



**SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE VIVIENDA  
PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:  
Srdjan Ilic Bromberg

Profesor guía:  
Neven Ilic Vladislavic  
Gonzalo Oliva Rojas

Julio 2017  
Santiago, Chile



**SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE VIVIENDA  
PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN CHILE**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:  
Srdjan Ilic Bromberg

Profesor guía:  
Neven Ilic Vladislavic  
Gonzalo Oliva Rojas

Julio 2017  
Santiago, Chile

# RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar una forma de industrializar la vivienda social en Chile, a través de sistemas constructivos industrializados que se utilizan actualmente en nuestro país.

Para el desarrollo de la investigación, se realizó inicialmente un estudio riguroso de los sistemas industrializados constructivos actuales en Chile. Una vez definido el marco de investigación, se procedió a identificar las distintas áreas de análisis para poder realizar comparaciones de los distintos elementos abordados y llegar a conclusiones satisfactorias.

El estudio se basó especialmente en entrevistas a dos empresas (TecnoPanel y Danica) principales en el rubro de sistema industrializado estructural, junto con visitas a las distintas plantas de fabricación de cada una de ellas. Logrando de esta manera abarcar los detalles de cada elemento que entregaba cada empresa.

En el primer capítulo, se habla de la vivienda económica actual en Chile con el fin comprender el contexto en el cual se basa el estudio. Luego de ello, se plantean los conceptos de vivienda industrializada y sistema industrializado, terminando con el sistema industrializado estructural actual en Chile.

El segundo capítulo, se encarga de presentar de manera detallada los diferentes tipos de productos que comprende el sistema industrializado estructural actual, entregando las distintas características de cada uno en función a una pauta precisa para poder compararlos bajo los mismos aspectos.

En el tercer capítulo se comparan los distintos productos entregados por el sistema industrializado, con el fin de identificar el más adecuado para el desarrollo de la vivienda social en Chile.

Una vez terminado el análisis comparativo, en el capítulo 4 se hablará del producto que se seleccionó dentro del sistema industrializado para finalizar en el capítulo 6, con una propuesta de vivienda industrializada para Chile.

# SUMMARY

The primary objective of this study is to determine a way to industrialise social housing in Chile through current industrialised building systems. The development of this research went through the following stages; first, there was a rigorous study of the current industrialised building systems in our country. Then, once having the overall framework, there was an identification of the analytical zones to compare different elements that led to satisfactory conclusions.

The study's main information source were interviews to two important companies in the industrialised building system field and visits to the different manufacturing plants of each one of them. Achieving, in both cases, the acknowledgement of important elements and details.

The first chapter is focused on the current social housing in Chile aiming to have a clear sense of the context in which this study is based on. Added to this, there is a deeper analysis of the concepts of industrialised housing, industrialised system and structural industrialised system in Chile.

The second chapter seeks to describe in detail the different products that the current industrialised structural system in Chile considers, describing their characteristics based on a specific guideline to compare them accurately.

The third chapter compares the different products delivered by the structural industrialised system aiming to identify an adequate one for the development of social housing in Chile.

Finally, Chapter Six argues a way to industrialise the social housing in Chile using the product selected in chapter 3.

# ÍNDICE

Introducción.....	1
Capítulo 1: La Vivienda Económica.....	3
1.1 La Vivienda Industrializada.....	5
1.2 Sistema Industrializado.	
1.3 Sistemas Constructivos Industrializados para la vivienda en Chile.	
Capítulo 2: Sistema Industrializado SIP.....	6
2.1 Panel SIP OSB.....	7
2.1.1 Materialidad.	
2.1.2 Características.....	9
2.1.3 Ventajas y Desventajas.....	11
2.1.4 Fabricación Panel SIP OSB.....	12
2.1.5 Montaje Panel SIP OSB:.....	16
-Muros.	
-Instalación de Puertas y Ventanas.....	19
-Techumbre.....	20
-Instalaciones Eléctricas.....	21
-Instalaciones Agua Potable, Alcantarillado y Gas.	
2.1.6 Comportamiento Térmico Panel SIP OSB.....	22
2.1.7 Comportamiento Acústico Panel SIP OSB.....	24
2.1.8 Resistencia al fuego Panel SIP OSB.....	25
2.1.9 Comportamiento Mecánico Panel SIP OSB.....	26
2.1.10 Información Técnica Panel SIP OSB.....	27
2.1.11 Valores Panel SIP OSB.....	28.
2.2 Panel SIP Panel de Fibrocemento.....	29
2.2.1 Materialidad.	
2.2.2 Características.....	30
2.2.3 Ventajas y Desventajas.....	32
2.2.4 Fabricación Panel SIP de Fibrocemento.....	33
2.2.5 Montaje Panel SIP de Fibrocemento.....	36
-Muros.	
-Instalación de Puertas y Ventanas.....	39
-Techumbre.....	40
-Instalaciones Eléctricas.....	41
-Instalaciones Agua Potable, Alcantarillado y Gas.	

2.2.6 Comportamiento Térmico Panel SIP de Fibrocemento.....	42
2.2.7 Comportamiento Acústico Panel SIP de Fibrocemento.....	43
2.2.8 Resistencia al fuego Panel SIP de Fibrocemento.....	44
2.2.9 Comportamiento Mecánico Panel SIP de Fibrocemento.	
2.2.10 Información Técnica Panel SIP de Fibrocemento.....	45
2.2.11 Valores Panel SIP de Fibrocemento.....	46
2.3 Panel SIP con SmartPanel.....	47
2.3.1 Materialidad.	
2.3.2 Características.....	48
2.3.3 Ventajas y Desventajas.....	49
2.3.4 Fabricación Panel SIP con SmartPanel.....	50
2.3.5 Montaje Panel SIP con SmartPanel:.....	53
-Muros	
-Instalación de Puertas y Ventanas.....	56
-Techumbre.....	57
-Instalaciones Eléctricas.....	58
-Instalaciones Agua Potable, Alcantarillado y Gas.	
2.3.6 Comportamiento Térmico Panel SIP con SmartPanel.....	59
2.3.7 Comportamiento Acústico Panel SIP con SmartPanel.....	60
2.3.8 Resistencia al fuego Panel SIP con SmartPanel.....	61
2.3.9 Comportamiento Mecánico Panel SIP con SmartPanel.....	62
2.3.10 Información Técnica Panel SIP con SmartPanel.....	63
2.3.11 Valores Panel SIP con SmartPanel.....	64
2.4 Panel SIP con caras Metálicas.....	65
2.4.1 Materialidad Panel SIP con caras Metálicas	
2.4.2 Características Panel SIP con caras Metálicas.....	66
2.4.3 Ventajas y Desventajas Panel SIP con caras Metálicas.....	69
2.4.4 Fabricación Panel SIP con caras Metálicas.....	70
2.4.5 Montaje Panel SIP con caras Metálicas:.....	74
-Muros.	
-Techumbre.....	76
-Instalación de Puertas y Ventanas.....	77
-Instalaciones Eléctricas.....	78
-Instalaciones Agua Potable, Alcantarillado y Gas.	
2.4.6 Comportamiento Térmico Panel SIP Metálico.....	80
2.4.7 Comportamiento Acústico Panel SIP Metálico.....	81
2.4.8 Comportamiento Mecánico Panel SIP Metálico.	
2.4.9 Resistencia al fuego Panel SIP Metálico.....	82
2.4.10 Información Técnica Panel SIP Metálico.....	83
2.4.11 Valores Panel SIP Metálico.....	84

3. Análisis Comparativo entre los sistemas de panel SIP.....	85
3.1 Análisis 1: Recubrimiento.....	85
3.2 Análisis 2: Uso de los paneles.....	87
3.3 Análisis 3: Comportamiento Térmico.....	88
3.4 Análisis 4: Comportamiento Acústico.....	89
3.5 Análisis 5: Comportamiento Mecánico.	
3.6 Análisis 6: Valores paneles SIP.....	90
4. Panel SIP óptimo.....	91
5.¿Por qué El Sistema Industrializado y no Tradicional?.....	92
6. Propuesta de Vivienda Industrializada.....	94
7. Conclusión.....	97
8. Bibliografía.....	98

# INTRODUCCIÓN

Actualmente y durante muchos años ha existido la preocupación de entregar viviendas a precios accesibles y de calidad para una gran parte de la población de Chile que vive en pobreza, la cual equivale a un 11.8% de la población que representa a más de 2 millones de chilenos.

