasis en soluciones de emergencia, bajo criterios técnicos, geográficos y económicos que mejoren su eficiencia y funcionalidad” realizado por la facultad de Ciencias Forestales y Conservaciones de la naturaleza en conjunto con la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

4.1.1 Acondicionamiento Térmico

Una de las certificaciones que exige el MINVU, para su registro, es la de resistencia y transmitancia térmica de los elementos constructivos, en particular, de la envolvente térmica que compone una edificación, estas corresponden a muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, como termino general cualquier elemento que separe ambientes de temperaturas distintas, todo esto establecido en la norma NCh 853 of 2007, donde se indican los parámetros de cálculo para determinar las exigencias de los elementos mencionados.

La resistencia térmica (R), por definición en la norma mencionada, corresponde a la oposición que posee un elemento de construcción al paso de calor, teniendo en cuenta los paneles SIP como elemento de análisis, se presentan tres diferentes

resistencias, la primera es la resistencia térmica de una capa material homogénea, la cual está determinada por la conductividad térmica (λ) particular de cada material y su espesor. Por otro lado, se debe considerar la resistencia térmica de superficie interior y exterior, la cual tiene que ver con unidad de superficie en contacto con aire, existiendo una diferencia de temperatura entre el elemento y el aire. Finalmente, con la sumatoria de todas las resistencias, se obtiene la resistencia total (R_T), siendo esta el inverso de la transmitancia térmica.

La transmitancia térmica (U), por definición en la norma mencionada, corresponde al flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los ambientes separados por el elemento. A continuación, en la fórmula 4.1.1, se muestra la expresión que permite obtener la transmitancia térmica de un elemento.

Fórmula 4.1.1 Cálculo de transmitancia térmica.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

Donde;

U = Transmitancia Térmica [W/m^2K°]

R_{si} = Resistencia Térmica superficial interior [m^2K°/W]

R_{se} = Resistencia Térmica superficial exterior [m^2K°/W]

e = Espesor del elemento de análisis [m]

λ = Conductividad Térmica [W/mK°]

Una de las principales características del panel SIP es el nivel de aislación que entrega, dada la baja conductividad térmica de uno de sus componentes, generando una disminución en el requerimiento de equipos de climatización que solicite una estructura. Por otro lado, permite menores espesores en sus muros, techumbre o pisos ventilados, respecto a otros materiales constructivos.

Los tableros OSB, según el Centro de innovación en madera, de una prestigiosa universidad en nuestro país, tienen una conductividad térmica $\lambda = 0,12$ [W/mK], mientras que Poliestireno expandido de alta densidad ($d= 15$ [kg/m^3]), según la ficha técnica del fabricante, posee una conductividad térmica de $\lambda = 0,0413$ [W/mK].

En Chile, la exigencia térmica, está establecida por la OGUC, la cual establece a grandes rasgos, que todo complejo de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendido como elementos que constituyen la envolvente de una vivienda, deberán tener una transmitancia térmica igual o menor, o una resistencia total igual o superior, a la señalada en la tabla 4.1.1.1, según en qué zona térmica se encuentre emplazado el proyecto de arquitectura. Las zonas térmicas están establecidas en la OGUC, aprobados por el MINVU.

Tabla 4.1.1.1. Exigencia térmica, extraída de la OGUC.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Para realizar un estudio, se toma como objeto de análisis una vivienda de 60 [m²] construida con panel SIP en muros, techumbre y pisos ventilados, para lo cual se obtienen los espesores mínimos recomendados, procurando cumplir con lo establecido por la norma, a continuación, se presenta la tabla 4.1.1.2 con los resultados obtenidos para techumbre, de los cuales, se puede observar que, en la zona 1 si bien se supera en casi un 50% la norma, no se recomienda un espesor menor, por motivos estructurales.

Tabla 4.1.1.2. Espesores mínimos para techumbre.

Espesores Mínimos				
Zona	Techumbre			
	Espesor Panel [mm]	U _{PSIP} [W/m ² K]	U _{Norma} [W/m ² K]	Comparación
1	78	0,57	0,84	1,48
2	78	0,57	0,60	1,06
3	116	0,37	0,47	1,26
4	116	0,37	0,38	1,02
5	162	0,26	0,33	1,25
6	162	0,26	0,28	1,06
7	200	0,21	0,25	1,18

Por otro lado, para elementos constituyentes a muros, se obtienen los espesores presentados en la tabla 4.1.1.3, donde, al igual que el caso anterior, se supera en gran medida a la norma, pero no se recomienda un panel menor, debido a solicitudes estructurales.

Tabla 4.1.1.3. Espesores mínimos para muros.

Espesores Mínimos				
Zona	Muros			
	Espesor Panel [mm]	U_{PSIP} [$W/m^2 K$]	U_{Norma} [$W/m^2 K$]	Comparación
1	78	0,58	4,00	6,84
2	78	0,58	3,00	5,13
3	78	0,58	1,90	3,25
4	78	0,58	1,70	2,91
5	78	0,58	1,60	2,74
6	78	0,58	1,10	1,88
7	78	0,58	0,60	1,03

Finalmente, se presenta la tabla 4.1.1.4, donde se presentan los valores obtenidos para elementos que constituyen los pisos ventilados de la vivienda.

Tabla 4.1.1.4. Espesores mínimos para pisos ventilados.

Espesores Mínimos				
Zona	Pisos Ventilados			
	Espesor Panel [mm]	U_{PSIP} [$W/m^2 K$]	U_{Norma} [$W/m^2 K$]	Comparación
1	78	0,59	3,60	6,05
2	78	0,59	0,87	1,46
3	78	0,59	0,70	1,18
4	78	0,59	0,60	1,01
5	116	0,38	0,50	1,30
6	116	0,38	0,39	1,01
7	162	0,27	0,32	1,19

4.1.2 Aislamiento acústico ruido aéreo en muros

Por otra parte, el MINVU exige el cumplimiento de la norma NCh 2785 of 2003, “Acústica – Medición de la aislación acústica en construcciones y elementos de construcción. Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos.” En esta norma se especifica el método de ensayo en terreno para medir la aislación acústica aérea de paredes inferiores, pisos y puertas entre dos recintos bajo condiciones de campo acústico difuso entre ambos y determinar la protección proporcionada a los ocupantes de la estructura. Esta norma entrega resultados que se pueden usar para comparar la aislación acústica entre recintos y para comparar la aislación acústica real con requisitos específicos.

4.1.3 Ensayos de resistencia mecánica

Como todo elemento de construcción, es necesario tener en cuenta el comportamiento mecánico, para esto el MINVU, exige el cumplimiento de los ensayos de compresión, flexión y con carga horizontal. A continuación, se detalla de forma breve cada uno de los ensayos según la norma aplicada en casa caso, se toma como referencia ensayos realizados en los años 2012 y 2013 por el laboratorio de ensaye de materiales mencionado anteriormente, solicitado por diferentes entidades.

4.1.3.1 Ensayo de compresión NCh 801 of 2003 aplicado a Panel SIP de 64 [mm]

- a. Ensayo de compresión vertical excéntrica: De acuerdo con la norma NCh 801 of 2003, se trata de someter un módulo aislado de panel, posicionado de forma vertical y simplemente apoyado en sus extremos superior e inferior, a la acción de una carga vertical aplicada de manera excéntrica, a una distancia de la cara interior igual a un tercio del espesor total del panel, de modo de inducir una curvatura hacia su cara exterior. La carga de compresión se aplica de forma incremental y cuasi-elástica, mediante ciclos de carga – descarga. Durante el ensayo se mide la deformación longitudinal y la deflexión transversal del panel bajo carga máxima y al descargar.
- b. Descripción del Panel: Se ensayan tres muestras de un panel SIP de muro estructural de dimensiones nominales de 1,22 [m] de largo x 2,44 [m] de alto, con 64 [mm] de espesor y una masa promedio de 50 [kg].

Estructura interna: Poliestireno expandido de alta densidad de 45 [mm] de espesor, en el extremo inferior instala solera, al igual que los pies derechos a ambos costados del panel, todo esto en piezas de madera cepillada de dimensiones nominales de 2 x 2 [pulgadas]. En el extremo superior del panel se instala una solera de madera cepillada con dimensiones nominales de 2 x 4 [pulgadas].

Revestimiento exterior e interior: Se reviste ambas caras del panel con tablero estructural de OSB, de dimensiones nominales de 1,22 [m] de largo, 2,44 [m] y 9,5 [mm] de espesor. Ambos son fijados al núcleo de poliestireno expandido mediante un adhesivo de poliuretano de dos componentes, una resina y un catalizador.

Las soleras y pies derechos son fijados mediante tornillos de 41 [mm] de largo con hilo grueso, espaciados a 250 [mm] aproximadamente por ambas caras.

- c. Montaje e instrumentación: El panel se monta en forma vertical, apoyándolo entre los platos del equipo del ensayo. La distribución de la carga sobre las caras de apoyo del panel se materializa por medio de las placas de acero que abarcan toda la longitud de la cara de apoyo del panel. La excentricidad de la carga se logra por medio de una placa de acero con apoyo excéntrico. La figura 4.1.2.1.1 muestra el montaje del ensayo descrito.

Figura 4.1.2.1.1. Montaje ensayo de compresión.



En cuanto a la instrumentación, se emplean cuatro transductores de desplazamiento para medir la deformación longitudinal del panel, dos más para medir la deflexión a media altura y un sensor de presión para medir la carga aplicada.

d. Procedimiento del ensayo:

- Fijar el panel en el equipo de compresión e instalar la instrumentación.
- Se aplica la carga de forma incremental, mediante ciclos de carga – descarga, aumentando progresivamente la carga máxima aplicada. El incremento va desde 3,92 [kN] hasta los 29,42 [kN], de 9,81 [kN] hasta los 58,84 [kN], de 19,61 [kN] en adelante. En cada ciclo, se mide la deformación máxima longitudinal y deflexión transversal del panel bajo carga máxima y al descargar. El ensayo se inicia con una carga de 1,96 [kN].
- Terminado el ensayo, se observan el modo de falla del panel y los daños locales presentados.

e. Resultados: En la tabla 4.1.2.1.1, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo de compresión excéntrica. Se indican las cargas y las deformaciones asociadas a los estados límites siguientes: a) Pérdida de proporcionalidad en el comportamiento carga – deflexión; y b) Resistencia máxima a la compresión. Adicionalmente, en el gráfico 4.1.2.1.1, se muestra las curvas carga – deflexión.

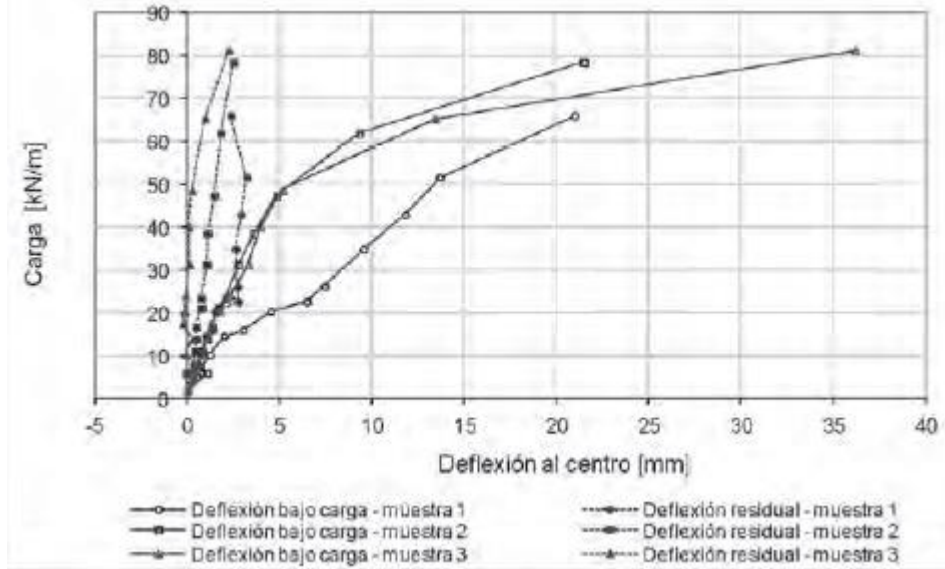
Tabla 4.1.2.1.1. Resultados ensayo de compresión excéntrica. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Muestra del Panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad ⁽¹⁾				Resistencia máxima	
	Carga aplicada (kN)	Carga normalizada ⁽²⁾ (kN/m)	Deflexión central (mm)	Deformación axial (mm)	Carga aplicada (kN)	Carga normalizada ⁽²⁾ (kN/m)
1	12,6	10,30	1,20	0,10	91,20	74,80
2	20,5	16,80	1,30	0,30	103,60	84,90
3	9,9	8,10	0,50	0,10	101,80	83,40

En los resultados, se identifican los siguientes puntos:

- (1) Corresponde al momento donde la curva carga – deflexión del ensayo deja de ser cuasi – lineal (se destaca el tramo lineal, debido a acomodos del sistema).
- (2) Corresponde a la carga aplicada dividida por el largo del panel, 1,22 [m].

Gráfico 4.1.2.1.1. Curvas carga – deflexión. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



f. Clasificación: En la tabla 4.1.2.1.2, se presentan la clasificación obtenida, de acuerdo al comportamiento del panel ensayado, según la norma NCh 806.E of 71.

Tabla 4.1.2.1.2. Clasificación según NCh 806.E of 71. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Tipo de Panel	Muestra del Panel (N°)	Clasificación NCh806.EOf71	
		Grado RC	Subgrado RC
- Estructura Interna: Poliéstireno expandido de 45 [mm] de espesor, solera inferior y pie derechos de madera de 2X2" y solera superior de madera de 2X4".	1	1	c
	2	2	c
- Revestimiento Interior y Exterior: Tablero madera aglomerada OSB 9,5 [mm] "LP".	3	1	c

4.1.3.2 Ensayo de carga horizontal Nch 802 of 71

a. Ensayo de carga horizontal cíclica: Consiste en someter el panel, a la acción de una carga horizontal cuasi – estática, cíclica e incremental, aplicada en el plano del panel (a nivel superior). La carga máxima del ciclo se aumenta progresivamente, hasta alcanzar la rotura del panel. En cada ciclo de carga, se mide la deformación horizontal en la dirección de la carga

(al nivel superior) y el deslizamiento y la rotación en la base, tanto bajo carga máxima como al retirar la carga.

- b. Descripción del panel: Se ensayan tres muestras de un panel SIP de muro estructural de dimensiones nominales de 1,22 [m] de largo x 2,44 [m] de alto, con 89 [mm] de espesor.

Estructura interna: Poliestireno expandido de alta densidad nominal de 15 [kg/m³] de 70 [mm] de espesor, en el extremo inferior y superior se instala una solera, al igual que los pies derechos a ambos costados del panel, todo esto en piezas de madera cepillada de dimensiones nominales de 2 x 3 [pulgadas].

Revestimiento exterior e interior: Se reviste ambas caras del panel con tablero estructural de OSB, de dimensiones nominales de 1,22 [m] de largo, 2,44 [m] y 9,5 [mm] de espesor. Ambos son fijados al núcleo de poliestireno expandido mediante un adhesivo de poliuretano de dos componentes, una resina y un catalizador.

Las soleras y pies derechos son fijados mediante tornillos de 49 [mm] de largo con hilo grueso, espaciados a 150 [mm] aproximadamente por ambas caras.

- c. Montaje e instrumentación: La muestra se monta de forma vertical, apoyándolo sobre una viga de hormigón. Para restringir el volcamiento o rotación en su plano, se emplea un par de tensores de acero colocados en el borde de aplicación de la carga. Para restringir el desplazamiento de la muestra se instala un tope en la base, en el borde opuesto de la aplicación de la carga. Finalmente, para restringir el movimiento fuera de plano de la muestra (inestabilidad lateral), se utiliza un sistema de tensores de arrostramiento lateral. La carga se aplica en forma concentrada sobre uno de los vértices superiores del panel, mediante un cargador de acero, como se muestra en la figura 4.1.2.2.1.

Figura 4.1.2.2.1. Montaje ensayo de carga horizontal cíclica.



En cuanto a la instrumentación, se emplean transductores de desplazamiento para medir la deformación horizontal de la muestra, su levantamiento y el desplazamiento de la base, además, un sensor de presión para medir la carga aplicada.

d. Procedimiento del ensayo:

- Fijar la muestra a la viga de hormigón por medio de los tensores, el tope y los tensores de arriostre lateral. Luego fijar la instrumentación.
- Luego, se aplica la carga de forma incremental, mediante ciclos de carga – descarga, aumentando progresivamente la carga máxima aplicada. El incremento de carga definido es de 1,47 [kN] hasta los 9,32 [kN], de 2,94 [kN] hasta los 21,10 [kN] y de los 9,80 [kN] en adelante. En cada ciclo de carga se miden las deformaciones instantánea y residual del panel. El ensayo se inicia con una carga básica de 0,49 [kN].
- Finalmente, se observan el modo de falla del panel y los daños locales presentados.

e. Resultados: En la tabla 4.1.2.2.1, se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga horizontal. Se indican las cargas y las deformaciones asociadas a los estados límites siguientes: a) Pérdida de proporcionalidad en el comportamiento carga – deformación; y b) Resistencia máxima a la carga horizontal. Adicionalmente, en el gráfico 4.1.2.2.1, se muestra las curvas carga – deformación.

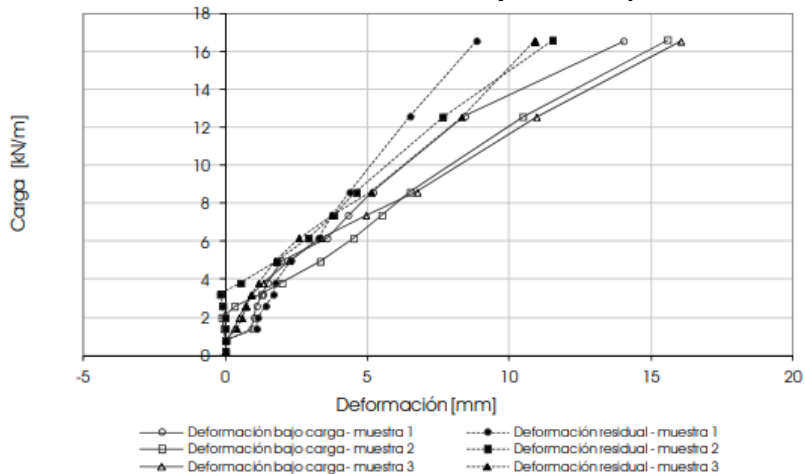
Tabla 4.1.2.2.1. Resultados ensayo de carga horizontal. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Muestra del Panel ⁽¹⁾ (N°)	Pérdida de proporcionalidad ⁽²⁾⁻⁽⁴⁾			Resistencia máxima ⁽⁴⁾	
	Carga horizontal aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada ⁽³⁾ (kN/m)	Deflexión horizontal (mm)	Carga horizontal aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada ⁽³⁾ (kN/m)
1	6,34	2,60	1,10	45,69	18,73
2	6,31	2,59	0,32	46,88	19,21
3	7,79	3,19	0,93	49,17	20,15

En la tabla, se identifican los siguientes puntos:

- (1) Ensayo efectuado con el sistema de fijación tope – sensor (panel sin su sistema de anclaje a la fundación).
- (2) Corresponde al momento donde la curva carga – deformación deja de ser cuasi – lineal; se descarta para este efecto el tramo inicial de la curva debido a que se producen acomodos del panel en esta etapa.
- (3) Corresponde a la carga aplicada en el ensayo dividido por el largo del panel, 2,44 [m]
- (4) Las muestras presentan un acomodo inicial (probablemente por ajuste de sus elementos, lo cual se puede identificar en la curva 4.1.2.2.1), el cual está incluido en la deformación horizontal informada.

Grafico 4.1.2.2.1. Curva ensayo de carga horizontal. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



- f. Clasificación: En la tabla 4.1.2.2.2, se presentan la clasificación obtenida, de acuerdo al comportamiento del panel ensayado, según la norma NCh 806.E of 71.

Tabla 4.1.2.2.2. Clasificación según NCh 806.E of 71. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Tipo de Panel	Muestra del Panel (N°)	Clasificación NCh806.EOf71	
		Grado RH	Subgrado RH
- Estructura Interna: Poliestireno expandido de 70 [mm] de espesor promedio y densidad 15 [kg/m3]. - Revestimiento Interior y Exterior: Tablero madera aglomerada OSB 9,5 [mm] "LP".	1	1	c
	2	1	c
	3	1	c

4.1.3.3 Ensayo de Flexión NCh 803 of 2003 aplicado a Panel SIP de 64 [mm]

- a. Ensayo de flexión: De acuerdo con la norma NCh 803 of. 2003, consiste en someter a un módulo aislado de panel, en posición horizontal y simplemente
- b. e apoyado en sus extremos de menor longitud, a la acción de una carga aplicada de forma perpendicular a su plano, en los cuartos de la luz entre apoyos (la luz entre apoyos es de 2,2 [m]). La carga debe ser aplicada de forma incremental y cuasi-estática, mediante ciclos de carga – descarga. Durante el ensayo se mide la deflexión o deformación transversal del panel (en el centro) bajo carga máxima y al descargar (deflexión residual o permanente).
- c. Descripción del panel: Ver punto apartado b del punto 4.1.2.1.
- d. Montaje e instrumentación: El panel se monta de forma horizontal sobre un marco de acero mecano, dejándolo simplemente apoyado sobre tubos de acero, materializando una luz entre apoyos de 2,2 [m]. La carga se aplica en los cuartos de la luz entre apoyos, para lo cual se utilizan un par de tubos de acero que abarcan todo el largo del panel y una viga de acero para distribuir la carga como se muestra en la figura 4.1.2.3.1.

Figura 4.1.2.3.1 Montaje ensayo de flexión.



Se emplean transductores de desplazamiento para medir la deflexión central del panel y un sensor de presión para registrar la carga aplicada. La medición de la deflexión se debe detener un poco antes de alcanzar la carga máxima, de forma de no dañar la instrumentación.

- e. Procedimiento del ensayo:
- Montar el panel en el marco de reacción y colocar los sensores de desplazamiento.
 - Aplicar la carga de forma incremental, mediante ciclos de carga-descarga, aumentando progresivamente la carga máxima aplicada. Los incrementos de carga definidos para las muestras son de 0,98 [kN] hasta los 5,10 [kN], de 1,96 [kN] hasta 14,91 [kN] y de 5,88[kN] en adelante. Cada ciclo de carga se mide la deflexión del panel bajo carga máxima y al descargar. El ensayo se inicia con una carga de 0,20 [kN].
 - Terminado el ensayo, se observa el modo de falla del panel.
- f. Resultado: En la tabla 4.1.2.3.1 extraída del informe realizado por el laboratorio del IDIEM, se presentan los resultados globales obtenidos del ensayo de flexión fuera de plano. Aquí se indican las cargas y las deflexiones asociadas a los siguientes límites: a) pérdida de proporcionalidad en el comportamiento carga – deflexión; b) resistencia máxima a la flexión fuera de plano. Además, se presentan los gráficos 4.1.2.3.1 de carga-deflexión.

Tabla 4.1.2.3.1 Resultados ensayo de flexión. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Muestra del Panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad ⁽¹⁾			Resistencia máxima	
	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada ⁽²⁾ (kN/m)	Deflexión central (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada ⁽³⁾ (kN/m)
1	3,2	2,63	5,61	13,76	11,28
2	2,6	2,11 ⁽⁴⁾	4,51	12,39	10,16
3	3,2	2,61	5,57	16,28	13,34

En los resultados se identifican los siguientes puntos:

(2) Corresponde al momento donde la curva de carga-deflexión del ensayo de flexión deja de ser lineal.

(3) Corresponde a la carga total aplicada dividida por el largo del panel.

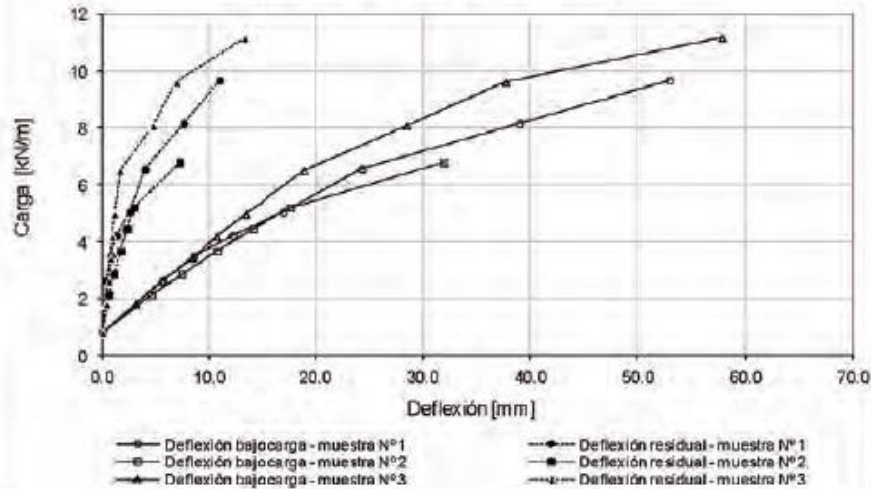
(4) Límite de proporcionalidad de la muestra es menor que el mínimo valor de clasificación especificado en la norma (2,45 [kN/m]).

En las tres muestras, la falla se produce por rotura del pie derecho por flexo-contracción cercano a los puntos de aplicación de la carga, como se muestra en la figura 4.1.2.3.2.

Figura 4.1.2.3.2 Falla del ensayo de flexión.



Gráfico 4.1.2.3.1. Curva de carga – deflexión. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



g. Clasificación: En la tabla 4.1.2.3.2 se presenta la clasificación obtenida, de acuerdo al comportamiento del panel ensayado, según la norma NCh 806.E of 71.

Tabla 4.1.2.3.2. Clasificación según NCh 806.E of 71. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Tipo de Panel	Muestra del Panel (N°)	Clasificación NCh806.EOf71	
		Grado RT	Subgrado RT
- Estructura Interna: Poliestireno expandido de 45 [mm] de espesor, solera inferior y pie derechos de madera de 2X2" y solera superior de madera de 2X4". - Revestimiento Interior y Exterior: Tablero madera aglomerada OSB 9,5 [mm] "LP".	1	1	c
	2	N/C ⁽⁴⁾	N/C ⁽⁴⁾
	3	1	c

N/C, no clasifica.

4.1.3.4 NCh 804 of 2003 Paneles - Ensayo de Impacto

- a. Ensayo de impacto: Basado en la norma NCh 804 of 2003, consiste en someter al panel, colocado en posición vertical y simplemente apoyado en sus extremos de menor dimensión, a la acción de un impacto de cuerpo blando aplicado en la parte central del panel, en dirección perpendicular a su plano, utilizando un saco relleno con material granular (esferas de plomo). La energía de impacto se aumenta progresivamente, incrementando la altura de caída del saco, hasta alcanzar la rotura del panel, midiendo en cada impacto, la deflexión instantánea y la deflexión residual del panel.
- b. Descripción del panel: Se ensayan tres muestras de un panel de muro (estructural), termo-aislante, correspondientes a un módulo de 1,22 x 2,44 [m] con 92 [mm] de espesor y masa de 61 [kg] el cual es conformado por:

Estructura interna: Poliestireno expandido de alta densidad nominal de 15 [kg/m³] de 70 [mm] de espesor, 1,22 x 2,36 [m]. En sus extremos superior e inferior del panel se incorporan soleras, materializadas por medio de un listón de madera de 65 [mm] x 41 [mm].

Revestimiento exterior e interior: Tablero estructural de OSB para su uso exterior, de dimensiones nominales de 1,22 x 2,44 [m] de 11,1 [mm] de espesor.

Las soleras y pies derechos son fijados mediante tornillos autorroscantes de cabeza avellanada de 40 [mm] de largo con hilo grueso, espaciados a 150 [mm] aproximadamente por ambas caras.

- c. Montaje e instrumentación: El panel se monta simplemente apoyado sobre un muro de reacción de hormigón dispuesto de forma vertical con una luz entre apoyos de 2,2 [m]. El montaje del panel se materializa por medio de una serie de acero colocados en los bordes de menor longitud del panel y un conjunto de abrazaderas metálicas

Figura 4.1.3.4.1 Montaje de la muestra (extraído del informe IDIEM).



Para aplicar el impacto se emplea un saco de cuero relleno con esferas de plomo, con una masa total de 20,4 [kg]. Este saco se fija al muro del laboratorio, en un punto ubicado sobre el panel, de modo que el impacto sea aplicado al centro del panel, perpendicular a su plano.

La instrumentación utilizada se define de acuerdo con lo especificado en la norma NCh 804. Se emplea un deflectómetro con un sensor digital de resolución 0,02 [mm], para medir las deformaciones fuera de plano instantánea y residual del panel en el punto de impacto y sensor digital de desplazamiento de resolución 0,01 [mm], montado sobre un marco de aluminio, para medir la deformación permanente en la cara de impacto. El deflectómetro se ubica en el eje central de la cara posterior del panel, a la altura de aplicación del impacto.

d. Procedimiento del ensayo:

- Fijar el panel al muro de reacción y colocar la instrumentación.
- A continuación, se aplican los impactos al panel, aumentando la altura de caída en incrementos iguales de 150 [mm], hasta alcanzar la rotura, o bien, una energía máxima de impacto de 360 [Joules]. En cada impacto se miden las deflexiones instantánea y residual del panel por la cara posterior, así como la deformación residual o permanente en la cara de impacto (en el punto de impacto). Montar el panel en el marco de reacción y colocar los sensores de desplazamiento.
- Terminando el ensayo, se observan los daños locales y estado final del panel.

e. Resultados: En la tabla 4.1.3.4.1 extraída del informe realizado por el laboratorio del IDIEM, se presentan los siguientes resultados: a) primer daño visible a simple vista en el panel; b) el porcentaje máximo de deflexión residual con respecto a la deflexión instantánea en la zona elástica, para las caras interior y exterior del panel respectivamente. En la tabla 4.1.3.4.2 extraída del informe ya mencionado, se presentan los resultado del ensayo para el último nivel de energía de impacto aplicado, para las caras interior y exterior del panel, respectivamente. Complementariamente, se presentan los gráficos 4.1.3.4.1 de energía de impacto – deflexión.

Tabla 4.1.3.4.1. Resultados del ensayo de impacto al panel: Primer daño visible y deflexión residual. (Extraído de informe IDIEM).

Muestra del Panel (N°)	Primer daño visible a simple vista del panel. ⁽¹⁾				Deflexión residual en la zona elástica. Porcentaje máximo de la deflexión instantánea ⁽³⁾
	Energía de impacto aplicada (Joule)	Deflexión instantánea (1) (mm)	Deflexión residual ⁽²⁾ (mm)	Tipo de daño observado	
1	---	---	---	El panel no presenta daño aparente durante todo el ensayo.	3%
2	---	---	---		2%
3	---	---	---		8%

Notas:

(1) Deformación fuera del plano instantánea del panel producto del impacto aplicado (medida al centro).

(2) Deformación fuera de plano residual del panel luego de aplicado de impacto.

(3) Corresponde a la deflexión residual expresada como porcentaje de la deflexión bajo carga (o instantánea) en la zona elástica (se indica el porcentaje máximo observado).

Tabla 4.1.3.4.2 Resultados del ensayo de impacto al panel: Último impacto aplicado. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Muestra del Panel (N°)	Última energía de impacto aplicada			Observaciones ⁽³⁾ (Estado final del panel)
	Energía de impacto aplicada (Joule)	Deflexión instantánea ⁽¹⁾ (mm)	Deflexión residual ⁽²⁾ (mm)	
1	360	21,58	0,54	El panel no presenta daño aparente durante todo el ensayo.
2	360	21,26	0,38	
3	360	17,00	0,37	

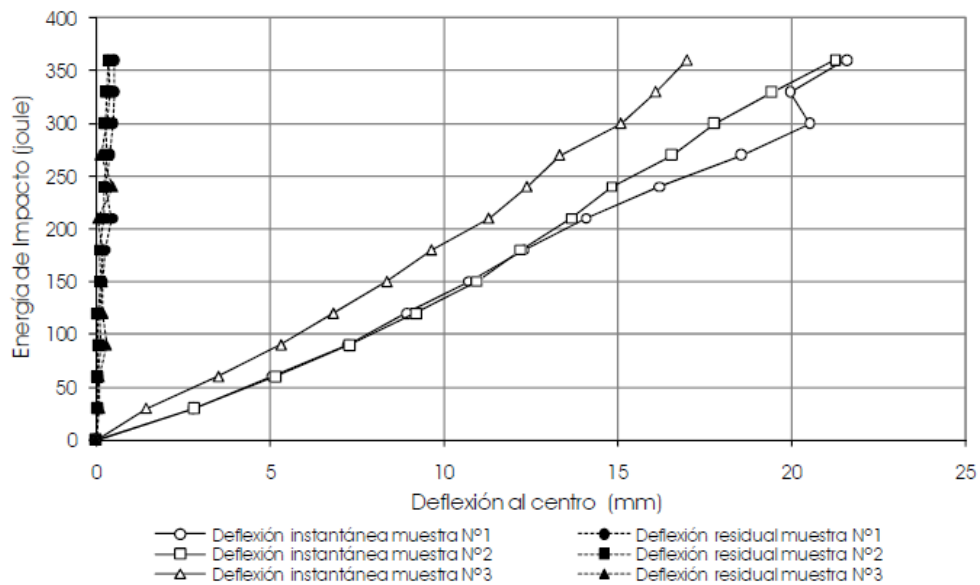
Notas:

- (1) Deformación fuera del plano instantánea del panel producto del impacto aplicado (medida al centro).
- (2) Deformación fuera de plano residual del panel luego de aplicado el impacto.
- (3) Ver fotos del estado final de las muestras del panel.

Figura 4.1.3.4.2. Estado final de muestras. (Imagen extraída de informe del IDIEM).



Gráfico 4.1.2.3.1. Curva de energía – deflexión al centro del panel. (Extraído de informe IDIEM).



Las muestras ensayadas cumplen con los requisitos establecidos en la norma NCh 806.E of 71. Para el ensayo de impacto, las cuales son: a) Para una energía de 120 [Joule] el panel no presenta deterioro aparente; b) para una energía de 240 [Joule] el panel no se rompe; c) la deflexión residual en la zona elástica no debe exceder del 30% de la deflexión bajo impacto (instantánea).