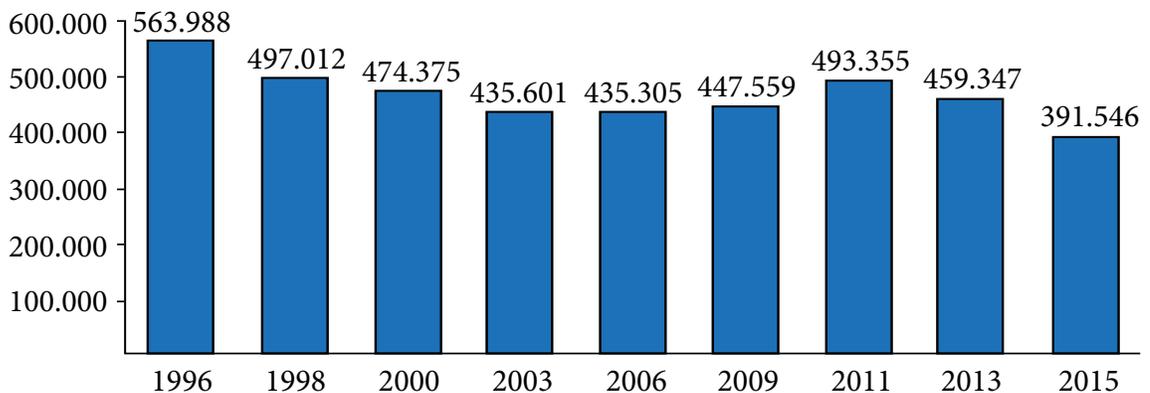
La preocupación dada por el déficit de viviendas producto de la gran cantidad de personas que la requieren, sumado a los altos valores de suelo y los costos de construcción, genera la necesidad de que el país busque miradas distintas de como abordar la problemática con distintos tipos de soluciones.

Se ha visto en el último tiempo una creciente motivación por distintas empresas de crear la casa ideal, y el gobierno después de muchos años centrado en lo tradicional se ve entusiasmado en promover métodos constructivos alternativos para buscar soluciones y enfrentar la demanda de viviendas.

Gráfico 1: Déficit habitacional cuantitativo. Fuente: Encuesta CASEN 2015.

Actualmente en Chile, según la encuesta CASEN de 2015, se disminuyó en un 15% el déficit habitacional cuantitativo, el cual se refiere a la cantidad de viviendas que la sociedad debe construir o adicionar al parque existente para absorber las necesidades acumuladas (esta cantidad reúne familias en viviendas miserables y familias “allegadas”).

(Número, viviendas)



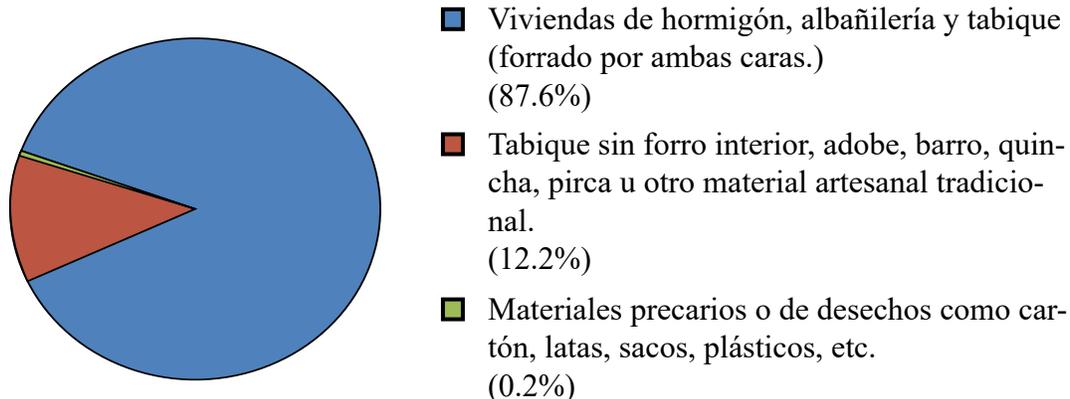
A pesar de esto y observando el gráfico 1, se ve que el déficit bajó, pero en 19 años, el déficit no tiene una disminución progresiva sino que tiende a ser irregular, sobre todo ante sucesos de catástrofes como fue en el terremoto de 2010 que como se observa en el gráfico, aumento la cantidad de unidades de viviendas requeridas entre el 2010 y 2011 por los considerables daños.

Datos como estos nos indican que todavía existe mucho camino por recorrer para lograr abordar esta problemática, donde situaciones específicas (como terremotos o incendios) o generales (panorama actual de déficit habitacional) siempre afectan a nuestro país y todavía sin encontrar la mejor solución para abordar todo el tema.

Esta dificultad lamentablemente siempre existirá, pero una vez determinado un plan de acción, se podrá proceder de manera más eficiente.

Por otra parte tenemos la situación actual de la construcción en Chile, en la cual se insiste en trabajar con sistemas constructivos tradicionales.

En la encuesta CASEN de 2015 en la distribución de hogares según índice de materialidad se indica que el 87.6% de las viviendas en Chile están construidas con hormigón armado, albañilería o tabique como muros. Tejas, planchas metálicas, fibrocemento y madera como cubierta.



A partir del gráfico 2, demostramos la dependencia que tenemos todavía por lo tradicional y la falta de motivación por estudiar sobre el impacto que traería utilizar sistemas constructivos nuevos para ser implementados como solución de vivienda.

Si bien el Estado a generado mayor cantidad de proyectos, estos no han estado exentos de problemas, como la mala construcción y fiscalización, lo cual se a dado a conocer a través de medios de comunicación.

A modo de ejemplo en 2016 el programa Contacto de Canal 13 realiza una investigación en base a proyectos millonarios de vivienda habitacional mal fiscalizados y mal ejecutados de miles de casas, dejando en evidencia que las cifras del 15 % de reducción en el déficit habitacional no es más que un número cuando la realidad va a otros aspectos de habitabilidad.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como finalidad la de presentar un modelo de sistema constructivo alternativo que se ajuste a los tiempos modernos con la finalidad de reparar las deficiencias existentes en los modelos estándares de construcción de vivienda.

# 1. LA VIVIENDA ECONÓMICA

La vivienda económica según la ordenanza general de urbanismo y construcción en el Título VI, referido al reglamento especial para viviendas económicas, en Capítulo I, establece que las viviendas sociales son de carácter definitivo y no pueden superar un valor de tasación sobre las 400 UF a menos que se trate de condominios habitacionales conformado con construcciones de este tipo, las cuales podrán incrementar su valor hasta en un 30% más, esto, sin sobrepasar una superficie edificada de 140 m<sup>2</sup>.