4.1.3.5 NCh 806 of 71, Arquitectura y construcción. Paneles prefabricados. Clasificación y requisitos.

A raíz de los ensayos que se deben realizar a los paneles prefabricados, mencionados en los apartados anteriores, la norma “Ch 806 of 71 Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Clasificación y Requisitos” establece los parámetros de clasificación en base a su composición de materiales, construcción y resistencia mecánica, incluyendo los requisitos de los materiales, fabricación, características físicas, geométricas y otras.

En primer lugar, se define una clasificación de los paneles según su tipo, clase y grado como se muestra a continuación:

- a. Tipos: Según su forma de elaboración
 - Tipo I: Entramados, con revestimiento despiezado y huecos.
 - Tipo II: Entramados, con revestimiento despiezado y rellenos.
 - Tipo III: Entramados, con revestimiento de láminas y huecos.
 - Tipo IV: Entramados, con revestimiento de láminas y rellenos.
 - Tipo V: Monolíticos revestidos por una o ambas caras.
 - Tipo VI: Monolíticos sin revestimiento.
 - Tipo VII: Mixtos.

- b. Clases: Según el material dominante de su estructura
 - Clase A: Hormigón.
 - Clase B: Cerámica.
 - Clase C: Madera.
 - Clase D: Acero.
 - Clase E: Aluminio.
 - Clase F: Plástico.
 - Clase G: Láminas de yeso.
 - Clase H: Mixtos.

- c. Grados: Según su comportamiento mecánico en base al ensayo realizado
- Resistencia a la compresión (RC), ensayo realizado según NCh 801, descrita en el punto 4.1.3.1. los paneles se clasificarán según su resistencia a la compresión, en los grados y subgrados que se indican a continuación:

GRADO RC	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	1000 a 3000	mínimo 500
2	3000 a 8000	mínimo 1500
3	8000 ó más	mínimo 4000

Subgrado RC	Deformación admisible (1) mm
a	14 a 21
b	7 a 14
c	14 ó menos

- (1) La deformación considerada es la flecha del panel bajo carga en el límite de proporcionalidad.

- Resistencia a las cargas horizontales (RH), ensayo realizado según NCh 802, descrita en el punto 4.1.3.2. los paneles se clasificarán según su comportamiento bajo cargas horizontales, en los grados y subgrados que se indican a continuación:

GRADO RH	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	500 a 1000	mínimo 250
2	1001 a 2000	mínimo 500
3	2001 ó más	mínimo 1000

Subgrado RH	Deformación admisible (2) mm
a	30 a 40
b	15 a 30
c	15 ó menos

- (2) La deformación considerada es la deformación bajo carga en el límite de proporcionalidad

- Resistencia a las cargas transversales (flexión) (RT), ensayo realizado según NCh 803, descrita en el punto 4.1.3.3. los paneles se clasificarán según su comportamiento bajo cargas horizontales, en los grados y subgrados que se indican a continuación:

GRADO RT	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	500 a 1000	mínimo 250
2	1000 a 1500	mínimo 500
3	1500 ó más	mínimo 1000

Subgrado RT	Deformación admisible (3) mm
a	50 a 100
b	25 a 50
c	25 ó menos

- (3) La deformación considerada es la deformación bajo carga en el límite de proporcionalidad

4.1.4 Ensayos de resistencia al fuego NCh 935/1 of 97

Por otro lado, según lo exige la OGUC en su capítulo 3, artículo 4.1.3, todo edificio, según su destino, con las normas mínimas de seguridad contra incendio contenidas en dicho capítulo, como asimismo, con las demás disposiciones sobre la materia contenidas en la ordenanza, teniendo como objetivo fundamental el salvamento de los ocupantes de los edificios; que se reduzca al mínimo el riesgo de incendio; evitar la propagación del fuego al resto del edificio o a otro edificio; facilitar la extinción de los incendios.

Teniendo como objeto de estudio los paneles SIP, según indica el artículo 4.3.4 de la OGUC, se debe analizar el comportamiento al fuego de estos, de acuerdo con lo indicado en la norma NCh 935/1 of 97, prevención de incendio en edificios – Ensayo de resistencia al fuego – Parte1: Elementos de construcción en general. A continuación, se presenta el desarrollo y los resultados obtenidos el estudio ya mencionado en el punto 4.1.2. de dicha norma.

a. Equipos e instrumentos:

- Horno de ensayo: Está compuesto por paredes interiores de ladrillo refractarios, enchapados en acero con una boca vertical abierta para el montaje de las probetas de 2,2 [m] de ancho y 2,4 [m] de altura. Está

equipado con un quemador de gas, modulante, de potencia térmica nominal de 1760 [W]

- Sistema mecánico de carga: Permite aplicar hasta 120 [Kg/m] sobre el elemento ensayado.
 - Instrumentos de medición: Se cuenta con cinco termocuplas a la cara expuesta de la probeta, para medir la temperatura al interior del horno; sensor infrarrojo, para medir la temperatura de la cara no expuesta de la probeta; finalmente, un manómetro diferencial, para medir la presión al interior del horno.
- b. Elemento ensayado: Probeta de 2,2 [m] de ancho por 2,4 [m] de alto y 0,064 [m], con una masa total de 84 [kg]. Los elementos de la probeta son:
- Soleras: Pieza de madera de pino cepillada de escuadría 2" x 2" ubicada en la parte superior e inferior de la probeta, en todo el largo.
 - Montantes: Pieza de madera de pino cepillada de escuadría 2" x 2" de 2,3 [m] de longitud, ubicados en las partes laterales del panel y un montante como elemento de unión entre los paneles.
 - Cara expuesta: Placa de OSB de 9,5 [mm] de espesor, fijado con clavos helicoidales de 2", distanciados a 250 [mm]. El encuentro de las placas es sellado con cinta de fibra de vidrio y pasta base de yeso.
 - Cara no expuesta: Placa de OSB de 9,5 [mm] de espesor, fijado con clavos helicoidales de 2", distanciados a 250 [mm]. El encuentro de las placas es sellado con cinta de fibra de vidrio y pasta base de yeso.
 - Aislación: Poliestireno de densidad nominal 15 [kg/m³], de 45 [mm] de espesor.
- c. Acondicionamiento y montaje: Primero se mantiene la probeta en acondicionamiento en laboratorio por un día, hasta alcanzar la humedad de equilibrio.
Luego, se monta la probeta en una viga de hormigón armado y se empotró sobre la boca del horno, fijándola con una barra de acero colocada horizontalmente en la parte superior del elemento. El sello se hace con lana mineral y yeso.
- d. Procedimiento: El ensayo consiste en exponer el panel, por una de sus caras, al calor de un horno de modo de imprimirle la temperatura según el gráfico 4.1.3.1, presentada en la norma en estudio, tiempo – temperatura, regida por la siguiente relación.

$$T(t) - T_0 = 345 \log_{10} (8t + 1)$$

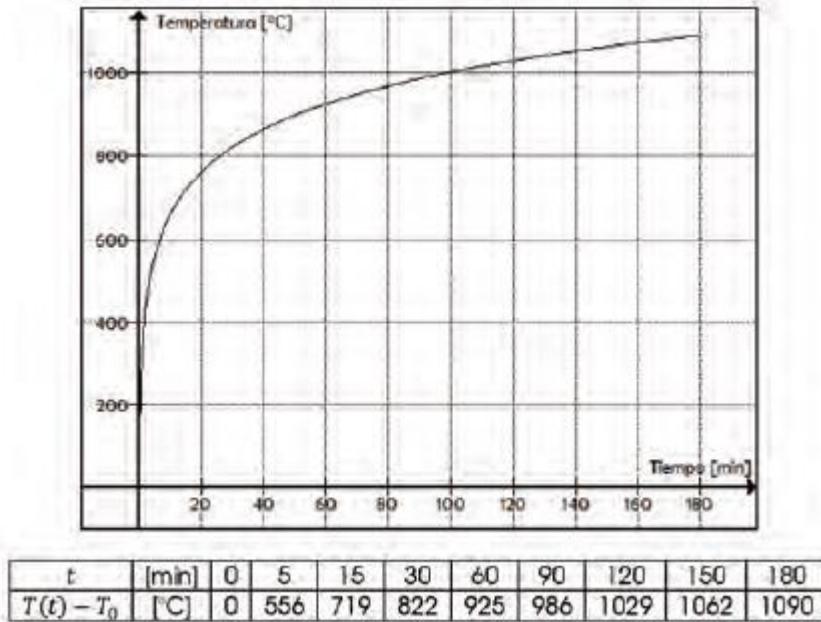
Donde;

T: Temperatura del horno en función del tiempo en °C.

T₀: Temperatura ambiente al inicio del ensayo en °C.

t: El tiempo transcurrido del ensayo en minutos.

Gráfico 4.1.3.1. Curva de incendio estándar. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



Durante el ensayo, se registra la temperatura del horno, la temperatura de la cara no expuesta y todas las observaciones respecto al comportamiento de la probeta en términos de los criterios señalados en el punto e.

e. Valoración y criterios de evaluación:

- Resistencia al fuego: de acuerdo a la norma, la resistencia al fuego se expresa como el tiempo en minutos, desde el comienzo del ensayo, hasta que dejan de cumplirse las condiciones relativas a capacidad de soporte de carga, aislamiento, estanquidad y no emisión de gases inflamables. Los criterios son los siguientes:
 - Capacidad de soporte de carga: Instante en que el elemento no puede seguir cumpliendo la función de soporte de carga para el cual fue diseñado.
 - Aislamiento térmico: Instante en que la temperatura de la cara no expuesta alcanza los 180°C puntual o 140°C promedio, por sobre la temperatura ambiente registrada al inicio del ensayo, o si sobre pasa los 220°C cualquiera sea la temperatura inicial.
 - Estanquidad: Instante en que una llama (o gases a alta temperatura), se filtra por las uniones o por grietas o fisuras formadas durante el ensayo, y se sostiene por 10 o más segundos. En el caso de filtración de gases, hay pérdida de

estanquidad si al colocar una mota de algodón en la filtración, esta enciende.

- Emisión de gases inflamables: Instantes en que los gases emitidos por la cara no expuesta arden al aproximar una llama cualquiera y continúan espontáneamente ardiendo al menos durante 20 segundos de retirada la llama.
- Clasificación de resistencia al fuego: En la tabla 4.1.3.1, se presenta la clasificación según normativa.

Tabla 4.1.3.1. Clasificación de resistencia al fuego. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).

Clase F0	< 15 minutos
Clase F15	≥ 15 minutos < 30 minutos
Clase F30	≥ 30 minutos < 60 minutos
Clase F60	≥ 60 minutos < 90 minutos
Clase F90	≥ 90 minutos < 120 minutos
Clase F120	≥ 120 minutos < 150 minutos
Clase F150	≥ 150 minutos < 180 minutos
Clase F180	≥ 180 minutos < 240 minutos
Clase F240	≥ 240 minutos.

f. Condiciones iniciales del ensayo:

- Temperatura ambiente: 15°C
- Humedad relativa: 54%

g. Resultados:

- Capacidad de soporte de carga: El elemento se sometió a carga mecánica de 120 [kg] por metro lineal, y cumplió su función de soporte de carga durante todo el ensayo.
- Aislamiento térmico: La temperatura máxima admisible de 195°C en la cara no expuesta se produjo a los 17 minutos después del inicio del ensayo, lo que determinó el tiempo de resistencia al fuego, según lo expresado anteriormente (punto e). En ese instante la temperatura promedio fue de 134°C.
- Estanquidad: El elemento se mantuvo estanco a las llamas hasta el final del ensayo.
- Emisión de gases inflamables: EL elemento no emitió gases inflamables durante todo el ensayo.
- Observaciones adicionales del ensayo:
 - Como el elemento es simétrico la cara expuesta al fuego fue escogida al azar.
 - EL panel sufrió deformaciones, las cuales no llegaron a ser causa de falla.
 - Hubo producción de humos de carácter moderado.

- Al término del ensayo, la cara expuesta al fuego quedó destruida.
- Resistencia al fuego y clasificación: La resistencia al fuego del elemento resultó ser de 17 minutos, alcanzando la clasificación F15.

h. Curvas del ensayo:

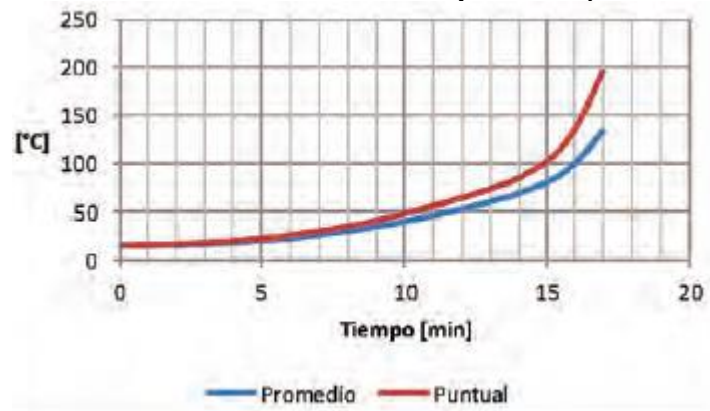
- Se presenta el gráfico 4.1.3.2, donde se muestra la temperatura promedio del horno ensayado, con respecto a la curva de incendio estándar.

Gráfico 4.1.3.2. Curva horno de ensayos. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



- Se presenta el gráfico 4.1.3.3, donde se muestra la curva de calentamiento de la cara no expuesta al fuego, donde se muestra la temperatura promedio y puntual.

Gráfico 4.1.3.3. Temperatura a cara no expuesta. (Extraído del Manual 5, del estudio mencionado en el punto 4.1).



4.2 Características de los paneles SIP

Las características de los paneles SIP, está dada por sus componentes, en primer lugar, el Poliestireno Expandido de Alta Densidad (EPS, en adelante, por su sigla en inglés, expanded polystyrene) corresponde al núcleo del panel, este es un material aislante de carácter ligero con alta composición de aire y un 2% de plástico proveniente del petróleo, lo cual produce un muy bajo consumo energético con respecto a su vida útil y generando un gran ahorro a lo largo del tiempo, este se utiliza en diferentes espesores, lo cuales van desde los 50 [mm] hasta 190 [mm], según se requiera para cada proyecto.

Con respecto a los revestimientos, existe una amplia gama de tableros y combinaciones, siendo la más utilizada los tableros de OSB (por sus siglas en inglés, Oriented Strand Board) por ambas caras. Esta es una plancha fabricada a partir de chips de madera conglomerada orientadas en una misma dirección, entregando de esta forma su carácter estructural, la cual puede ser revestida con distintas terminaciones, según sea la necesidad del proyecto.

Sin embargo, existen más tableros que pueden ser utilizados en los paneles, tales como, fibrocemento, terciado ranurado, Smart Panel, tableros de madera impregnada, entre otros, esto entrega una gran cantidad de opciones a los clientes y disminuye aún más los tiempos de construcción, ya que muchas de estas alternativas se pueden utilizar como terminación final. La unión entre los tableros y el EPS es mediante un adhesivo bi-componente, en base a poliuretano de carácter estructural y un catalizador.

Las dimensiones de los paneles generalmente están dadas por las medidas estándares que poseen los tableros que se utilizan como revestimiento, de 1,22 x 2,44 [m], sin embargo, existe un formato no muy común que es de 1,22 x 4,88 [m], por otro lado, los espesores van de los 70 [mm] a los 210 [mm], esto depende del espesor que se utilice tanto en el núcleo de EPS, como el del revestimiento.

Las principales ventajas de utilizar paneles SIP como solución constructiva en un proyecto son, en primer lugar, la eficiencia térmica que provee este material, la cual se encuentra determinada por la aislación de forma continua que posee, disminuyendo en gran proporción los puentes térmicos generados entre el interior y el exterior de una estructura, los puentes térmicos son zonas puntuales o lineales en las que se transmite calor de manera más fácil, los cuales se pueden controlar según el tipo de unión que se utilice entre paneles, explicados más adelante en el **punto 4.3.1** de la presente memoria, dada esta ventaja se disminuyen considerablemente los costos en climatización generando un gran ahorro en el largo plazo. Otra ventaja para considerar es la gran capacidad estructural y antisísmica que se puede alcanzar, lo cual debe ser certificado

mediante la normativa explicada en el **punto 4.1.1**. Por otro lado, el concepto de construcción acelerada es otra ventaja característica de la construcción modular, lo cual permite entregar resultados concretos en poco tiempo, además, esto permite construir en lugares donde las condiciones climáticas dificultan los procesos constructivos. En cuanto al grado de capacitación que se requiere no posee mayores dificultades, una inducción simple y supervisión técnica es suficiente para el manejo de proyectos con paneles SIP, además, la fácil manipulación, tanto de los paneles, como las herramientas, permiten un buen desarrollo en los proyectos. Finalmente, el control que se puede lograr en cuanto al uso de paneles es una gran ventaja, ajustando los proyectos a cantidades exactas de paneles y reutilizando cortes previamente realizados, permite evitar pérdidas, generar menos escombros y un lugar de trabajo más limpio y ordenado.