Imagen 1. Fuente: Minvu.

Estas viviendas son entregadas en proyectos habitacionales licitados por el estado para ser ejecutados por empresas constructoras independientes, destinadas para las personas de sectores bajos con situaciones económicas dificultosas.



Imagen 2. Fuente: Minvu.

Estas viviendas económicas se obtienen usualmente con la ayuda de un subsidio habitacional entregado por el estado y sumado a un ahorro de la familia, créditos hipotecarios y/o aporte de terceros.

Para el año 2015 el gobierno de Michelle Bachelet destinó \$1.200 millones de dólares para el programa de acceso de vivienda para los sectores más vulnerables y aumentar la posibilidad de que más familias opten por un mejor hogar.



Imagen 3. Fuente: Minvu.

En las imágenes 1, 2, y 3 se puede apreciar el tipo de vivienda económica que se ejecuta actualmente a lo largo de Chile.

Como se mencionó con anterioridad, se sigue recurriendo a sistemas constructivos tradicionales para satisfacer las necesidades de las viviendas a lo largo de todo Chile, reiterando el uso habitual de metalcon, hormigón, albañilería, madera y tabiques.

Si bien las empresas constructoras en muchos casos hacen buena gestión en la construcción, la cual depende de la fiscalización y ejecución de muchos elementos y organismos, lamentablemente en numerosos casos es deficiente.

Por un lado, tenemos lo planteado anteriormente, una línea para construir definida por costumbre en muchos casos y no como mejor opción.

A nuestro modo de observar la problemática, notamos que la misma forma de ejecutar la vivienda no sirve de la misma manera en la ciudad de Arica, como en la ciudad de Valdivia, pero de todas maneras la casa se construye de la misma forma.

Creemos que la numerosa cantidad de casas requiere de algo más allá de una construcción tediosa en terreno cuando hoy conceptos nuevos tocan la puerta proponiendo formas distintas de hacer las cosas y que además permita disminuir los defectos por mala construcción, fiscalización y ejecución.

Pensamos relevante hoy, evolucionar y apostar por cambiar el concepto de una línea definida para dar paso a medios quizás más efectivos.

Hoy en este siglo comienza a producir ruido en otras partes del mundo la industrialización de diferentes aspectos que antes eran sólo manuales. Y la construcción es una de ellas.

Es por lo anterior que hoy para enfrentar una problemática por masificación de un producto, reducción de métodos y rapidez de ejecución, creemos que es de suma importancia la integración de la industrialización como elemento clave para la vivienda social.

Para ejecutar e implementar lo anterior, el presente documento presenta un análisis detallado de los diferentes sistemas industrializados para finalmente escoger el más adecuado para la sociedad y contexto Chileno.

# LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA

La vivienda industrializada tiene como puntos más relevantes la de maximizar la eficiencia constructiva reduciendo costos de forma estandarizada en todos los procesos.

Estas casas actualmente, por una mentalidad errada, se consideran casas de menor calidad comparadas a las ejecutadas en terreno. Pero gracias a los avances hoy podemos lograr fácilmente en viviendas sociales resultados asertivos y satisfactorios.

La industrialización de la vivienda se refiere a una forma de construir cuyo diseño de producción es mecanizado donde todos los elementos que la conforman están integrados en un proceso de montaje y ejecución para acelerar la construcción.

Es decir, este tipo de vivienda será realizada en fábrica, acoplada y enviada a las diferentes localidades de Chile, teniendo en todos los casos la misma manera de ejecutarse, fiscalizarse y rematarse en función del tipo de diseño que se desee.

Es por esto que necesitamos de un sistema industrializado que entregue los elementos para suplir las necesidades de todo nuestro país y que a la vez pueda ser una alternativa viable para crear distintos diseños cumpliendo con las expectativas del Estado, empresa constructora y de los ocupantes.

## SISTEMA INDUSTRIALIZADO

Un sistema industrializado, al igual que en el concepto de la vivienda, corresponde a elementos realizados en planta mediante un proceso mecanizado. Y bajo este aspecto debemos usar el elemento constructivo que cumpla con la condición.

## SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS EN CHILE

En Chile la industrialización todavía es reducida para materia de elementos constructivos estructurales, pero existe un tipo de sistema industrializado que está tomando velocidad y cumple con los conceptos anteriormente mencionados.

Este sistema corresponde al SIP, siglas que representan el nombre en inglés “Structural Insulated Panels” que consisten en un sistema constructivo liviano que integra un núcleo de aislación y en manera de sándwich dos caras estructurales. Como resultado tenemos un sistema resistente y efectivo.

## 2. SISTEMA INDUSTRIALIZADO SIP

Como mencionamos anteriormente, el sistema SIP corresponde a un sistema constructivo liviano que integra un núcleo de aislación y en manera de sándwich dos caras estructurales. Parece simple en términos conceptuales pero es justamente lo interesante de este sistema.

Mediante la realización de un "sándwich" utilizando un núcleo de poliestireno, poliuretano u otros núcleos que se han ido desarrollando, junto con las tapas que pueden variar en su materialidad, podemos generar elementos constructivos efectivos para la realización y estructuración de una vivienda.

Este sistema constructivo se esta utilizando cada vez mas en Chile por lo que su reconocimiento a poco esta imponiendo presencia en el mercado como una opción para la construcción.

Para este sistema, es de suma importancia destacar que la construcción con paneles SIP tiene dos aspectos claves que lo hacen a su vez más atractivo. Estos se detallan a continuación:

1)El primero es que actualmente y como se mostrará mas adelante, el montaje para este panel consiste en transportar los elementos de panel a la obra para ser montados de a uno, generando módulos completos y rápidos para una construcción dinámica.

2)Como adición a lo anterior, este panel da la posibilidad de industrializar su montaje, pudiendo mandar desde fabrica módulos completos para la vivienda. De esta manera se desarrolla aún más rápida la construcción, control de gastos y control de los tiempos.

Esta cualidad hace de este sistema, a nuestro parecer, lo que el país necesita para poder desenvolverse con facilidad y dinamismo ante las problemáticas que hoy en día se le presentan.

Como el estudio va en función de lo que produce Chile en materia de panel SIP, analizaremos a continuación los deferentes tipos de paneles y sus características para determinar cuál es el mejor. Con todo el análisis se busca determinar y proponer una manera de industrializar la vivienda social adecuada para el país.

## 2.1 PANEL SIP DE OSB

### MATERIALIDAD

La materialidad de este panel consta de un núcleo de poliestireno junto con dos caras de tablero OSB, adheridas al núcleo con un adhesivo de base de poliuretano.

El núcleo de poliestireno expandido corresponde a un elemento muy ligero y resistente. Se utiliza este material en el ámbito de la construcción por sus variadas cualidades. Según la función en la que se utilizará el panel SIP, se determinará la densidad del poliestireno, variando desde los 15 kg/m<sup>3</sup> hasta los 35 kg/m<sup>3</sup>.

Las caras del tablero de OSB corresponden a fragmentos de madera "virutas" adheridos entre sí mediante cera y adhesivos. Usualmente la composición consta de madera de pino y abeto, logrando de esta manera tableros de alta rigidez y resistencia producto de la laminación cruzada de las capas.