4.3 Proceso Constructivo

En el siguiente apartado, se describe en primer lugar los elementos necesarios para realizar el montaje de una construcción con paneles SIP, para luego continuar con la explicación del paso a paso a seguir para llevar a cabo el montaje de proyectos que involucren este tipo de material.

4.3.1 Elementos de montaje

a. Tipos de Unión:

- **Clavijas:** Es un tipo de unión horizontal, utilizando tablillas de OSB dimensionadas, que van de los 8 a 10 [cm] de ancho, que se ubican en los rebajes que son previamente realizados en el EPS, quedando traslapados entre ambos paneles. Es un buen tipo de unión, ya que disminuye el puente térmico.



Figura 4.3.1.1. Clavijas.

- Unión Tipo H: Es un tipo de unión horizontal, formada por una pieza de pino dimensionado de carácter estructural unido con dos tablillas de OSB, generando una unión con mayor resistencia entre paneles.



Figura 4.3.1.2. Unión tipo H.

- Doble pie derecho: Es un tipo de unión vertical, horizontal y de esquina, en la cual se utilizan dos piezas de pino dimensionado estructural unidas entre sí y a los paneles continuos. Es de las más utilizadas.



Figura 4.3.1.3. Pie derecho.

- Unión Mini-SIP: Es un tipo de unión horizontal, conformada por una pieza de panel SIP dimensionada, su principal característica es que disminuye el puente térmico generado en las uniones.



Figura 4.3.1.4. Unión mini-SIP.

- b. Soleras inferiores y superiores:** Son piezas de pino dimensionado de grado estructural e impregnado para garantizar su durabilidad en el tiempo. Las soleras inferiores, son utilizados como guías y soportes de los paneles, ya sea en una losa o radier, mientras que las soleras superiores, permiten dar un amarre y continuidad estructural entre los paneles y dar soporte a la estructura de cubierta o envigado de piso según sea el proyecto.

4.3.2 Secuencia Constructiva

- a. **Instalación Solera Inferior:** La solera inferior, corresponde al soporte base de los paneles SIP, dependiendo de cuál sea la superficie sobre la que se instalaran, deben quedar correctamente afianzadas. Es muy importante que esa base se encuentre bien nivelada. En caso de radier de hormigón, se puede utilizar fierro de construcción estriado amarrado a la viga de fundación, pernos de anclaje o tarugo clavo, distanciados a 60 [cm], con un mínimo de dos por solera. Además, se debe incorporar una barrera anti-humedad bajo la solera, con un ancho mínimo que permita retornar 10 [cm] de altura en ambas caras del panel. En caso de envigado de pisos se deben mantener las consideraciones ya mencionadas, salvo el tipo de unión, el cual será mediante tornillos Turbo Screw afianzado al envigado.

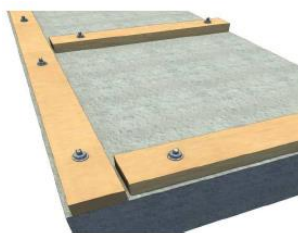


Figura 4.3.2.1. Solera inferior.

- b. **Instalación Paneles SIP:** Siempre se debe comenzar con un encuentro de esquina, instalar el pie derecho que afianzará el panel con el del encuentro de esquina, instalar el pie derecho del otro panel de esquina, estos deben ser unidos mediante tornillos Turbo Screw entre sí con un distanciamiento mínimo de 50 [cm]. Luego instalar el panel, el cual debe ser apoyado en su esquina inferior, para luego bajarlo. Revisar los plomos de ambos paneles y afianzar estos a la solera y pies derechos.



Figura 4.3.2.2. Instalación paneles SIP

- c. **Unión horizontal de paneles SIP:** Esta se llevará a cabo según el tipo de unión especificado para el proyecto. Se debe instalar el tipo de unión correspondiente sobre el panel ya instalado, el cual debe tener un largo de tal forma que quede entre la solera inferior y superior, se debe procurar que la unión quede equitativamente repartida en ambos paneles, permitiendo de esta forma que la fijación quede bien instalada. Luego se procede con la instalación del panel siguiente, apoyando su esquina inferior primero y luego bajando el panel, asegurando que este calce de manera correcta, se debe procurar un distanciamiento entre los paneles de 3 a 4 [mm] permitiendo la expansión o contracción correspondiente debido a las gradientes de humedad y temperatura del ambiente.

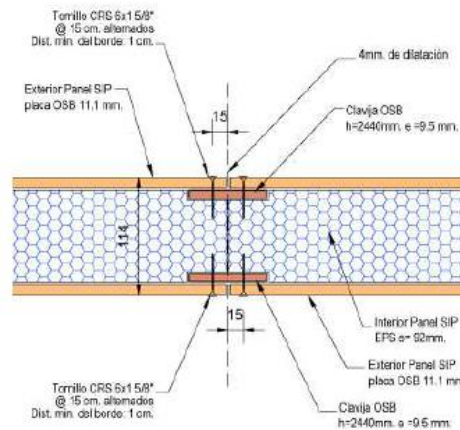


Figura 4.3.2.3. Unión horizontal de paneles.

- d. **Unión Vertical de paneles SIP:** Cuando un proyecto solicita muros con alturas superiores a los 2,44 [m], se puede usar uniones horizontales del tipo H, para alturas hasta 3,20 [m] o doble pie derecho para mayores alturas, de esta forma generando un pilar continuo que evite el volcamiento o efecto bisagra. Además, se afianzan de manera vertical mediante uno de los tipos de unión ya mencionados.

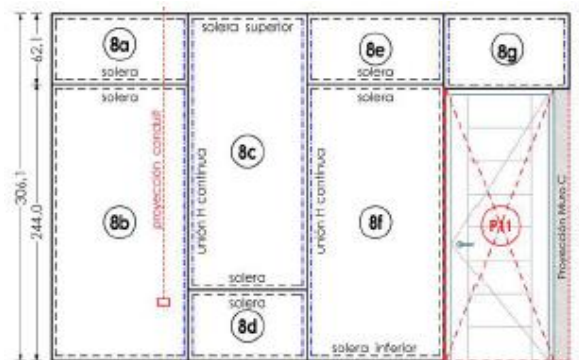


Figura 4.3.2.4. Unión vertical de paneles.

- e. Encuentro de muros:** En el caso de encuentro de muros de forma perpendicular, se debe instalar el pie derecho asegurando el plomo y la escuadra, afianzando desde el exterior con tornillo Turbo Screw cada 50 [cm], una vez instalada esta, posicionar el panel de la forma ya mencionada en los puntos b y c, afianzando a la solera y pie derecho.

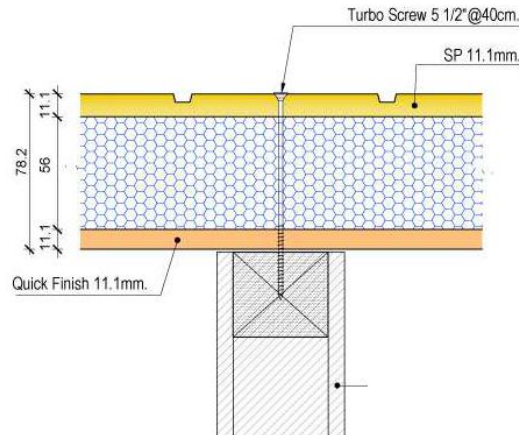


Figura 4.3.2.5. Encuentro de muros.

- f. Instalación de Vanos:** Para vanos de puertas y ventanas se deben instalar piezas de madera del mismo tipo que las soleras. Los paneles que así lo requieran, deben venir con los rebajes en el EPS o realizarlos en su defecto. En caso de ventanas se comienza por el inferior, procurando que esta quede más larga para soportar las piezas laterales, lo mismo debe ocurrir en la pieza que va en la parte superior. En caso de puertas, se instalan primero los pies derechos y luego la pieza superior, la cual debe quedar apoyada en ambos extremos sobre los pies derecho. En ambos casos se debe afianzar el panel a las piezas de madera mediante tornillos CRS 1 5/8" distanciados cada 15 [cm].



Figura 4.3.2.6. Instalación de vanos.

g. Instalaciones eléctricas y sanitarias: Las instalaciones eléctricas deben ser desarrolladas dentro del panel o sobrepuestas de manera convencional. En el caso de ir dentro del panel, se puede trabajar de distintas formas. Existen paneles en que el EPS viene con ranuras a una distancia uniforme, pero existen casos en que la ranura no coincide con la ubicación de un punto eléctrico, por otro lado, se puede generar la ranura necesaria para el punto eléctrico, lo cual debe ser realizado con los paneles ya instalados, pero previo a la instalación de la solera superior. Para esto se deben trazar los puntos eléctricos y con una caladora realizar la perforación correspondiente al tamaño de la caja eléctrica, luego trazar a plomo la línea que debe tener la canalización a dicha caja, para realizar la canalización se puede realizar con dos métodos; el primero consiste en precalentar una bola tipo rodamiento del diámetro necesario, dejándola caer por gravedad hasta la caja correspondiente; el segundo, consiste en precalentar una barra de cobre del largo necesario, unida a otro material que no se caliente e introducirla hasta llegar a la caja correspondiente. Por otro lado, las instalaciones sanitarias deben estar instaladas previo a la instalación del panel, de esta forma se realiza el corte necesario a medida y de forma vertical. En ningún caso se podrán realizar cortes en sentido horizontal al panel, ya que afecta directamente su capacidad estructural.

h. Instalación Solera Superior: La solera superior corresponde al elemento de amarre del sistema constructivo, por lo cual no debe coincidir nunca el término de una solera con una unión horizontal entre paneles, se recomienda que una solera cubra al menos el 30% de un panel, mejorando de esta forma la capacidad estructural del muro. Fijar la solera a los paneles mediante tornillos CRS 6X1 5/8" cada 15 [cm]. Se debe procurar realizar la perforación correspondiente en caso de instalaciones eléctricas.



Figura 4.3.2.7. Solera superior.

5. Estudio Económico

En el siguiente capítulo se realiza un estudio de mercado de la industria de los paneles SIP y los factores que inciden en su desarrollo, también se propone un modelo de negocio con el cual se pretende ingresar al mercado de los paneles SIP, finalmente se realiza una evaluación de costos y una evaluación técnica de lo que se requiere para comenzar con una fábrica de paneles .

Se toma como objeto de estudio una empresa constructora, a la cual se denominará **Empresa A**, con sede en la ciudad de Viña del Mar, conformada por un grupo de profesionales que pretenden buscar nuevos negocios a través de la implementación de nuevas tecnologías de construcción y junto con esto mejorar la productividad y aportar al medioambiente.

5.1 Estudio de mercado

Cuando se quiere entrar en un mercado, siempre es necesario hacer un estudio profundo de éste e identificar quienes interactúan en él. Un modelo de estudio es lo que se denomina **benchmarking**, el cual se refiere a un proceso continuo donde se toma como referencia a empresas que son líderes en el mercado que se desea entrar, compararlos e identificar sus servicios, productos y procesos para implementarlos incorporando una mejora. El benchmarking, se pueden realizar desde tres perspectivas; la primera es la competitiva que apunta directamente a la competencia, lo cual resulta más costoso recopilar la información; por otro lado, cuando se trata de una empresa con más de un área o con subcontratos, se aplica un estudio interno, donde se toma como ejemplo aquella que tiene mejores resultados y se aplica a las demás para mejorar la empresa en general; finalmente, se puede realizar desde una perspectiva funcional, en donde se toma como objeto las buenas prácticas, independiente si la empresa en estudio pertenece o no al rubro.

Para comenzar con este estudio, es necesario saber quiénes corresponden a una competencia directa, es decir, aquellos que se dedican a la venta del mismo producto en el mercado, por ende, apuntan a un mismo cliente, de estos es bueno saber cómo operan, que precios ofrecen al mercado, el formato de venta que utilizan, trato con los clientes, entre otros aspectos. Por otra parte, es bueno identificar lo que se denomina producto sustituto, esto se refiere a aquellos que satisfacen una misma necesidad, pero no es el mismo producto, por lo cual se lleva un porcentaje del mercado.

También, es necesario identificar para quién debe ir dirigido el producto, lo cual tiene su grado de dificultad, ya que, dentro de un mismo mercado, puede existir una gran variedad de tipos de clientes, lo cual influye directamente con la calidad del producto, el nivel de terminación y el precio de venta de este.

A continuación, se realiza el benchmarking, realizado para determinar la factibilidad de implementación de la fábrica de paneles SIP en la Empresa A. Este se realiza desde la perspectiva competitiva, ya que, al ser una empresa pequeña y nueva, no cuenta con diferentes áreas o subcontratos, si bien, se puede tomar una perspectiva funcional, el estudio se centrará en la perspectiva competitiva.

5.1.2 Competencia Directa

Inicialmente, se realiza un estudio de empresas ubicadas en la quinta región de Valparaíso, en la cual se identifican solo dos, sin embargo, existen empresas ubicadas fuera de la región y que operan en la quinta región, por este motivo, se decide ampliar la búsqueda a empresas que se dediquen al rubro a la región Metropolitana.

Los aspectos para comparar en el estudio de la competencia directa son los siguientes: Formato de venta de paneles, tipos de paneles, precios del panel SIP 114 [mm], si cuenta con página web y redes sociales, años de experiencia, proyectos ejecutados.

V REGIÓN

Se considera las dos grandes empresas oficiales que se dedican a la fabricación de paneles SIP ubicadas en la quinta región como la principal competencia directa, las cuales serán denominadas **Empresa 1 y Empresa 2**.

La **Empresa 1**, está ubicada en Quilpué, la cual en 1996 adquirió una licencia de una empresa estadounidense, para fabricar paneles SIP y construir con este método, siendo estos una de las empresas pioneras en Chile de esta tecnología. Es una empresa que opera con proyectos a nivel nacional e incluso territorios insulares de Chile. Esta se dedica principalmente a la construcción de viviendas con paneles SIP, tanto diseños propios, como diseños de los clientes, es decir, venta de proyecto completo, sin embargo, cuentan con un KIT Constructivo, que consiste en la venta de un paquete transportable, este incluye los paneles SIP, materiales necesarios para su montaje y de forma opcional una asesoría en terreno.

Por otro lado, está la **Empresa 2**, ubicada en Quillota, la cual se dedica a la fabricación y venta de paneles SIP, además, de diseño y asesoría, Esta empresa pone énfasis a la certificación tanto de los materiales como los paneles. Junto con la venta de paneles, entrega los insumos necesarios para la instalación de los paneles. Por otra parte, cuenta con el apoyo de una empresa constructora especializada en obras con paneles SIP. Su visión es ser reconocidos como líderes en la quinta región en la industria, mostrando excelencia en la calidad de los productos y los resultados de los trabajos realizados.

Aspecto	Empresa 1	Empresa 2
Formato de Ventas	Principalmente a la venta de proyectos y KIT Constructivo	Venta de paneles, diseños y asesorías
Tipos de Paneles	No hay información	- Panel SIP OSB de 70 a 114 mm
		- Panel SIP Smart Panel
Precio Panel SIP OSB 114 mm	\$52.398	\$53.398
Página Web y RRSS	Página web	Página web y Facebook
Años de experiencia	25 años	No hay información
Proyectos Ejecutados	Viviendas unifamiliares Capitanías de puerto (Armada de Chile) Comisarías (Carabineros de Chile)	No hay información

Tabla 5.1.1.1- Cuadro comparativo de empresas ubicadas en la V región.

REGIÓN METROPOLITANA

La mayor cantidad de empresas de paneles SIP se encuentran en la región Metropolitana, dada la gran cantidad se toman como muestra seis empresas, en las cuales se observa una visión similar a lo que se desea proponer como empresa dedicada a la fabricación y construcción con paneles SIP. A continuación, se describe de forma breve cada una de estas.

Empresa 3, es una empresa ubicada en la comuna de Recoleta, dedicada a la fabricación y venta de paneles SIP, los cuales, además, trabajan con una empresa constructora de casas forma asociada, los cuales se especializan en construcción con este tipo de paneles. Por otro lado, cuenta con un área de instalación, en la cual ofrecen personal capacitado, supervisores y herramientas especializadas para optimizar el montaje.

Empresa 4, es una empresa ubicada en la comuna de Colina, con más de 10 años de experiencia en el rubro de la construcción, que, además, opera en la quinta región y zona sur, dedicada a la producción y comercialización de paneles SIP. Dada su experiencia en construcción, ofrece diversos servicios relacionados con sus paneles, dentro de ellos está el de arquitectura y construcción, donde se desarrollan proyectos de viviendas, oficinas u otros; por otro lado, se ofrece el servicio de cubicación de paneles y dimensionado, en el cual, el cliente presenta el proyecto y se ofrece el presupuesto y fecha de entrega de paneles cortados y listos para el montaje; también, ofrece el servicio de asesoría en obra y finalmente, servicio de despacho. Dentro de sus productos, ofrece paneles SIP con revestimientos de OSB, Smart Panel, Terciado Ranurado y ofrece un formato de Panel SIP Conduit, el cual viene con las canalizaciones para la instalación eléctrica.