Gracias a los avances en el tratamiento de la madera hoy podemos tener 3 tipos de paneles SIP de OSB. Lo anterior se debe a que en el mercado actual los tableros OSB se venden con distintos tratamientos para entregarle a la madera un mayor desempeño ante agentes climáticos húmedos e insectos. Esto será de acuerdo a las especificaciones del proyecto.



Imagen 4. Fuente: miguelroaccivil



Imagen 5. Fuente: Linquanindustria co. ltd



Imagen 6. Fuente: Madecentrocolombia

A continuación se presentan los diferentes tipos de tableros, tomando como referencia los más demandados dentro del mercado, los cuales pertenecen a la empresa LP Building Projects:

-Tablero OSB estándar: corresponde a un tablero básico sin ningún tratamiento, lo que lo hace a la vez menos costoso.

-Tablero OSB PLUS: corresponde a un tablero con un tratamiento anti termitas elaborado con borato de zinc, correspondiente a un aditivo altamente dañino para el insecto y completamente inofensivo para el ser humano.

-Tablero OSB GUARD: corresponde a un tablero con doble protección, una anti-termita y la otra contra la pudrición producto de la humedad. Esto se logra entregándole al tablero OSB una mayor concentración de Borato de Zinc, lo que además de impedir que las termitas se coman el panel, evita la formación de hongos en él.

El adhesivo para adherir el tablero de OSB con el núcleo de poliestireno es un pegamento a base de poliuretano que se calienta para ser aplicado sobre el núcleo de poliestireno. Seca rápidamente logrando en pocos segundos una adherencia casi total de los tableros al poliestireno.

Dentro de los adhesivos y en función de la fabricación del panel tenemos dos tipos:

1) Si se realiza con calor, es decir calentando el adhesivo para su aplicación, se utilizará un adhesivo monocomponente lo cual quiere decir que es un adhesivo que cambia su densidad al ser calentado pero que no pierde sus propiedades de pegado.

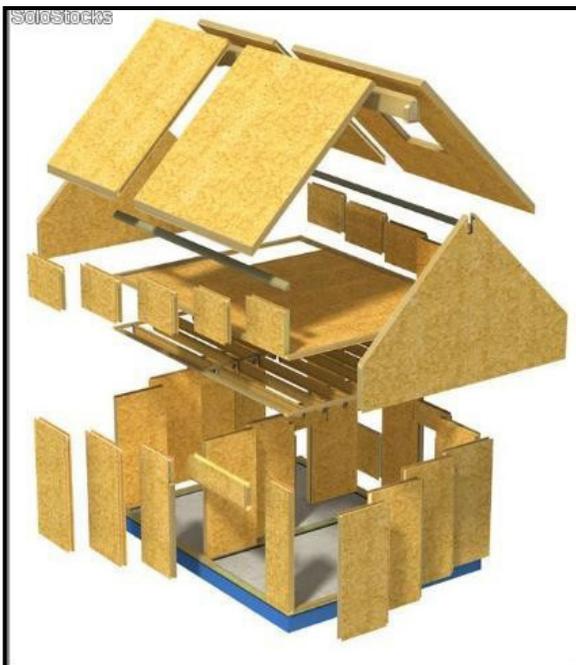
2) Por otro lado, si la adhesión será en frío, es decir, sin calentar el pegamento en este caso. Se utilizará un pegamento bicomponente, lo cual significa que al adhesivo se le agrega un endurecedor que se mezcla en partes iguales con el pegamento para lograr la adhesión de los elementos.

# CARACTERÍSTICAS

Estos paneles se venden de 1.22 x 2.44 metros como dimensiones estándar, de aproximadamente 50 kg de peso y pueden variar si son a pedido especial. Por otro lado el panel SIP varía entre los espesores de 75 mm a 150 mm donde cambian los espesores del núcleo de poliestireno y los espesores de los tableros OSB en función de los requerimientos del proyecto.

Los paneles pueden ser utilizados como estructura de techumbre, pisos ventilados y muros. Donde la variación de estos se dará mayormente en los espesores del núcleo de poliestireno.

En casos de pisos y techumbres usualmente se recurre a un núcleo de mayor tamaño que en los paneles de los muros por requerimientos de la normativa térmica.



Figuran 1. Fuente: solostocks

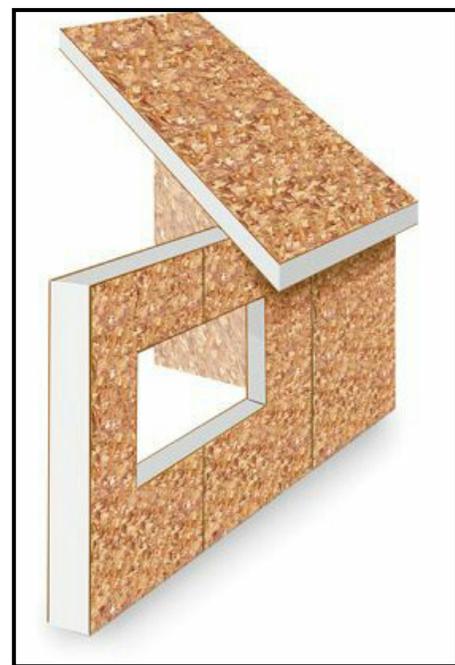


Figura 2. Fuente: Tinyhouseblog

Las figuras mostradas detallan de manera gráfica la descomposición de una vivienda en panel SIP OSB.

Es importante destacar que para simplificar y optimizar el proceso industrializado del panel SIP, el núcleo de poliestireno viene desde fábrica con canales para las instalaciones eléctricas.

Ademas el núcleo integra rebajes por sus costados para facilitar la instalación cuando se requiera unir paneles.

Estos rebajes permiten generar uniones de tipo machihembrados.

En la imagen 7 se observan los canales para las instalaciones eléctricas interiores.

La imagen 8 muestra el canal ya con el panel terminado.



Imagen 7. Fuente: Propia.



Imagen 8. Fuente: Propia.

## VENTAJAS

- Rápida instalación.
- Elemento versátil, ya que puede ser usado en muros, techumbre y pisos.
- Alta resistencia, entregando un buen rendimiento en cargas verticales y horizontales.
- Menor mano de obra.

## DESVENTAJAS

- Si el panel OSB no viene con un tratamiento anti hongos y termitas el elemento podría verse sujeto a descomposición por agentes externos. De ser así, tanto la humedad como la presencia de insectos provocarían la putrefacción del tablero que constituye al elemento.
- La densidad, tanto del núcleo como del tablero del panel propiamente tal, juega un papel importante en la durabilidad de la vivienda considerando como el elemento mas perjudicial el concepto por cargas puntuales mas que de cargas uniformemente repartidas. En consecuencia la utilización de este panel so riesgo de aboyamiento no lo hace aconsejable como panel de piso.

# FABRICACIÓN PANEL SIP OSB

Para la fabricación de un panel SIP de calidad existen dos elementos claves que de no cumplirse se verá afectado el elemento de manera importante:

1) El primer elemento clave corresponde a la aplicación del adhesivo.

Este debe ser suministrado de manera homogénea sobre las superficies de contacto entre los tableros de OSB y las caras del panel de poliestireno "EPS".

2) El segundo elemento clave corresponde al prensado del panel. De esta manera logrará la máxima adhesión.

La fabricación de un panel SIP inicia con la colocación del núcleo de poliestireno sobre una banda transportadora como se muestra en la imagen 9.

De esta manera el núcleo se desplaza a través de un sistema compuesto por dos rodillos (superior e inferior) que recibe el adhesivo por goteo y lo suministra de manera homogénea.

Imagen 10 y 11 muestran como el pegamento es entregado a los rodillos, de manera que al pasar el núcleo de poliestireno quede totalmente homogéneo por sus superficies.



Imagen 9. Fuente: Propia.

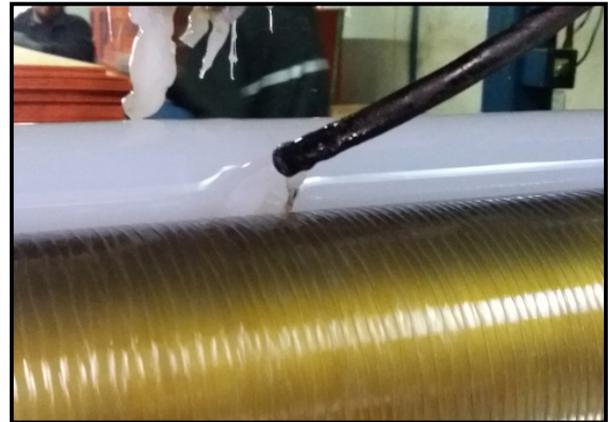


Imagen 10. Fuente: Propia.



Imagen 11. Fuente: Propia

La imagen 12 muestran la entrada del núcleo de poliestireno al sistema de rodillos.

En este momento el rodillo superior e inferior se encuentran totalmente impregnados por el adhesivo.

La imagen 12 muestra además como los rodillos aplican de forma homogénea el adhesivo de poliuretano en caliente sobre las superficies del poliestireno.

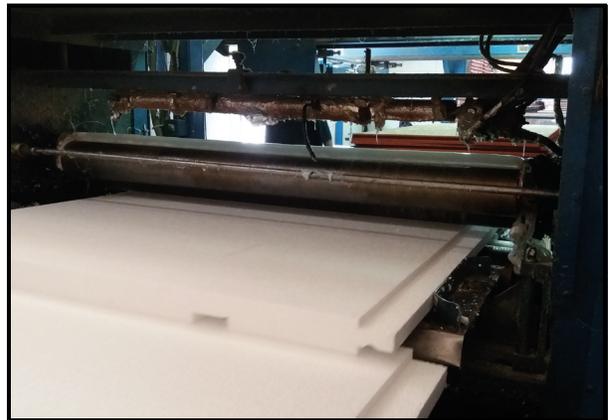


Imagen 12. Fuente: Propia.

Realizado lo anterior, en la segunda etapa del proceso estará esperando sobre otra banda transportadora una de las caras de tablero OSB. El traspaso del poliestireno al tablero debe ser rápido, ya que el pegamento seca rápidamente. (Imagen 13 y 14.)

El núcleo de poliestireno, con el adhesivo en sus caras, es llevado y colocado sobre el tablero de OSB.



Imagen 13. Fuente: Propia.

En la imagen 14 se muestra el traslado de forma manual.

En función de los requerimientos del fabricante es que se tendrá dentro la fábrica un mecanismo para efectuar todos los movimientos a través de sistemas automatizados, utilizando un mecanismo que levantan el tablero y lo desplaza hasta el núcleo para fijar los componentes.



Imagen 14. Fuente: Propia.

La imagen 15 muestra el centrado del núcleo con el tablero OSB para unir la primera cara del panel SIP al poliestireno.

Al hacerlo de manera manual los operarios deben ser meticulosos ya que al más mínimo error no podrán modificar la posición mas allá de un rango de 1 cm por la rapidez de secado del adhesivo.

A continuación se procederá con la instalación inmediata de la segunda cara de tablero OSB. (Imagen 16)

De la misma manera en que se centro el primer tablero, los trabajadores deberán centrar la segunda cara para que quede perfectamente alineada con el poliestireno y el tablero previamente pegado.

Habiendo pegado los elementos la banda transportadora lleva el panel SIP a través de un sistema de prensado que varía según la inclinación del fabricante.

Para realizar la compresión sobre las placas puede ser mediante estaciones de rodillos ubicados inferior y superiormente o bien una placa que preme elemento.

NOTA:

El ideal del proceso es que todas las etapas de este sean mecanizadas.

El retiro del poliestireno y colocación de este deberían tener una función mecánica para asegurar la terminación del panel.



Imagen 15. Fuente: Propia.



Imagen 16. Fuente: Propia.



Imagen 17. Fuente: Propia.

La imagen 18 muestra el desarrollo del proceso de prensado a través de rodillos en la parte superior e inferior del panel.

Una vez terminado el proceso de prensado el panel SIP queda terminado.

Para guardar el panel es importante tomar medidas de precaución para no dañar el elemento.

Los paneles deben ser acopiados en lugares limpios y secos, apoyados en tres partes como mínimo sobre una plataforma que se encuentre nivelada.

En caso de lluvias si están al aire libre los paneles, deberán cubrirse con algún material que permita aislarlos de la lluvia directa.

Finalmente no deben ser acopiados más de 20 paneles en el mismo lote, ya que se aplastará el primer panel pudiendo perder el elemento por aplastamiento.



Imagen 18. Fuente: Propia.



Imagen 19. Fuente: Propia.



Imagen 20. Fuente: LP Building Products.

## MONTAJE PANEL SIP OSB

-Verificación de niveles de fundación y cuadratura.

-Instalación de la base de piso que recibirá los paneles. La más habitual corresponde a un radier. (Figura 4).

-Instalación de las soleras inferiores sobre los ejes trazados en el radier. Estas piezas serán de madera de pino radiata seleccionado con un grado estructural de clasificación visual tipo G-2, humedad controlada al 18% y con dimensiones nominales correspondientes a piezas cepilladas de 2 x 2 1/2 y 2 x 3". (En los casos más habituales según el espesor del panel seleccionado).(Figura 5).

-En el caso de los muros perimetrales es recomendable instalar un sello de humedad de espuma de poliuretano bituminoso o similar para mayor hermeticidad.

-Para la colocación de soleras inferiores se debe verificar las posiciones en los encuentros de las esquinas y definir claramente los vanos correspondientes a puertas y vanos que llegan hasta el suelo.

-En caso de que la plataforma sea de radier la fijación de la solera a la base será con varillas de 5/8" con un hilo de largo 12 cm como mínimo y colocadas cada 60 cm. Es importante destacar que las varillas deben quedar al eje de la solera y que por ningún motivo deben ser corregidas doblándolas o forzándolas a su posición.

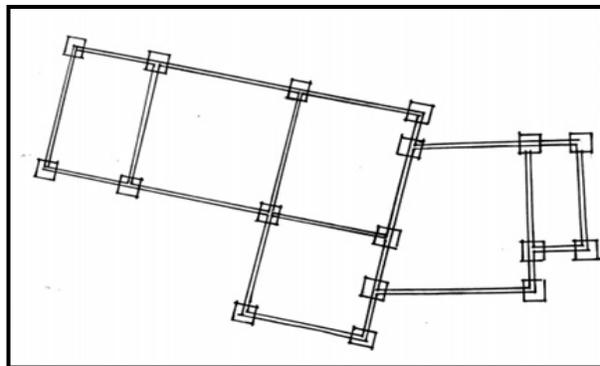


Figura 3. Fuente: Propia.