Empresa 5, nace de la experiencia de más de 10 años con sistemas constructivos en Canadá y se instala en Chile en el año 2011 enfocada al desarrollo de productos destinados a la industria de la construcción con sistemas SIP, los cuales utilizan una placa que posee ventajas térmicas, con resistencia al fuego, la humedad, agentes biológicos, entre otras. Esta empresa, a diferencia de la gran mayoría, al ofrecer el panel SIP MGO, el cual está compuesto por dos placas de Sulfato de Magnesio, con las ventajas ya mencionadas y propiedades superiores a las placas de yeso o cemento. Todas con espesores que van de los 70 [mm] hasta los 230 [mm].

Empresa 6, es una empresa ubicada en La Pintana con más de 10 años de experiencia, dedicada a la fabricación, dimensionados, montaje y diseño de paneles SIP Oxido de Magnesio (sin cloruro) resistentes a ambientes húmedos, agua y fuego, además, los tradicionales SIP OSB y SIP SmartSide. La empresa ofrece servicios de diseño proyectos de arquitectura y especialidades, dimensionado de paneles, venta de kits autoconstrucción, montaje de paneles,

servicio de encolado (fabricación de paneles a otras empresas fabricantes) y proyectos llave en mano. Se caracteriza por su amplia cobertura a nivel nacional.

Empresa 7, es una empresa ubicada en Vitacura con sucursal en Puerto Montt, con más de 12 años de experiencia diseñando estructuras en SIP para fabricantes, arquitectos y constructoras. Cuenta con una plataforma virtual en línea para la cubicación, venta de paneles, venta de herramientas y accesorios para paneles, venta de proyectos a diferentes niveles de terminación e instalación de paneles, dentro de estos últimos, poseen proyectos propios como también desarrollo de proyectos propuestos por los clientes.

Empresa 8, es una gran empresa ubicada en Colina, con sucursales comerciales en todo Chile, con una experiencia de más 200.000 viviendas construidas, ha desarrollado proyectos de viviendas de emergencia, proyectos mineros, oficinas, proyectos de viviendas en serie y viviendas unifamiliares.

Empresa Aspecto	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8
Formato de Ventas	Venta de paneles, asociados a una empresa constructora y venta de herramientas complementarias	Arquitectura, construcción, cubicación, dimensionado y venta de paneles SIP	Venta de paneles y soluciones constructivas	Venta de paneles, proyectos y fabricación de paneles a otras empresas.	Venta de paneles, accesorios, proyectos y servicio de instalación	Se dedica principalmente a la venta de proyectos y prestación de servicios con paneles SIP
Tipos de Paneles	- Panel SIP OSB de 70 a 210 mm	- Panel SIP OSB - Terciado Ranurado o Smart Panel de 72 a 210 mm	- Panel SIP OSB de 70 a 230 mm	- Panel SIP OSB - Smart Panel de 87 a 162 mm	No hay información	No hay información
		- Panel SIP Conduit	- Panel SIP MGO	- Panel SIP MGO de 60 a 210 mm		
Precio Panel SIP OSB 114 mm	\$49.800	\$54.700	\$53.800	\$52.708	\$56.700	No hay información
Página Web y RRSS	Página Web	Página web	Página Web	Página web	Página web	Página web
Años de experiencia	No hay información	10 años	19 años	10 años	12 años	No hay información
Proyectos Ejecutados	Viviendas Unifamiliares	No hay información	Viviendas unifamiliares	No hay información	No hay información	Viviendas unifamiliares
			Servicio de subcontrato de Paneles SIP			Viviendas Sociales
			Servicio de Subcontrato de Paneles SIP			

Tabla 5.1.1.2- Cuadro comparativo de empresas ubicadas en la región metropolitana.

5.1.3 Producto Sustituto

Para una empresa fabricante de paneles SIP, con el modelo de negocio explicado más adelante en el **punto 5.2**, se pueden identificar productos sustitutos de dos diferentes perspectivas, la venta de paneles SIP y la construcción de viviendas.

Venta de Paneles SIP

Para el caso de venta de paneles SIP, se consideran como producto sustituto aquellos que presenten el carácter de construcción industrializada como aquellos que contengan dentro de sus características la aislación incorporada.

En primer lugar, se identifican los paneles Metalpol, estos están compuestos por una placa de poliestireno expandido de alta densidad con montantes de acero galvanizado incorporado a cierta distancia, cumpliendo las mismas características aislantes y el carácter modular del panel SIP, sin embargo, difieren en el método constructivo y su estructura. Del mismo material, pero con otra configuración, existen losas, cubiertas y tabiques.

Por otro lado, existe el sistema de construcción Panel ICF, los cuales son bloques de poliestireno expandido huecos, reforzados con barras de acero, apilados como muros tanto interiores como exteriores y que luego son llenados con hormigón, en resumen, es un sistema con moldaje perdido que funciona como aislante y parte de la estructura. Cumplen con la característica de la aislación incorporada, siendo un producto sustituto al panel SIP.

Construcción de viviendas

En lo que respecta a construcción de viviendas con paneles SIP, se considera como producto sustituto todo tipo de construcción de vivienda independiente sea su método constructivo y considerando diferentes niveles de terminación.

En primer lugar, se considera la venta de proyectos con sistemas tradicionales de construcción, lo cual presenta un mercado muy amplio, ya que la mayoría de las empresas constructoras y las más antiguas utilizan estos métodos. Por otro lado, los clientes son quienes confían en estos métodos ya que han sido probados a lo largo del tiempo y poseen gran trayectoria, además, existen muchas personas que se rehúsan a utilizar nuevas tecnologías.

Otro producto sustituto, es la venta de viviendas prefabricadas, existe un amplio mercado en lo que respecta a este tipo de viviendas, con diferentes niveles de terminación y precios. Este producto tiene gran incidencia en la venta de viviendas de paneles SIP, ya que suele confundirse en comparar los precios de una con respecto a la otra, sin tomar en cuenta que la gran mayoría de las

viviendas prefabricadas corresponde solo la obra gruesa sin ningún tipo de aislación.

5.1.4 Cliente

Todo negocio para ser viable debe tener un cliente y para identificar a un cliente potencial de un negocio, se utiliza un proceso de planificación que ayuda tener éxito en esta tarea. No tiene sentido gastar recursos en querer llegar a todo el mundo, si no estar enfocados en aquellos que realmente les interesa el producto o servicio que se quiere vender.

En primer lugar, se debe tener claridad en el producto y servicio que se desea ofrecer y como este proporciona una solución al cliente. Por otro lado, tener un factor diferenciador ante la competencia, que haga destacar dentro del mercado y que el cliente lo prefiera.

En segundo lugar, se debe comenzar con la investigación del cliente propiamente tal, esto se debe realizar mediante dos vías, la primera, es investigando en base a terceros, es decir, buscar lo que la competencia ya ha analizado, hoy existe un exceso de información, lo cual puede ser de mucha ayuda, pero es bueno saber diferenciar la información útil y la que debe ser descartada. Luego, se puede realizar una investigación de forma directa, obteniendo datos mediante encuestas, entrevistas u otros medios.

En tercer lugar, se genera un perfil del cliente potencial, donde se expone la información recopilada separado en dos grupos de análisis, el primero es información demográfica, la cual apunta a datos como: edad, genero, ubicación, trabajo e ingresos promedio; de estos se infiere el tipo de persona que desea comprar los productos y servicios ofrecidos. El segundo grupo es el de información acerca del comportamiento, que recoge datos como: intereses, valores, estilo de vida, actitudes y preocupaciones; de los cuales se obtiene la clave del porque van a comprar los productos y servicios.

Una vez procesada la información, se puede identificar donde se encuentra el cliente potencial, esto ayuda principalmente en el cómo llegar a estas personas y enfocar los recursos en esa área.

Finalmente, analizada ya toda la información y teniendo claro cuál es el cliente objetivo, donde encontrarlo y como ofrecer el producto o servicio, es necesario seguir en constante evaluación de este y cómo evoluciona el mercado y de esta forma ir adaptando las estrategias.

En el **punto 5.2.1** de la presente memoria, se presentan los productos y servicios que se desean ofrecer a los clientes, junto con el estudio de mercado realizado en el **punto 5.1.1**, se pueden encontrar dos grandes clientes potenciales, en primer lugar, se trata de personas naturales, que deseen construir

su vivienda, ya sea su lugar de residencia o segunda vivienda, con gran tecnología en eficiencia térmica e incluyendo el concepto de construcción acelerada, ambos, son conceptos que involucran un mayor costo monetario, por lo cual, se apunta principalmente a un nivel socioeconómico desde AB al C2, según el informe *Estilos de vida en Chile, GSE, año 2019*. Por otro lado, se considerará como cliente potencial, aquellas empresas constructoras que se dediquen a la construcción de viviendas, utilizando nuevas tecnologías que faciliten sus labores. Desde una perspectiva de proyección, se debe tener en cuenta como futuros clientes, Municipalidades y empresas del Retail, dado que estas tienen mayores requisitos para poder ingresar en este mercado.

5.2 Modelo de Negocio

Otra de las variables que hay que tener en cuenta para comenzar con un proyecto, es el modelo de negocio, el cual apunta al mecanismo de ventas que garantice que los ingresos superen a los gastos. Este modelo de negocio, a lo largo de la vida de la empresa puede ir variando constantemente, adaptándose al mercado y al crecimiento que pueda alcanzar una empresa.

Para comenzar con el modelo de negocio, se debe poner como objetivo un mercado en específico, lo cual está directamente relacionado con el análisis del cliente elaborado en el **punto 5.1.3**. Este foco de mercado puede ir expandiéndose a lo largo del tiempo y con el crecimiento de la empresa. El modelo de negocio debe ser sencillo y existente, observando cómo operan las demás empresas del mercado, y de esta forma poder desarrollar los productos y servicios a ofrecer.

5.2.1 Productos y servicios

5.2.1.1 Venta de Paneles SIP

Como producto directo de una fábrica de paneles SIP, son los mismos paneles, los cuales se pueden comerciar de forma unitaria, ya sea a una empresa o a una persona natural que desee construir una vivienda por sus propios medios. Para esto, se realiza un catálogo de productos (ver anexo 1) donde se muestran los formatos disponibles a ofrecer, por otro lado, se desarrolla un análisis de los precios unitarios de estos y con esto obtener un precio de venta acorde al mercado estudiado.

Los tipos de paneles a fabricar son en base a los modelos de negocios estudiados en el benchmarking realizado, además, se acota a ciertos espesores en base a la zona climática de la quinta región. Los formatos son en dimensiones estándares de las planchas que se ofrecen en el mercado, generalmente 1,22 x 2,44 [m] y acotado por el tamaño de la prensa descrita más adelante en el **punto 5.3.5.**

Tipos de paneles

- Panel SIP OSB estándar

Es un panel con un alma de poliestireno expandido de diferentes espesores revestido con dos caras de placas de OSB, el cual tiene la particularidad de poder ser utilizado tanto como muro exterior, interior, losa y cubierta, dado que el OSB requiere de algún tipo de terminación. Generalmente los muros exteriores van de los espesores desde los 114 [mm] hasta los 162 [mm], dependiendo de la zona geográfica de la vivienda, mientras que muros interiores de tabiquería van generalmente de los 70 [mm] hasta los 90 [mm].

- Panel SIP Smart Panel

Es un panel con un alma de poliestireno expandido de espesores que van de los 92 [mm] hasta los 138 [mm] compuesto por una de sus caras por una placa de Smart Panel, el cual es un tablero estructural compuesto por OSB con un tratamiento que entrega textura natural de cedro ranurada lista para pintar, muy resistente a las condiciones climáticas tales como, sol, viento o lluvia, por lo tanto, es un panel ideal para uso exterior. En su cara interior se puede complementar con una placa de OSB estándar o terciado ranurado, según sea la solicitud del cliente. La ventaja de este panel es que viene terminado en su cara exterior, proporcionando aún más un ahorro en tiempos de construcción.

- Panel SIP Terciado Ranurado

Es un panel con un alma de poliestrieno expandido de espesores que van desde los 48 [mm] hasta los 68 [mm], revestido por una o ambas caras con una placa de terciado ranurado, el cual es un tablero con una terminación ranurada pintable. Ideal para uso interior, dejando una terminación de inmediato agilizando aún más la construcción.

Análisis de Precios Unitarios

Los precios unitarios son elaborados en base a precios comerciales de la quinta región de Valparaíso, mientras que la mano de obra se cuantifica en base a una cantidad de 27 paneles SIP que puede elaborar una cuadrilla compuesta por un maestro de primera con un ayudante, utilizando una prensa, con el método descrito en el **punto 5.3.5.**

Las tablas de precios unitarios se adjuntan en el anexo 2 de la presente memoria donde se detalla cada tipo de panel en sus diferentes espesores y combinación de revestimientos posibles.

5.2.1.2 Venta de Viviendas

Como proyección a futuro de la Empresa A dedicada a la fabricación de paneles SIP y en base al estudio de la competencia directa realizado en el **punto 5.1.1**, se propone analizar la factibilidad de ingresar en el mercado inmobiliario con la venta de viviendas en paneles SIP. Para comenzar se propone trabajar con tres modelos dimensionados en base a las medidas de los paneles, esto con la finalidad de optimizar en tiempo, pérdidas y la reducción de escombros.

Las viviendas son elaboradas suponiendo una segunda vivienda ubicada entre la cuarta y la quinta región o bien una primera vivienda emplazada en una parcela, para lo cual se elaboran los tres modelos con una arquitectura mediterránea, proyectadas con ventanales grandes y una terraza a lo largo de toda la vivienda.

La primera vivienda propuesta es un modelo de dos habitaciones con un baño en 52 [m²] + 16 [m²] de terraza, pensado en una pareja o familia pequeña que desee iniciar su proyecto de la casa propia, esta cuenta con una habitación principal y una secundaria, con baño compartido y un espacio abierto de living-comedor con cocina americana. Esta vivienda tiene la particularidad, como se muestra en la figura 5.2.1.2.1, que al final del pasillo se deja una ventana con dimensiones de una puerta, lo cual permite una futura ampliación manteniendo el carácter modular de los paneles SIP.

Figura 5.2.1.2.1. Modelo vivienda 2H1B



El segundo modelo propuesto, es de tres habitaciones con dos baños en 74 [m²] + 20 [m²] de terraza, el cual está más enfocado en una familia ya constituida, ya que se distribuye en una habitación principal con baño en suit y walking-closet, una habitación secundaria amplia para dos persona y una tercera habitación más pequeña para una persona, tiene un baño amplio de uso compartido, tanto para las dos habitaciones como también uso de visitas. El espacio de living-comedor es más amplio y se mantiene el concepto de cocina americana.

Figura 5.2.1.2.2. Modelo vivienda 3H2B



Finalmente, el tercer el tercer modelo propuesto, corresponde a una vivienda de primer nivel, de tres habitaciones con tres baños en 139 [m²] + 29 [m²] de terraza, distribuidos en dos grandes zonas, la primera donde se encuentran las habitaciones, comenzando con una sala de estar y el baño compartido, luego las dos piezas secundarias de tamaños similares y finalmente una habitación principal con baño en suit y walking-closet. En la otra parte de la casa se encuentran un living-comedor amplio con grandes ventanales y un baño de visitas, en este modelo, a diferencia de los otros dos, la cocina se encuentra completamente aislada, posee un comedor de diario, una logia y salida al exterior.

Figura 5.2.1.2.2. Modelo vivienda 3H2B



Para cada una de las viviendas se establece de forma previa unas especificaciones técnicas del proyecto vendido en la modalidad “llave en mano”, lo cual se refiere a que se vende una casa completamente equipada con terminaciones en todos los recintos, mobiliario de cocina incorporado, closet y artefactos de baño y cocina. Este presupuesto considera en primer lugar lo que corresponde a obras preliminares, que incluye partidas de escarpe y nivelación, instalación de faenas, replanteo general y trazado. Seguido a esto se considera lo que corresponde a la obra gruesa, donde se incluye las faenas de excavación de fundaciones, un zapata corrida por todo el perímetro de la obra y dependiendo del modelo de vivienda cierta cantidad de zapatas centrales, todo esto en hormigón armado, luego se proyecta un radier de 8 [cm] sobre una base de relleno compactado dependiendo del emplazamiento de la obra y una barrera contra la humedad, la terminación de éste debe ser muy bien nivelada, ya que esto influye directamente a la instalación de los paneles; luego se considera la instalación de paneles SIP Smart Panel y todo lo que corresponde a instalación sanitaria, eléctrica y de gas; luego se considera la estructura de techo proyectada en perfiles estructurales de acero liviano con una cubierta en planchas de OSB y una cubierta en emballetado, forros y canaletas incluidas. En lo que respecta a cielo y tabiques se proyecta en estructura de perfiles estructurales de acero liviano con aislación en lana de poliéster de 50 [mm] y revestidas con placa de yeso-cartón de 10 [mm] y en recintos húmedos, placa de yeso-cartón resistente a la humedad. Finalmente, se presupuestan las obras de terminaciones; para pavimentos, se considera

cerámica en todos los recintos comunes y piso flotante para los dormitorios, ambos con su respectivo guardapolvo; para muros de interior se considera pasta y pintura en recintos secos, mientras que para recintos húmedos, como cocina y baños se proyecta en cerámica, para muro exterior se considera pintura sobre Smart Panel; con respecto al cielo se considera pasta y pintura para el interior con moldura en todos los recintos seco y para el alero madera impregnada. En cuanto a puertas, se considera una puerta de acceso de madera, mientras que para el interior puertas enchapadas, todas con su quincallería correspondiente. Para ventanas, se proyecta termo-panel con perfiles PVC blanco, manteniendo los estándares de aislación térmica que proporciona el panel SIP. Dentro del presupuesto, se incluye los artefactos de baño y cocina como, WC, lavamanos con mueble, lavaplatos, receptáculo de ducha o tina (según modelo de vivienda), accesorio de baños, encimera, horno y campana, además de los muebles de cocina y closets, además de los proyectos de instalación sanitaria, eléctrica y gas. Para cerrar, se presupuesta la faena de retiro de escombros y aseo y entrega.