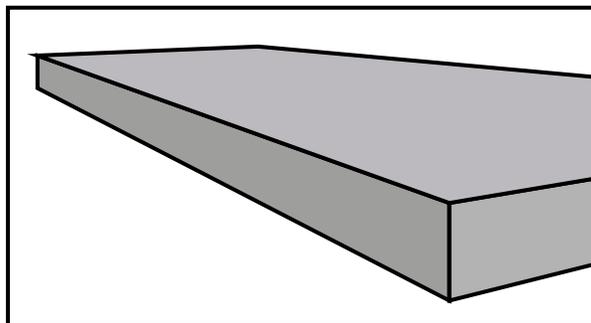


Figura 4. Fuente: Propia.

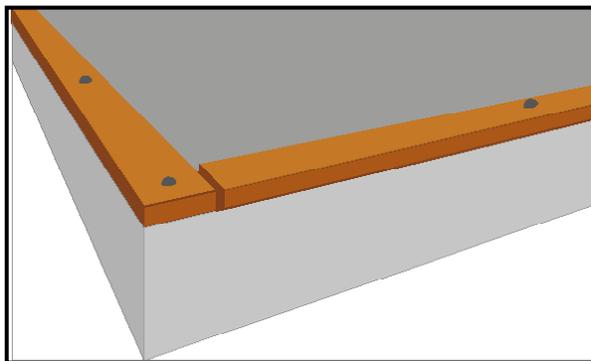


Figura 5. Fuente: Propia.

-Luego es necesario partir el montaje con una esquina para rigidizar y facilitar el montaje de los muros. (Figura 8.)

-Posicionar el primer panel de la esquina que se desea generar sobre la plataforma y en el lugar donde se desea instalar.

-Luego se monta sobre la solera inferior, la cual queda alojada en el rebaje existente del núcleo de poliestireno y recubierta por los lados de las alas de OSB. (Figura 6).

-La unión del panel a la solera inferior se realizará con tornillos de 6 x 1 5/8". En las alas de OSB que abrazan la solera es importante colocar los tornillos a 150 mm uno al lado del otro respetando el eje del costado de la solera. (Ejemplo en Figura 11).

-Si se ha especificado forro corta gotera por el exterior, el panel se fijará en forma provisoria sólo por la cara interior, de modo que una vez colocados todos los paneles perimetrales, se proceda a colocar el forro corta gotera, encajándolo entre la solera y el OSB exterior. Luego se procederá a colocar los tornillos del exterior. (Figura 7)

-Una vez instalado el primer panel de la esquina se colocarán pie derechos de 41 x 54 mm en los extremos de los paneles que conforman la esquina introduciendo estos en los rebajes del poliestireno en el extremo vertical del panel. Es importante mencionar que en el caso de que el poliestireno no venga con los rebajes, se deberán hacer en obra. (Figura 8)

-Una vez fijada la esquina se procede a instalar los paneles de muro.

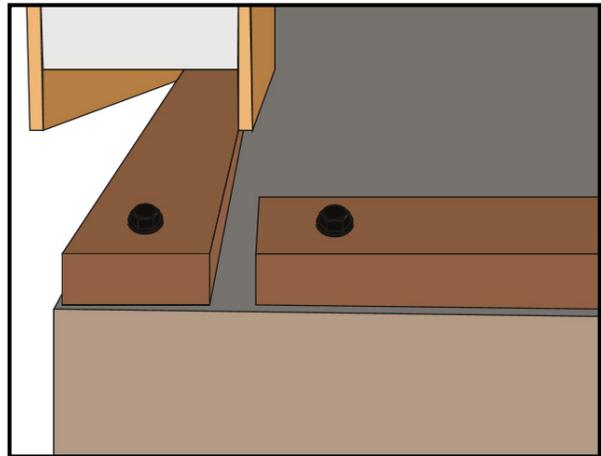


Figura 6. Fuente: Propia.

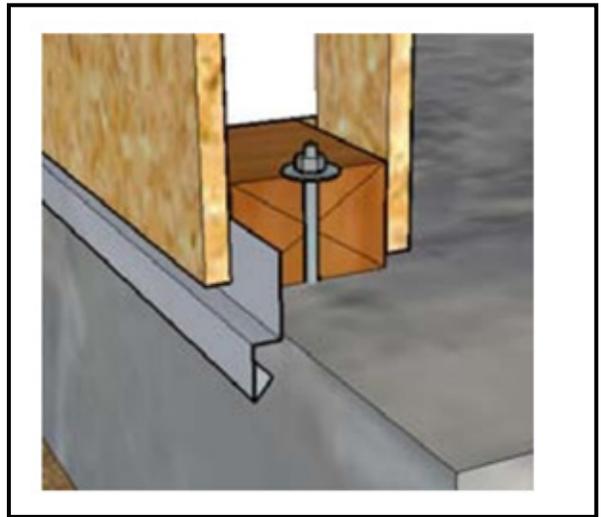


Figura 7. Fuente: Propia.

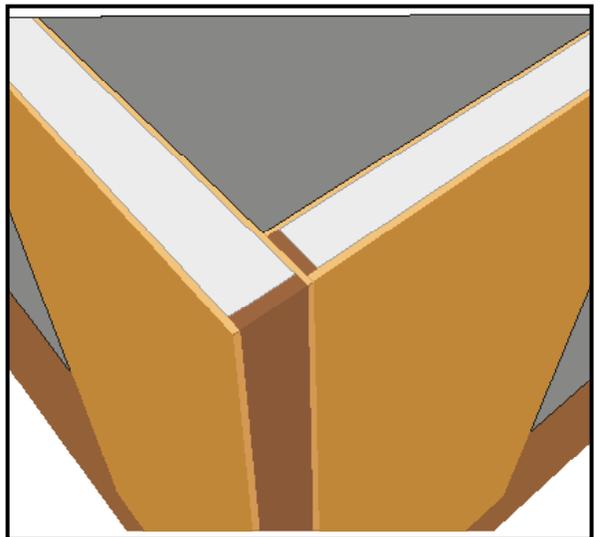


Figura 8. Fuente: Propia.

-Para la unión de los paneles en línea, se utilizan clavijas de panel OSB cortadas de 100 x 9.5 x 2300 mm de altura, correspondiente al largo total del panel restando los espesores de las soleras superior a inferior ubicándose a lo largo del panel y por ambos lados. (Figura 9).

-Para la unión de los muros se utilizarán tornillos de 6 x 1 5/8" a 150 mm entre cada uno y por cada lado del panel.

-Finalizada la instalación de los paneles de muro se procede a instalar la solera superior que corresponde a una pieza de madera igual a la solera inferior que se encarga de cuadrar y fijar la longitud total formada por los paneles muro.

-La solera superior se fija lateralmente a las alas de OSB por ambos lados mediante tornillos de 6 x 1 5/8" a 150 mm de cada uno, cuidando que los tornillos de ambos lados no queden enfrentados y ubiquen a la vez en el eje lateral de la solera superior. (Figura 11).

-En el caso de existir corridas de tubos eléctricos por el panel, se le realizará la perforación correspondiente al elemento de madera (solera superior) para dar paso al tubo que lleva la instalación eléctrica. (Figura 11).

**NOTA:**

Para realizar un mejor arriostramiento de la parte superior de los paneles se recomienda utilizar un perfil C de 1.2 a 1.5 mm que fije de mejor manera la modulación.

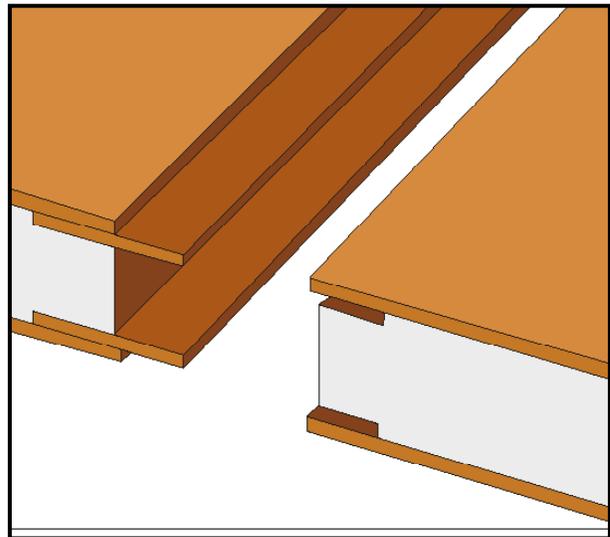


Figura 9. Fuente: Propia.

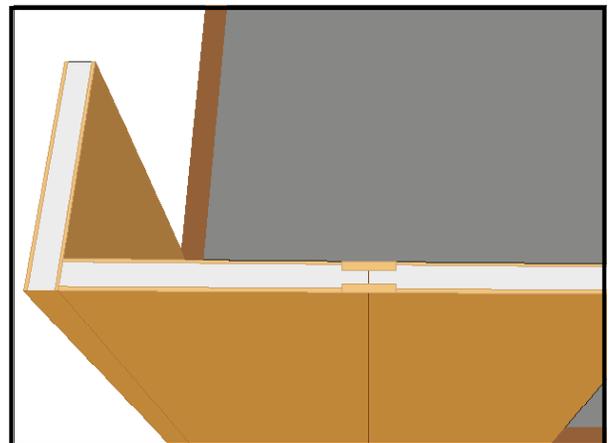


Figura 10. Fuente: Propia.

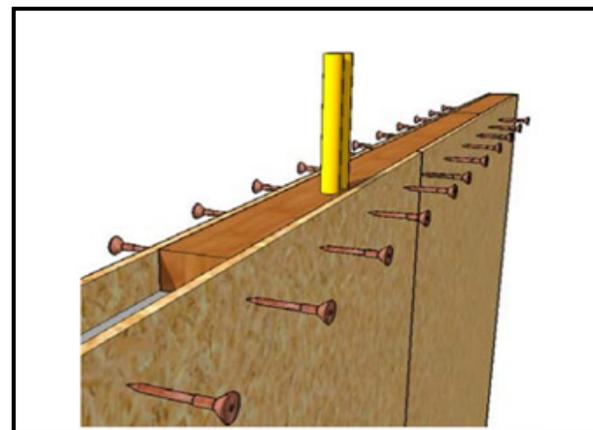


Figura 11. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN DE VENTANAS Y PUERTAS

Para la instalación de ventanas y puertas en los muros de la vivienda existen 2 formas:

1) Primero se deben cortar los paneles con las dimensiones de los espacios según proyecto y fabricar un marco para cubrir el núcleo de poliestireno expuesto. Luego colocar el marco de la ventana o puerta y el resto de los componentes. (Figura 12).

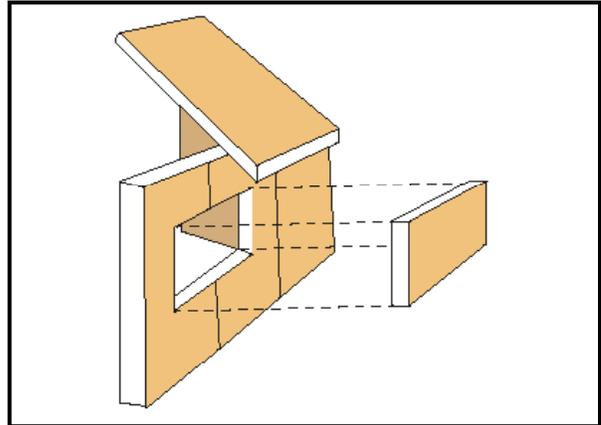


Figura 12. Fuente: Propia.

2) La segunda manera, la cual corresponde al método más usado. Es que en los sectores en donde el proyecto lleva vanos, los paneles vienen pre cortados y listos para instalar donde corresponde.

Y en los rebajes del núcleo junto con las aletas de tablero OSB sobresalientes se introduce un pre marco de pino radiata de 41 x 54 mm cuyas jambas quedan confinadas entre el pre marco del dintel y el pre marco del antepecho, para que de esta manera este pueda recibir y distribuir las cargas verticales que más adelante se le apliquen. Esto se aprecia en la Figura 13.

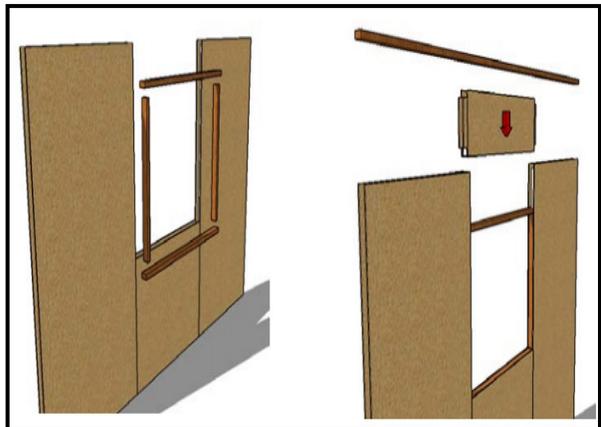


Figura 13. Fuente: TecnoPanel

# INSTALACIÓN DE TECHUMBRE

-Antes de comenzar es importante destacar que la techumbre se puede realizar de distintas maneras en función del proyecto, utilizando cerchas, tijerales, planchas entre otros elementos.

-Se comienza preparando los paneles de techumbre a nivel de terreno para incorporar las fijaciones previas y facilitar la instalación.

-Es recomendable utilizar cerchas de madera prefabricada con conectores metálicos galvanizados.

Las cerchas se apoyarán sobre las soleras superiores de los panel de muro con el distanciamiento señalado en los planos correspondientes. Para luego colocar los paneles de techumbre sobre estas. (Figuras 14 y 15).

-En el caso de utilizar cubiertas en base a los paneles SIP sin cerchas, hay que lograr que el punto de contacto entre los paneles de la techumbre con la solera superior sean perfectos, por lo que se sugiere que en estos casos la solera superior lleve un rebaje para lograr el ángulo que formará el panel de techo y obtener una superficie de contacto total entre la solera y el panel. Esto se utiliza comúnmente en casas pequeñas de una agua.

- En términos estructurales al no llevar cerchas para el apoyo de los paneles se usarán vigas y costaneras para rigidizar la estructura de techo. (Figura 16 y 17).

-Terminada la colocación se procede a instalar el recubrimiento de techo utilizando habitualmente planchas metálicas.



Figura 14.Fuente: TecnoPanel.

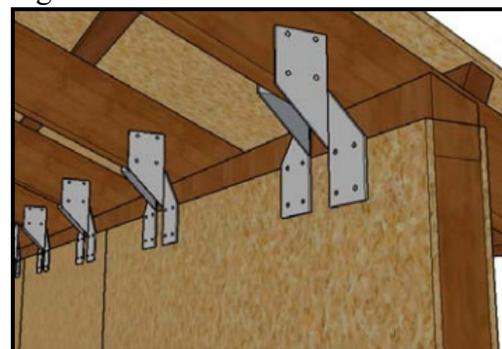


Figura 15.Fuente: TecnoPanel.