Sin embargo, siempre existe la posibilidad de trabajar con un proyecto personal que desee realizar el cliente, esto se refiere a que se pueden tomar proyectos de vivienda ya elaborados y ejecutarlos, también se puede trabajar el proyecto en conjunto con un cliente y adaptarlos a dimensiones de los paneles con la finalidad de reducir la producción de residuos de la construcción y se ahorra también tanto material como mano de obra.

Con a priori de cada vivienda y cotizaciones respectivas realizados a otras empresas, es posible determinar como un valor de venta aproximado de 20 [UF/m²], esto siempre sujeto a una evaluación económica del proyecto, ya que existen factores como el tipo de terreno, el emplazamiento de la obra, disponibilidad de material, entre otros, que determinan el valor final de un proyecto.

5.2.1.3 Kit Autoconstrucción

Por último, dentro del modelo de negocio, se propone generar un kit de autoconstrucción, el cual consiste en la venta de los materiales necesarios para construir una vivienda en paneles SIP, pero de forma autónoma, es decir, se venden solo los muros perimetrales listos para montar. Este formato de venta es creado con el fin de entregar una alternativa más económica a los clientes, ya que, muchas personas están en busca de una vivienda prefabricada, lo cual se ajusta a un presupuesto mucho menor al de la venta de una vivienda llave en mano.

La forma que se propone vender el kit, es en base a un proyecto de vivienda, elaborar los planos de montaje de los paneles, fabricar lo paneles, realizar los cortes y canalizaciones necesarias para instalaciones y enviar el kit, en conjunto con los complementos necesarios para el montaje de la vivienda. Junto a esto, se

ofrece una asesoría técnica que incluye hasta tres visitas de un profesional y un manual de construcción. Se estima un valor de 3 [UF/m²], todo sujeto a evaluación económica, ya que el valor final depende directamente del emplazamiento de la obra.

Figura 5.2.1.3.1. Elevación oriente, plano de montaje vivienda 60 [m²]



En figura 5.2.1.3.1, se muestra la elevación oriente de un plano de montaje para una vivienda de 60 [m²]. Se puede observar, que los paneles están enumerados, del número 2 al 7, se debe respetar ese orden de montaje. Por otro lado, se puede observar que los paneles 4 y 5 comparten un vano de ventana, los cuales deben venir con el corte realizado.

Con respecto al manual de construcción contiene, en primer lugar, una descripción de los paneles, sus respectivos elementos de montaje, herramientas necesarias y complementos; seguido a esto se entrega información previa al montaje, donde se explica cómo utilizar el plano de montaje, el chequeo de los materiales entregados y como almacenar y manipular los paneles. Finalmente, se entrega el paso a paso detallado de cómo realizar el montaje de los paneles.

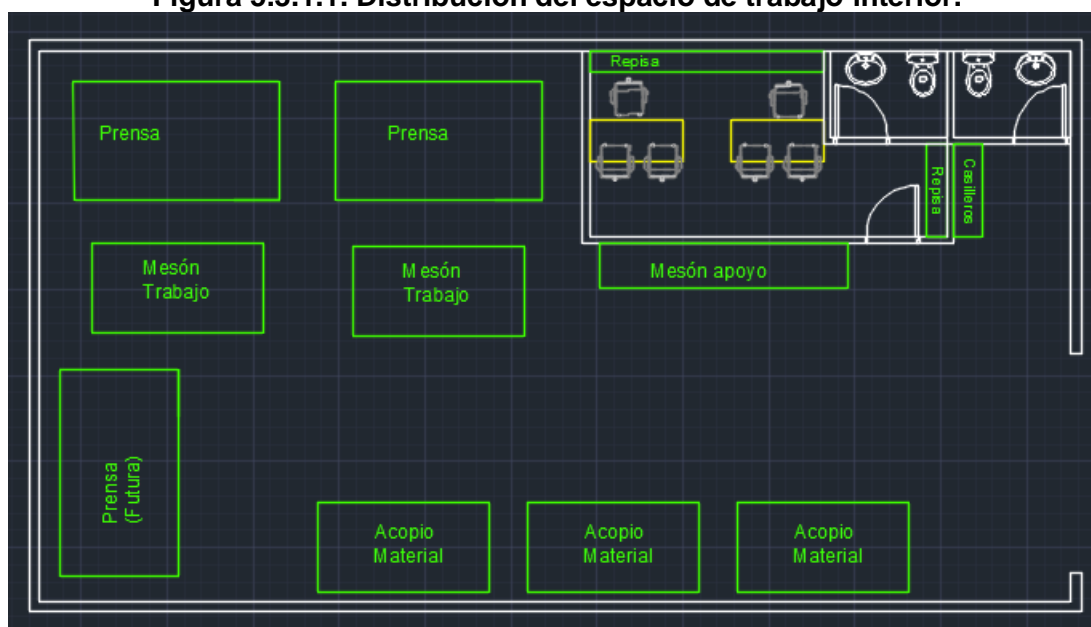
5.3 Fábrica de Paneles SIP

Ya realizando todo el estudio previo de lo que implica ingresar al mercado de paneles SIP, es necesario conocer que es lo que se requiere para montar una fábrica de paneles SIP, esto quiere decir, la maquinaria necesaria para la fabricación de paneles, cual es el proceso productivo, el personal necesario para esto y finalmente las herramientas complementarias para su trabajo.

5.3.1 Espacio de trabajo

En primer lugar, se debe organizar el espacio disponible, para este caso, luego de evaluar diferentes opciones, se decide tomar como arriendo un espacio disponible de 120 [m²] de planta libre el cual cuenta con empalme eléctrico, disponibilidad de agua potable y punto de conexión a alcantarillado. Para lo cual, es necesario desarrollar un layout distribuyendo los espacios de la mejor manera posible para instalar la fabrica de paneles SIP.

Figura 5.3.1.1. Distribución del espacio de trabajo interior.

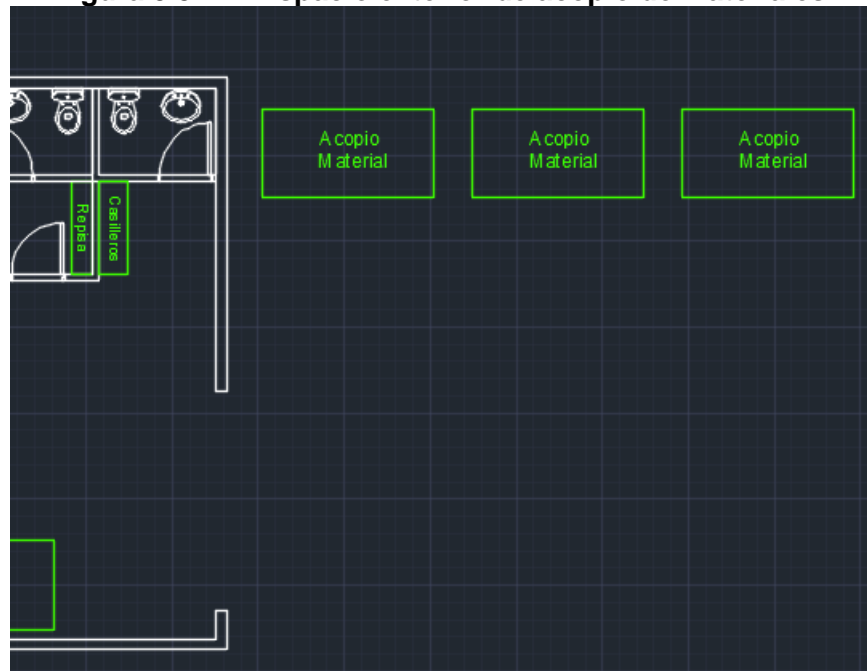


Como se puede observar en la figura 5.3.1.1, se distribuye el espacio dejando en el fondo del galpón las prensas y mesones de trabajo donde se fabricaran los paneles, de tal forma en que facilite y optimice el tiempo de preparación de los paneles, los mesones de trabajo son dimensionados del tamaño estándar de la placa de osb, permitiendo de esta manera, agilizar el proceso productivo. Además, se considera un mesón de apoyo, destinados a la preparación de adhesivo,

limpieza de materiales, entre otros. Finalmente, repisas de estructura metálica en altura, para disponer herramientas y materiales a utilizar. Por otro lado, se proyecta un espacio cerrado con paneles SIP, destinado al uso de trabajo de oficina con sus muebles correspondientes y dos baños.

Además, se puede disponer de un espacio exterior con repisas de acopio que permite realizar faenas de carga y descarga de los productos.

Figura 5.3.1.1. Espacio exterior de acopio de materiales.



5.3.2 Prensa de paneles SIP

Un sistema para la fabricación de paneles SIP, muy utilizado, es mediante una prensa elaborada con perfiles metálicos, con características similares a una "litera", siendo la cama inferior de carácter fijo, mientras que la superior se puede subir o bajar, mediante algún sistema. Para este caso, se diseña una prensa basada en un esquema realizado luego de visitar a dos diferentes fábricas de paneles SIP.

Se cuenta con una estructura de soporte, la cual está compuesta por dos marcos elaborados en perfiles metálicos tubulares cuadrados de 75x75 [mm] en 3 [mm] de espesor. Se necesitan, para cada marco, 2 piezas de 2200 [mm] y 1 de 1580 [mm], dispuestas de la forma como se muestra en la figura 5.3.2.1. Esta, debe ir empotrada o afianzada de alguna forma a unos poyos de hormigón situados en la base soportante de la prensa.

Sobre esta estructura de costaneras, una vez montada las “camas” en las estructuras soportantes, se debe instalar una plancha de MDF de 3,0 [m] de largo con 1,5 [m] de ancho, como terminación. Por el otro lado, en cada “cama”, se instalan 3 atizadores confeccionados en perfiles metálicos tubulares de 75x75 [mm] en 4 [mm] de espesor, a las cuales se disponen perpendiculares a las 14 costanera y se les instala un grillete en cada extremo, con la finalidad de conectar tecles de palanca para generar la presión de la prensa, proceso que será explicado más adelante, en el punto 5.3.3.

Al momento de afianzar la “cama” inferior a la estructura soportante, se deben instalar unos separadores tubulares de 75x40 [mm] en 3 [mm] de espesor, como se observa en la figura 5.3.2.2, de esta forma permite la movilidad de la “cama” superior y que cuando estas presen queden correctamente alienadas.

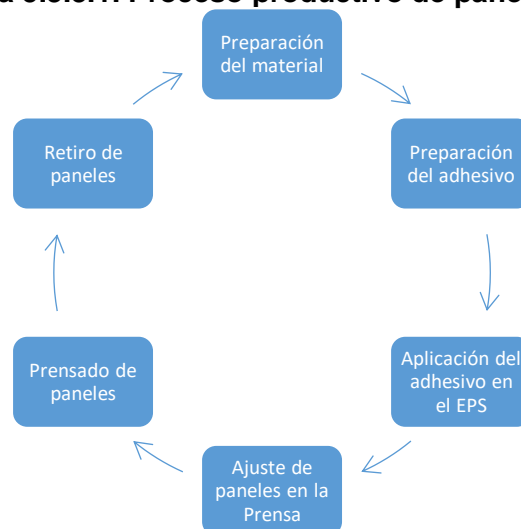
Finalmente, se instalan en las estructuras soportantes y la “cama” superior, 2 grilletes en cada extremo, con la finalidad de conectarlos mediante dos tecles de cadena para subir y bajar la “cama” superior. En los anexos de la presente memoria, se adjuntan imágenes reales de la prensa.

5.3.3 Proceso productivo.

Antes de comenzar con el proceso productivo de paneles SIP, se debe disponer del material necesario de acuerdo con la cantidad de paneles que se desea elaborar, por ejemplo, si se desea elaborar 30 paneles SIP OSB estándar, descrito en el punto 5.2.1.1, se necesitan 60 planchas de OSB y 30 planchas de EPS, ambos del espesor requerido por él proyecto.

El proceso productivo de los paneles SIP, esta detallado en el esquema de la figura 5.3.3.1.

Figura 5.3.3.1. Proceso productivo de paneles SIP



En primer lugar, se debe preparar el material, teniendo en el sector de acopio por un lado las planchas de revestimiento y por el otro las planchas de EPS, luego se dispone una plancha de revestimiento directo a la prensa, mientras que la otra se deja en el mesón de trabajo, sobre la cual se dispone una plancha de EPS.

Luego se debe preparar la mezcla que permite la unión de estos dos materiales se el cual es un adhesivo bi-componente en base a poliuretano, el cual posee características estructurales. En este caso se considera un proveedor M, el cual indica que las proporciones de la mezcla son las entregadas en la tabla 5.3.3.1.

Tabla 5.3.3.1. Razón de mezcla adhesivo.

RAZÓN DE MEZCLA ADHESIVO		
KILOS TOTALES	Comoponente A	Componente B
1	0,83	0,17
1,5	1,245	0,255
2	1,66	0,34
2,5	2,075	0,425
3	2,49	0,51
3,5	2,905	0,595
4	3,32	0,68
4,5	3,735	0,765
5	4,15	0,85
5,5	4,565	0,935
6	4,98	1,02
6,5	5,395	1,105
7	5,81	1,19
7,5	6,225	1,275
8	6,64	1,36
8,5	7,055	1,445
9	7,47	1,53
9,5	7,885	1,615
10	8,3	1,7

Una vez realizada la mezcla se aplica el adhesivo al EPS por ambas caras, él proveedor recomienda una aplicación de aproximadamente de 1 [kg] de mezcla por panel, es decir 0,500 [kg] por cara, aplicado con llana metálica dejando una capa muy delgada y procurando cubrir toda la superficie. Cabe destacar, que el tiempo de trabajo que permite la mezcla es de 45 minutos, transcurrido este tiempo la mezcla comienza a endurecer y pierde sus propiedades.

Figura 5.3.3.2. Aplicación del adhesivo.



Luego se dispone el EPS sobre la plancha ubicada en la prensa y sobre este se dispone la plancha del mesón, procurando alinear bien las planchas, en algunos casos, se utiliza una pieza de madera, de igual tamaño a la requerida en uniones de panel, como esta descrito en el punto 4.3.1, dejando el panel con rebaje necesario listo, luego se repite este proceso hasta completar la cantidad de paneles recomendada, según sea su espesor, en el caso de ser paneles de 114 [mm], se recomienda un número máximo de nueve paneles.

Teniendo los paneles ajustados, se procede al prensado, el cual se comienza bajando mediante los tecles de cadena, la cama superior hasta que quede completamente apoyada por peso propio sobre los paneles. Luego, se procede a ubicar cuatro tecles de palanca, de 0,750 [ton] cada uno, dos por cada lado, los cuales se deben tensar, de tal forma que se realice un prensado equitativo en toda la superficie del panel. Una forma de medir esto, es mediante un manómetro o simplemente medir la distancia entre la cama superior y la inferior en cada tecla.

Figura 5.3.3.3. Prensado de nueve paneles de 114 [mm]



El tiempo de prensado recomendado, es de 3 horas, luego de este tiempo, se pueden retirar los paneles y se repite el ciclo hasta completar la cantidad de paneles requerida.

Para la producción de paneles, no se requiere de personal muy especializado. Basta con un supervisor a cargo, que procure que se realice bien la mezcla, los tiempos y las cantidades aplicadas y dos maestros que realicen el proceso ya descrito.

5.3.4 Herramientas menores

Como herramientas de menor tamaño, complementarias al proceso de fabricación de paneles, se tienen las siguientes:

- Rebajadora para clavijas: Cuando se utiliza el tipo de unión por clavijas para paneles, se debe hacer un rebaje al EPS donde se ubica la clavija de OSB. Este se realiza con una herramienta compuesta por dos cuchillos distanciados de tal forma, que permiten hacer el rebaje preciso.

Figura 5.3.4.1. Rebajadora para clavijas.



- Rebajador eléctrico: Cuando se debe realizar un rebaje en el EPS de los paneles, cuando se utiliza el método de unión por pies derecho o para vanos de puertas y ventanas se puede utilizar una herramienta compuesta por pletinas ajustables donde se pasa un Ni-Crom (una pletina de Níquel y Cromo) a la cual se le da la forma y dimensiones que se desea rebajar. Esta mediante conectores se conecta a una maquina soldadora, la cual hace que se caliente el Ni-Crom permitiendo el rebaje.

Figura 5.3.4.2. Rebajador eléctrico.



- Banco de sierra: Se utiliza un banco de sierra para generar los cortes deseados de los paneles, según lo requiere el proyecto.

6. Estudio Financiero

En este apartado se describe un estudio financiero, el cual se realiza en base al análisis de un flujo de caja aplicado al proyecto de implementación de una fábrica de paneles SIP a la empresa A. Para esto, es necesario tomar consideraciones a diferentes aspectos que inciden en este análisis, tomando en cuenta los estudios de mercado y análisis de precios descritos anteriormente en la presente memoria.

En primer lugar, se debe realizar un resumen de los costos asociados a la producción de paneles, desde la infraestructura necesaria para la producción hasta los costos directos ligados a la operación de la planta para su producción. Por otro lado, se debe considerar aspectos financieros, como lo son la depreciación y la consideración de la solicitud de un crédito que financie parte de la inversión inicial. Finalmente, se debe realizar una proyección de ventas acorde al mercado existente y con esto poder generar el flujo de caja requerido para ver la viabilidad del proyecto.

6.1 Resumen de Costos

Para elaborar el estudio financiero de la implementación de una fábrica de paneles SIP, en primer lugar, se realiza el análisis de los costos necesarios, tomando en cuenta desde la inversión inicial asociada a la infraestructura y compra de terreno, como los costos operacionales necesarios para su funcionamiento.

6.1.1 Costo inversión de infraestructura

Como se mencionó anteriormente en el punto 5.3.1 de la presente memoria, la empresa A debe considerar el arriendo de un espacio de trabajo, el cual se considera en la V región en un barrio industrial, el cual se dispondrá para implementar la fábrica de paneles SIP distribuyendo el espacio de la forma ya descrita. El costo promedio obtenido es de \$958.100 pesos mensuales con un incremento anual de inflación de 3%.

Según el estudio de un presupuesto elaborado y realizando el análisis de los precios unitarios correspondientes, se obtienen los siguientes valores mostrados en la tabla 6.1.1.1. para la implementación de la fábrica de paneles SIP.

Tabla 6.1.1.1. Presupuesto fábrica de paneles SIP.

COSTO FÁBRICA DE PANELES SIP				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
OBRA GRUESA				
Muros Panel SIP 114 mm	m2	38,92	\$ 37.393	\$ 1.455.336
Estructura Cielo	m2	17,41	\$ 26.767	\$ 466.013
TERMINACIONES				
Volcanita ST 10 mm	m2	104,80	\$ 6.509	\$ 682.143
Pintura cielos y muros	m2	122,21	\$ 10.000	\$ 1.222.100
Puerta Placarol 75 cm	c/u	3,00	\$ 83.771	\$ 251.313
EQUIPAMIENTO				
Prensa Paneles SIP	c/u	2,00	\$ 2.731.365	\$ 5.462.730
Mesas, repisas, escritorios y muebles	Gl	1,00	\$ 3.372.000	\$ 3.372.000
Estructuras de acopio metalicas	Kg	1875,00	\$ 1.954	\$ 3.663.750
Monta cargas	c/u	1,00	\$ 8.403.361	\$ 8.403.361
INSTALACIONES				
Instalaciones Eléctricas	Gl	1,00	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Agua potable y alcantarillado	Gl	1,00	\$ 800.000	\$ 800.000
Artefactos Sanitarios	Gl	1,00	\$ 294.000	\$ 294.000
ENTREGA DE OBRA				
Aseo y entrega	Gl	1,00	\$ 140.268	\$ 140.268

TOTAL NETO	\$28.713.015
GG (20%)	\$ 5.742.603
UTI (0%)	\$ -
TOTAL	\$34.455.617
IVA (19%)	\$ 6.546.567
TOTAL IVA INCL.	\$41.002.185

Cabe destacar que la capacidad de una prensa permite elaborar en promedio 360 paneles al mes, motivo por el cual se decide iniciar con 2 prensas y dentro de un periodo de tiempo se requiere incorpora otra prensa según sea la demanda de paneles.

6.1.2 Costos operacionales

Por otro lado, se deben considerar los costos asociados al funcionamiento de la fábrica de paneles SIP, reuniendo la información analizada anteriormente, se consideran como costos operacionales los siguientes aspectos: costo de los materiales y el costo del recurso humano para su fabricación

6.1.2.1 Costo de los materiales

La variedad de materiales que puede ser utilizada en la fabricación de paneles SIP es amplia, según lo mencionado anteriormente, existen en el mercado diferentes espesores y materialidades de paneles, según lo descrito en el punto 5.2.1.1. Para elaborar el estudio financiero se toma como muestra de estudio cinco tipos de paneles, con su respectivo costo de materiales y se pondera un porcentaje estimativo de ventas según su uso en base al estudio de mercado realizado, obteniendo un valor promedio en costo de materiales de \$43.068, como se puede observar en la tabla 6.1.2.1.

Tabla 6.1.2.1. Estimación ponderada de costo de materiales de fabricación.

PONDERACIÓN COSTO MATERIALES PANELES SIP			
TIPO PANEL	Costo Materiales	Incidencia	Costo de Incidencia
TIPO 1	\$ 34.884	10%	\$ 3.488
TIPO 2	\$ 35.710	10%	\$ 3.571
TIPO 3	\$ 39.524	30%	\$ 11.857
TIPO 4	\$ 43.239	10%	\$ 4.324
TIPO 5	\$ 49.569	40%	\$ 19.828
			\$ 43.068

6.1.2.2 Costo del recurso humano

Por otro lado, asociado al costo de producción de paneles SIP, se debe considerar el costo de la mano de obra, considerando inicialmente tres personas previamente capacitadas en la fabricación paneles, considerando un operario principal con un sueldo de \$900.000 y dos ayudantes con un sueldo de \$800.000. A medida que aumenta la demanda y venta de paneles, junto con la incorporación de otra prensa, se debe aumentar el personal de fabricación.

Por otro lado, una vez ya comenzado el proyecto de venta de paneles, se considera la contratación de un técnico o profesional con poca experiencia, para ejecutar labores supervisión de la producción, oficina técnica y venta de paneles, considerando un sueldo inicial de \$1.200.000.

Para proyectar los valores utilizados al tiempo de estudio del flujo de caja, se debe aplicar un factor en todos los costos analizados, es decir al costo de materiales de fabricación y al costo de la mano de obra, lo cual se realiza en base a una tasa de inflación anual del 3%.

6.2. Depreciación

Un aspecto que considerar en un flujo de caja realizado al estudio de evaluación de un proyecto es la depreciación, la cual alude a la pérdida de valor de los activos adquiridos en cierto periodo de tiempo, ya sea por desgaste, obsolescencia u otro motivo que alteren su eventual o potencial reventa. Se debe considerar la depreciación de los activos ya que aumentan los gastos y disminuyen las utilidades tributables, es decir, mediante la incorporación de la depreciación disminuye el monto a pagar en impuestos.

En Chile, los valores de depreciación están dados por el Servicio de Impuestos Internos (SII), según sea la actividad del bien, para este caso, al ser una maquinaria, aplica en la sección A.- Activos Genéricos, el ítem 15) Maquinarias y equipos en general; entregando un valor de vida útil normal de 15 años y depreciación acelerada de 5 años. Con estos datos, el valor de una prensa de \$2.731.365 pesos, un valor residual de \$327.046 pesos y el valor de una grúa horquilla inicial de \$8.403.361, un valor residual de \$1.008.403, obtenemos una depreciación anual inicial de \$813.477 pesos, la cual va incrementando a medida que se incorporan prensas en la fábrica.

6.3. Credito hipotecario

Teniendo ya en cuenta los costos de inversión necesarios para la ejecución del proyecto y las condiciones descritas anteriormente, se evalúa dentro del flujo de caja la solicitud de un crédito hipotecario para financiar la puesta en marcha del proyecto. Dado a que el proyecto es ejecutado por una empresa existente la cual opera en el mercado, se tiene un capital destinado al proyecto y se decide tomar en cuenta una tasa de endeudamiento del 30% del total del proyecto, llegando a la suma total de \$12.600.655 pesos. El monto solicitado es evaluado con un crédito a una tasa de interés anual del 19.12%, proyectado a 36 meses de pago con frecuencia mensual, obteniendo una cuota de \$466.490 pesos.

Para efecto de estudio del flujo de caja, se debe tener en cuenta que, al pagar un crédito, dentro de la cuota mensual, se incurre tanto en el pago de intereses como amortización de la deuda, lo cual al sumarlas se obtiene el monto pactado de la cuota.

6.4. Proyección de ventas

Para poder completar el flujo de caja y ver la rentabilidad del proyecto, es necesario elaborar una proyección de las ventas con la información ya analizada del mercado. A continuación, se detallan todas las consideraciones establecidas para definir una proyección de ventas a lo largo del tiempo en estudio.

En primer lugar, se realiza una estimación de la cantidad de paneles utilizados en la construcción de una vivienda, tomando como ejemplo los tres modelos de viviendas analizados en el punto 5.2.1.2, obteniendo un promedio de 55 paneles por vivienda.

Otro factor para considerar es que generalmente las personas deciden construir en periodos de primavera-verano, motivo por el cual se estima una mayor venta entre los meses de octubre a marzo. Junto con esto se considera un crecimiento de 15% al cuarto año, manteniendo este crecimiento por dos años, considerando que la empresa va ganando mercado, disminuyendo en el sexto año a un 10% de crecimiento, para luego al séptimo año ajustarse a un 5% de crecimiento constante.

Finalmente, para fijar el precio de venta, se toma en consideración la misma ponderación que la descrita en la tabla 6.1.2.1, tomado como referencia los precios unitarios descritos en los anexos de la presente memoria. A continuación, en la tabla 6.4.1 se puede observar los precios de venta ponderados obteniendo como valor promedio \$54.110 por panel.

Tabla 6.4.1. Precios de venta ponderados.

Ponderado precio venta de paneles			
\$	44.775	10%	\$ 4.477
\$	45.972	10%	\$ 4.597
\$	49.706	30%	\$ 14.912
\$	54.090	10%	\$ 5.409
\$	61.787	40%	\$ 24.715
			\$ 54.110

Al igual que los costos, para proyectar estos valores al tiempo de estudio del flujo de caja, se le aplica un incremento del 3% anual según los indicadores de inflación.

6.5. Flujo de Caja

Un flujo de caja, a grandes rasgos, hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero en un periodo de tiempo especificado, lo cual nos entregara información relevante para visualizar de forma realista si el proyecto en cuestión es capaz de hacer frente al pago de costos que este mismo genera en un horizonte de tiempo razonable.

El análisis del flujo de caja se puede realizar principalmente mediante dos indicadores. El primero es el Valor Actual Neto (VAN, en adelante), el cual corresponde a la actualización del flujo de caja al tiempo presente descontándolos a una tasa de interés determinada, entregando el valor neto en moneda de cuanto se va a ganar o perder con la inversión a realizar, es decir, si el VAN es mayor a 0, el proyecto generara beneficios, si el VAN es menor a 0, el proyecto generara perdidas y si el VAN es igual a 0, es un proyecto indiferente. El segundo indicador es la Tasa Interna de Retorno (TIR, en adelante), la cual corresponde a la rentabilidad que puede ofrecer el proyecto en estudio, está representado por un porcentaje de beneficio o perdida que tendrá la inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto, es decir, que mientras mayor sea el valor de la TIR, más rentable será el proyecto.

Finalmente, con todos los estudios necesarios y las medidas mencionadas para la evaluación del proyecto en cuestión, se obtiene el siguiente flujo de caja mostrado en la tabla 6.5.1.

Como se puede observar se considera un periodo de estudio de 11 años, comenzando en el mes de octubre del 2022 con una tasa de descuento de 15%, acorde a este tipo de proyectos, los resultados obtenidos son un VAN de \$70.854.102 siendo un valor mayor que cero, demostrando la viabilidad del proyecto, por su parte se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 20,48% y un periodo de retorno de 4 años.

Tabla 6.5.1. Flujo de caja del proyecto.

Periodo	AÑO 0	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026	AÑO 2027	AÑO 2028	AÑO 2029	AÑO 2030	AÑO 2031	AÑO 2032
Cantidad		605	5.555	7.920	9.108	10.474	11.522	12.098	12.703	13.338	14.005	14.705
Precio		\$ 54.110	\$ 55.733	\$ 57.405	\$ 59.128	\$ 60.901	\$ 62.728	\$ 64.610	\$ 66.549	\$ 68.545	\$ 70.601	\$ 72.719
Ingreso Operacional		\$ 32.736.601	\$ 309.598.962	\$ 454.650.674	\$ 538.533.724	\$ 637.893.196	\$ 722.732.991	\$ 781.635.729	\$ 845.339.041	\$ 914.234.173	\$ 988.744.258	\$ 1.069.326.915
Costo de producción		\$ -26.056.201	\$ -246.420.594	\$ -361.872.303	\$ -428.637.742	\$ -507.721.406	\$ -575.248.353	\$ -622.131.094	\$ -672.834.778	\$ -727.670.812	\$ -786.975.983	\$ -851.114.526
Costo Variable		\$ -26.056.201	\$ -246.420.594	\$ -361.872.303	\$ -428.637.742	\$ -507.721.406	\$ -575.248.353	\$ -622.131.094	\$ -672.834.778	\$ -727.670.812	\$ -786.975.983	\$ -851.114.526
Mano de Obra		\$ -5.000.000	\$ -44.400.000	\$ -45.732.000	\$ -47.103.960	\$ -61.105.294	\$ -62.938.453	\$ -82.215.717	\$ -84.682.189	\$ -87.222.655	\$ -89.839.334	\$ -109.444.375
Arriendo		\$ -1.916.200	\$ -11.497.200	\$ -11.842.116	\$ -12.197.379	\$ -12.563.301	\$ -12.940.200	\$ -13.328.406	\$ -13.728.258	\$ -14.140.106	\$ -14.564.309	\$ -15.001.238
Costo Fijo		\$ -6.916.200	\$ -55.897.200	\$ -57.574.116	\$ -59.301.339	\$ -73.668.595	\$ -75.878.653	\$ -95.544.123	\$ -98.410.447	\$ -101.362.760	\$ -104.403.643	\$ -124.445.613
Resultado operacional		\$ -235.800	\$ 7.281.168	\$ 35.204.256	\$ 50.594.642	\$ 56.503.195	\$ 71.605.985	\$ 63.960.512	\$ 74.093.817	\$ 85.200.601	\$ 97.364.632	\$ 93.766.776
Depreciación		\$ -813.477	\$ -813.477	\$ -984.151	\$ -984.151	\$ -984.151	\$ -984.151	\$ -1.174.704	\$ -1.174.704	\$ -1.174.704	\$ -1.174.704	\$ -1.174.704
Interes CP			\$ -2.187.486	\$ -1.450.715	\$ -643.852	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pérdidas años anteriores		\$ -	\$ -235.800	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos		\$ -1.049.277	\$ 4.044.405	\$ 32.769.389	\$ 48.966.639	\$ 55.519.044	\$ 70.621.834	\$ 62.785.809	\$ 72.919.113	\$ 84.025.897	\$ 96.189.928	\$ 92.592.073
Impuesto a la renta		\$ -	\$ 1.091.989	\$ 8.847.735	\$ 13.220.992	\$ 14.990.142	\$ 19.067.895	\$ 16.952.168	\$ 19.688.161	\$ 22.686.992	\$ 25.971.281	\$ 24.999.860
Pérdidas años anteriores												
Utilidad después impuestos		\$ -1.049.277	\$ 2.952.416	\$ 23.921.654	\$ 35.745.646	\$ 40.528.902	\$ 51.553.939	\$ 45.833.641	\$ 53.230.953	\$ 61.338.905	\$ 70.218.648	\$ 67.592.213
Depreciación		\$ 813.477	\$ 813.477	\$ 984.151	\$ 984.151	\$ 984.151	\$ 984.151	\$ 1.174.704	\$ 1.174.704	\$ 1.174.704	\$ 1.174.704	\$ 1.174.704
Amortización deuda CP			\$ -3.410.391	\$ -4.147.162	\$ -5.420.515	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ -34.455.617	\$ -	\$ -	\$ -2.897.705	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -3.261.393	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IVA Débito		\$ -6.219.954	\$ -58.823.803	\$ -86.383.628	\$ -102.321.407	\$ -121.199.707	\$ -137.319.268	\$ -148.510.789	\$ -160.614.418	\$ -173.704.493	\$ -187.861.409	\$ -203.172.114
IVA Crédito		\$ 4.586.600	\$ 44.635.445	\$ 65.955.171	\$ 79.123.669	\$ 94.080.040	\$ 106.838.549	\$ 115.052.846	\$ 125.230.239	\$ 135.570.834	\$ 146.758.218	\$ 158.861.525
Remanente período anterior		\$ 6.546.567	\$ 4.913.213	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Iva a pagar		\$ -	\$ -9.275.145	\$ -20.428.457	\$ -23.197.739	\$ -27.119.667	\$ -30.480.719	\$ -33.457.943	\$ -35.384.179	\$ -38.133.659	\$ -41.103.191	\$ -44.310.589
Remanente período (19% del Inversion)	\$ -6.546.567	\$ -4.913.213	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Fondo Imprevistos	\$ -1.000.000											
Préstamo CP	\$ 12.600.655											
Flujo de caja	\$ -28.401.529	\$ -235.800	\$ -8.919.643	\$ -2.567.518	\$ 8.111.544	\$ 14.393.386	\$ 22.057.371	\$ 10.289.009	\$ 19.021.477	\$ 24.379.950	\$ 30.290.160	\$ 24.456.328
Flujo de caja acumulado	\$ -28.401.529	\$ -28.637.329	\$ -37.556.972	\$ -40.124.490	\$ -32.012.946	\$ -17.619.560	\$ 4.437.811	\$ 14.726.820	\$ 33.748.297	\$ 58.128.247	\$ 88.418.407	\$ 112.874.734

6.6. Análisis de riesgo

Ya teniendo en cuenta los diferentes factores financieros analizados anteriormente y con estos haber obtenido un flujo de caja que nos permite visualizar la proyección del proyecto, es importante realizar un análisis de riesgo de un proyecto, el cual nos permite realizar un estudio de amenazas y posibles eventos no deseados que pueden afectar en su desarrollo; este consiste en identificar, planificar, analizar, responder y controlar los riesgos del proyecto. Este análisis es válido para realizar en cualquier etapa de este, ya sea en su comienzo o durante su desarrollo.

Si bien el desarrollo de un proyecto siempre tendrá situaciones adversas, es necesario la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de estos, poniendo especial énfasis en el impacto que estos puedan llegar a tener. Existen varias situaciones que pueden suceder, siendo las más comunes una mala comunicación, la falta de desarrollo de informes, problemas con el financiamiento, proponer metas poco realistas, una mala planificación, bajo desempeño, contratiempo operacionales, factor tiempo, entre otros.

Una vez identificadas las probables situaciones de riesgo, se podrá ir estableciendo medidas preventivas o correctivas, para esto se debe anticipar el impacto que estas puedan llegar a tener principalmente en dos variables muy importantes, el costo y el tiempo. Para esto se puede hacer un análisis desde un punto de vista cuantitativo y otro cualitativo, y a partir de esto diseñar un plan de respuesta ante cada contratiempo.

6.6.1. Tipos de análisis de riesgo

El **análisis cuantitativo**, corresponde a cuando se le adjudica un valor numérico a cada riesgo, algunos de los métodos de análisis cuantitativo son:

- Análisis de sensibilidad: Ayuda a identificar los riesgos que afectan directamente al objetivo del proyecto.
- Análisis del valor monetario esperado o EVM: Calcula el resultado promedio teniendo en cuenta las oportunidades esperadas en positivo y los riesgos probables en negativo.
- Modelado y simulación: Se proyectan incertidumbres para luego traducirlas al impacto que tendrán sobre los objetivos del proyecto. Generalmente son simulaciones iterativas.

El análisis cuantitativo, conlleva un mayor tiempo y recursos, pero se obtienen resultados más eficaces, por esto son utilizados cuando existe un riesgo muy elevado o cuando se requiere de toma de decisiones importantes.

Por otro lado, el **análisis cualitativo**, corresponde a adjudicar un valor numérico a cada riesgo en base a la experiencia de las personas involucradas o experiencias pasadas de la empresa, los dos métodos más comunes son: lluvia de ideas y entrevistas o evaluación de expertos. Este tipo de análisis son mas prácticos y son mas utilizados por empresas pequeñas que no cuentan con los recursos para realizar un análisis cuantitativo.

6.6.2. Herramientas de gestión de riesgo

Existen algunas herramientas utilizadas comúnmente, que facilitan el proceso de evaluación de riesgos ya que permiten analizar y priorizar estos. Para lo cual, de igual manera es importante llevar un seguimiento durante el desarrollo del proyecto como la información compartida por los involucrados. Para esto, existe una serie de software que permiten llevar un registro y realizar análisis de riesgo. Las herramientas más utilizadas son las descritas a continuación.

6.6.2.1. Registro de riesgos

Un registro de riesgos es fundamental para realizar un análisis, comenzando por la identificación y con esto hacer un listado otorgándole cierta prioridad a cada riesgo. Un buen registro debe tener al menos la probabilidad de ocurrencia del riesgo, el impacto comercial que puede tener, las acciones a tomar para evitar su ocurrencia, como responder en caso de que ocurra y dejar indicado un responsable. Esto puede ser mediante una tabla

6.6.2.2. Brainstorming

Brainstorming o lluvia de ideas es un método poderoso para generar ideas en conjunto con los participantes del proyecto, es una muy buena instancia para estimular la creatividad y evaluar riesgos desde las diferentes perspectivas que pueda tener cada participante. Suele ser el primer paso para generar un registro de riesgos.

6.6.2.3. Matriz de riesgos

Es una herramienta de análisis que permite evaluar el riesgo desde su probabilidad y gravedad en la planificación del proyecto, de esta forma dándole una calificación de impacto a cada uno de ellos y asignar una prioridad a los riesgos y gestionarlos de manera efectiva.

6.6.3. Análisis de sensibilidad

Para este caso, dado a que se trata de la formulación de prefactibilidad de un proyecto, se realiza una evaluación del análisis de sensibilidad en el cual se considera un cambio en la estimación de ventas, la cual puede ser producto de un alza de precio en la materia prima, afectando directamente al precio de venta y por lo cual, una disminución en de venta de paneles. Se analizan tres casos, como se muestran en la tabla 6.6.3.1.

Tabla 6.6.3.1. Cuadro comparativo de sensibilidad.

PORCENTAJE DISMINUCIÓN VENTAS	VAN	TIR	PERIODO RETORNO
3%	\$ 61.424.675	16,88%	7 AÑOS
5%	\$ 56.706.962	15%	8 AÑOS
10%	\$ 38.822.151	6,82%	10 AÑOS

En el primer caso, se propone una disminución de 3% en las ventas, si bien el VAN y la TIR aún son valores aceptables, el periodo de retorno aumenta a 7 años, haciendo del proyecto menos atractivo para su inversión. Por otro lado, el segundo caso se propone un 5%, el cual es el limite de disminución de ventas, alcanzando una TIR de 15%, igualando la tasa de descuento establecida, siendo este el punto mínimo de rentabilidad del proyecto. Finalmente, se establece un 10% de disminución de ventas, caso en el que la TIR disminuye a un 6,82%, aun cuando el VAN es positivo, no es recomendable llevar a cabo el proyecto.

En la tabla 7.3.2, se muestra cual es la disminución en paneles por año limite para que el proyecto aun sea atractivo para invertir, por ejemplo, en el Año 3 si la venta se ve disminuida en 744 paneles, el proyecto podría ser poco rentable.

Tabla 6.6.3.2. Mínimo de paneles por año.

AÑO	PANELES POR AÑO
AÑO 1	27
AÑO 2	250
AÑO 3	356
AÑO 4	410
AÑO 5	471
AÑO 6	518
AÑO 7	544
AÑO 8	572
AÑO 9	600
AÑO 10	630
AÑO 11	662

7. Conclusión

En base a los objetivos propuestos en la presente memoria para optar al título de Constructor Civil, y una vez desarrollado los puntos expuestos, se infiere, en primer lugar, que la utilización de métodos de construcción modular como una solución a la productividad en el rubro de la construcción resulta provechoso para la industria, ya sea del punto de vista económico, donde incide directamente en los tiempos de construcción y con ello la mejora continua del proceso, permitiendo alcanzar de mejor manera los objetivos establecidos por la organización y una reducción en los costos, así como también la optimización del uso de materiales, lo cual genera una disminución en la cantidad de residuos, y con ello aportando de forma positiva al impacto ambiental.

Por otro lado, en la actualidad existe una amplia información sobre los paneles SIP como elementos de construcción prefabricados, lo cual permite tener una buena base de conocimiento de sus características y propiedades, lo que da paso a poder contar con una normativa vigente y estudios en laboratorios de este material, permitiendo dar confiabilidad gracias a la certificación de los productos a utilizar, además de ampliar a diversas metodologías de construcción, optimizando los resultados y permitiendo acomodar las soluciones constructivas a cada proyecto en particular. Hoy en día, se puede observar un mercado mas consolidado en lo que respecta a la comercialización de paneles SIP, llevándose a cabo en diferentes formatos de venta e incluso empresas que desarrollan proyectos que utilizan paneles SIP producidos por la misma compañía, lo cual a su vez permite la posibilidad de pensar en una expansión de la empresa apuntando a otras aristas del mercado o a la comercialización de este producto en sí.

Realizado el estudio financiero con las variables definidas en base a los estudios previos se obtuvo un valor de Valor Actual Neto (VAN) de \$70.854.102, la cual al tener un valor mayor que cero demuestra existe creación de valor o ganancia futura en este estudio de proyecto, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 20,48% encontrándose esta en un valor que se aproxima a un escenario realista respecto al estudio de mercado, es importante destacar que si este valor es muy alto, puede significar que no se han tomado en cuenta ciertas variables y deja de ser un escenario realista. Por su parte, se obtiene un periodo de retorno de 4 años, sin tomar en cuenta los primeros tres meses del año 2022, correspondientes al año 1 del proyecto. Con todo esto se desprende que la elaboración de una planta de fabricación de paneles SIP en la V región de Valparaíso es un proyecto viable. Sin embargo, con el análisis de sensibilidad, se puede observar que es muy sensible ante un cambio en la demanda.

8. Bibliografía

8.1. Construcción industrializada y prefabricados

- Un nuevo estándar de productividad, Revista EMB, artículo de Octubre de 2017.
- Zoom Inmobiliario. Feria Construye Eficiente, donde participa Tecnopanel con paneles SIP como innovación en construcción industrializada. Año 2017.
- Consejo de construcción industrializada, Construye2025. Año 2018.
- Informe McKensey Improoving construction productivity. Año 2017.
- Infraestructura pública. Industria de la Construcción en Chile ¿Por qué es el termómetro de la economía? Año 2018.
- Viviendas modulares TecnoFast.

8.2. Paneles SIP.

- Homify. ¿Paneles SIP, que son? Usos, composición, etc.
- Proceso Constructivo. Manual de construcción INGEPANEL
- Normativa ensayos mecánicos, archivos fondeuf. Nch 806.
- Normativa Térmica. SERVIU
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)

8.3. Estudio Económico

- Administración y economía. <https://www.lifeder.com/>
- Benchmarking. <https://robertoespinosa.es>
- Metalpol, producto sustituto. <http://www.rctecnova.cl/>
- Panel ICF. http://www.cotux.cl/index-3_icf_descripcion_general.html
- Rendimientos y costo de mano de obra. <https://manual.ondac.com>

8.4. Estudio Financiero

- Definiciones, flujo de caja e indicadores financieros. Evaluación de Proyectos, Sexta Edición, Gabriel Baca Urbina.
- Análisis de riesgo. Evaluación de Proyectos, Sexta Edición, Gabriel Baca Urbina.

ANEXOS

1. Anexo 1

Empresa A

Paneles SIP

Paneles Estructurales
Isotérmicos

Panel Estructural Isotérmico

El Panel Estructural Isotérmico (Structural Insulated Panel) es un producto de construcción conformado por dos tableros estructurales y un alma de poliestireno expandido de alta densidad. Estos materiales son unidos con un adhesivo estructural de gran adherencia que asegura solidez y durabilidad.

Tablero estructural
OSB estructural,
Terciado ranurado
o SmartSlide.

Aislante
Poliestireno
expandido de
alta densidad.



Ventajas de la construcción con paneles SIP

Eficiencia energética

Su gran capacidad aislante permite reducir significativamente los costos de climatización.

Aislación térmica y acústica

Tecnología óptima de aislación continua que reduce en gran magnitud las pérdidas por infiltración y puentes térmicos.

Rápida instalación

Su diseño a medida facilita el ensamblado y permite el manejo manual con herramientas simples.

Reducción de residuos de construcción

El diseño optimizado y uso eficiente de los materiales disminuye los desechos.

Construcción versátil y de alto estándar

Permite adaptabilidad en el diseño, calidad estructural y excelentes terminaciones.

Empresa A

Nuestros paneles

En Empresa A ofrecemos una variedad de paneles diseñados para cumplir con las necesidades de cada proyecto.

Nuestros tipos de paneles pueden combinarse de diversas maneras para aprovechar al máximo sus características.

Contamos con un catálogo de casas prediseñadas que optimizan el uso de nuestros paneles.



PANEL SIP ST

Conformado por dos caras de OSB Estructural. Ideal para muros perimetrales revestida con la terminación que requiera el proyecto.



PANEL SIP SMART

Conformado por una placa SmartSide y OSB Estructural o Terciado ranurado. El SmartSide es una placa estructural de terminación ranurada texturada con tratamiento fungicida y antitermitas, listo para pintar. Uso exterior.



PANEL SIP TR

Conformado por una o dos caras de Terciado ranurado. Terminación ranurada lista para pintar. Ideal para muros de tabiquería interior.

Tipo de panel	SIP ST	SIP SMART	SIP TR
Usos	Exterior e interior	Exterior	Interior
Espesor	70 a 160 mm.	110 a 160 mm.	70 a 90 mm.
Cara exterior	OSB	Smart Side	Terciado ranurado
Cara interior	OSB	OSB / Terciado ranurado	Terciado ranurado
Aislación (Poliestireno)	48 a 138 mm.	90 a 138 mm.	48 a 68 mm.

x

Construye con nosotros

Somos una empresa de Viña del Mar creada con el objetivo de aportar soluciones constructivas eficientes y sustentables. Diseñamos y construimos infraestructura con tecnologías de alta eficiencia energética, sistemas de energía solar y alternativas en reutilización de aguas.



Empresa A

✉ contacto@empresaa.cl

☎ +569 87654321



2. Anexo 2

Análisis Precio Unitario Panel SIP OSB Estándar

PANELES SIP 72 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	2,000	\$ 12.496	\$ 24.992
Poliestrieno 50 mm	M3	0,136	\$ 50.613	\$ 6.880
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 2.738	\$ 3.012
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 34.884
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 37.484
Utilidad	\$ 7.497

TOTAL NETO	\$ 44.981
IVA	\$ 8.546
TOTAL IVA Incl	\$ 53.528

PANELES SIP 78 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	2,000	\$ 12.496	\$ 24.992
Poliestrieno 56 mm	M3	0,152	\$ 50.613	\$ 7.706
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 2.738	\$ 3.012
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 35.710
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 38.310
Utilidad	\$ 7.662

TOTAL NETO	\$ 45.972
IVA	\$ 8.735
TOTAL IVA Incl	\$ 54.707

PANELES SIP 90 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	2,000	\$ 12.496	\$ 24.992
Poliestrieno 67 mm	M3	0,182	50.613	\$ 9.220
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 39.524
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 42.124
Utilidad	\$ 7.582

TOTAL NETO	\$ 49.706
IVA	\$ 9.444
TOTAL IVA Incl	\$ 59.150

PANELES SIP 116 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	2,000	\$ 12.496	\$ 24.992
Poliestrieno 94 mm	M3	0,256	\$ 50.613	\$ 12.935
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
MO	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 43.239
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 45.839
Utilidad	\$ 8.251

TOTAL NETO	\$ 54.090
IVA	\$ 10.277
TOTAL IVA Incl	\$ 64.367

PANELES SIP 162 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	2,000	\$ 12.496	\$ 24.992
Poliestrieno 140 mm	M3	0,381	\$ 50.613	\$ 19.265
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 49.569
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 52.169
Utilidad	\$ 9.390

TOTAL NETO	\$ 61.560
IVA	\$ 11.696
TOTAL IVA Incl	\$ 73.256

Panel SIP Smart Panel

PANELES SMARTSIP 116 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
SmartSide R8 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 22.887	\$ 20.990
OSB 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 12.496	\$ 12.496
Poliestrieno 92 mm	M3	0,256	\$ 50.613	\$ 12.935
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 51.733
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 54.333
Utilidad	\$ 9.780

TOTAL NETO	\$ 64.113
IVA	\$ 12.182
TOTAL IVA Incl	\$ 76.295

PANELES SMARTSIP 162 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
SmartSide R8 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 22.887	\$ 20.990
OSB 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 12.496	\$ 12.496
Poliestrieno 140 mm	M3	0,381	\$ 50.613	\$ 19.265
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 58.063
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 60.663
Utilidad	\$ 10.919

TOTAL NETO	\$ 71.583
IVA	\$ 13.601
TOTAL IVA Incl	\$ 85.183

Panel SIP Terciado Ranurado

PANELES SIP 72 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 12.496	\$ 12.496
Terciado ranurado 12 mm 2,44x1,22 m	Plancha	1,000	\$ 25.202	\$ 25.202
Poliestrieno 50 mm	M3	0,136	\$ 50.613	\$ 6.880
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 2.738	\$ 3.012
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 47.590
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 50.190
Utilidad	\$ 10.038

TOTAL NETO	\$ 60.228
IVA	\$ 11.443
TOTAL IVA Incl	\$ 71.672

PANELES SIP 90 mm [Un]				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PRECIO TOTAL
Materiales				
OSB ST 11,1 mm 2,44x1,22m	Plancha	1,000	\$ 12.496	\$ 12.496
Terciado ranurado 12 mm 2,44x1,22 m	Plancha	1,000	\$ 25.202	\$ 25.202
Poliestrieno 67 mm	M3	0,182	50.613	\$ 9.220
Adhesivo	Kg	1,100	\$ 4.830	\$ 5.312
Mano de Obra				
Maestro	GL	1,000	\$ 2.600	\$ 2.600

Costo Materiales	\$ 52.230
Costo MO	\$ 2.600

COSTO NETO	\$ 54.830
Utilidad	\$ 9.869

TOTAL NETO	\$ 64.699
IVA	\$ 12.293
TOTAL IVA Incl	\$ 76.992