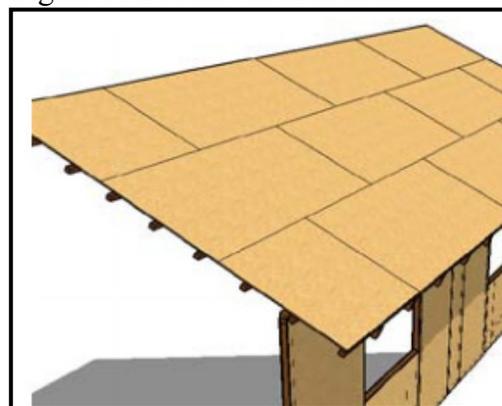


Figura 16.Fuente: TecnoPanel.

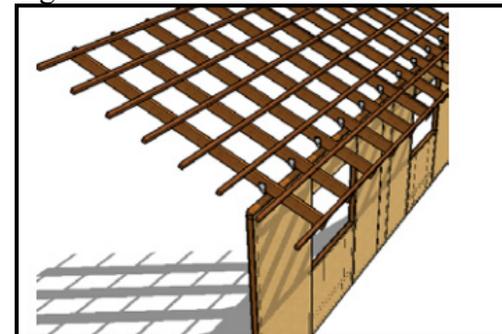


Figura 17. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como se mencionó anterior mente en las características del panel SIP de OSB, el núcleo de poliestireno lleva canales diseñados para poder realizar instalaciones eléctricas dentro de los paneles.

Estos canales usualmente tienen 25 mm de profundidad hacia el interior del núcleo y 60 mm de ancho, siendo ubicados a 30 cm de los bordes superiores e inferiores del panel en caso de los canales horizontales y a 30 cm de los bordes verticales del panel en caso de los canales que cubren el alto del panel.

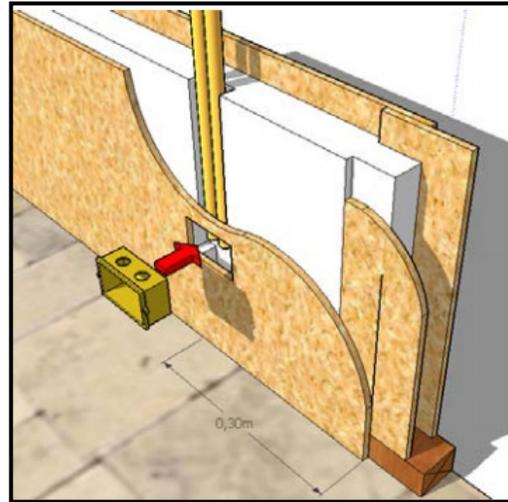


Figura 18. Fuente: TecnoPanel.

Una vez definidas claramente donde se ubicarán las cajas eléctricas se procederá a abrir el espacio para las cajas e introducir los tubos de PVC que se requiera en el proyecto.(Figura 18).

## INSTALACIONES AGUA POTABLE, SANITARIA Y GAS

Para el caso referente a las instalaciones de agua potable, alcantarillado y gas, estas no pueden quedar por el interior de los paneles SIP ya que no hay espacio sumado a que perderíamos el núcleo con tantas tuberías pasando dentro de él. Las corridas de agua fría y caliente junto con la instalación de gas, deben hacerse sobrepuestas al panel.

De igual manera, en el caso del alcantarillado, las largadas en horizontal deberán hacerse sobre o debajo la losa SIP, por lo que se recomienda en el caso de viviendas de 2 pisos con paneles que la losa SIP lleve un sobre tabique de revestimiento para esconder la instalación. Éste se utiliza tanto para cubrir las corridas de instalaciones en horizontal como en vertical de los paneles muro.

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO

## PANEL SIP OSB

Uno de los propósitos más importantes dentro de la construcción, cuando nos referimos a viviendas, es entregarle a esta una condición de habitabilidad estable y permanente para que sus ocupantes vivan plácidamente en sus hogares sin sufrir por los cambios de temperatura.

Es por lo anterior, que la normativa chilena en cuanto a la resistencia térmica definió valores mínimos que deben cumplir los muros, techumbre y pisos de la estructura en las distintas zonas del país.

Los que forman la envolvente térmica de la vivienda, son entonces, los elementos del perímetro que forman la vivienda. Deben tener, conforme a la ordenanza general de urbanismo y construcción en Artículo 4.1.10 una resistencia térmica total indicada como RT, igual o superior a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto o una transmitancia térmica “U” igual o menor a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto.

Dichas exigencias presentadas en la tabla a continuación, serán aplicables sólo a los muros o tabiques estructurales y no estructurales que limiten los espacios interiores de la vivienda con el exterior, sumado a la techumbre y pisos ventilados.

Zona	Techumbre	Techumbre	Muro	Muro	Piso	Piso
	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W
1	0.84	1.19	4	0.25	3.6	0.28
2	0.6	1.67	3	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.9	0.53	0.7	1.43
4	0.38	2.63	1.7	0.59	0.6	1.67
5	0.33	3.03	1.6	0.63	0.5	2
6	0.28	3.57	1.1	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4	0.6	1.67	0.32	3.13

Tabla 1.

La tabla adjunta corresponde a los parámetros mínimos que deben soportar los elementos de muros, techos y pisos ventilados en las distintas zonas del país de acuerdo a la medición de resistencia térmica total y transmitancia térmica.

Dicho lo anterior, el panel SIP de OSB cumple en materia de muros con todas las zonas del país, desde 1 a la 7 con una resistencia térmica de 1.752 m<sup>2</sup>k/W con el panel de 75 mm. Si uno deseara aún más aislación en los muros, se pueden alcanzar hasta 5.176 m<sup>2</sup>k/W con el panel de 210 mm de espesor sin ayuda de recubrimientos de aislación térmica adicionales.

Claro está que, si bien la solución de aumentar los espesores del panel entrega una solución más rápida, hay que evaluar finalmente costos. Esto dado que podría ser el caso de que se pudiera lograr el mismo nivel de aislación que se busca pero con un elemento aislante adicional sobre el panel de 75 mm y puede ser de menor costo.

En materia de techumbre se podría utilizar sin elementos de solución aislante el panel de 75mm hasta la zona 2 del país, donde deberemos aumentar a un espesor de 114 para la zona 3 y 4, finalizando con un panel de 200mm para zonas 5,6 y 7.

En piso podríamos usar el panel de 75mm hasta zona 3, luego 96 mm de espesor para cubrir hasta la zona 5 finalizando con el de 150 mm de espesor para las zonas 6 y 7 del país.

# COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

## PANEL SIP OSB

Antiguamente la exigencia acústica de las edificaciones sólo aplicaba a construcciones de mayor estándar para entregar a los habitantes un mínimo de aislación acústica de confort. Es por esto que la aislación acústica al no ser de carácter obligatorio en las viviendas de más bajos recursos quedaban expuestas en este aspecto dejando vulnerables a las familias que habitaban en ellas.

Es por esto que en la actualidad la normativa definió estándares mínimos de habitabilidad que protegen a las viviendas más económicas.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, indica en el punto 4.1.6 título 4 que los elementos constructivos horizontales tales como pisos, deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45 decibels (db) al igual que los elementos verticales esto siempre y cuando sean elementos que separen o dividan unidades de viviendas que sean parte de un edificio colectivo o entre unidades de vivienda de edificaciones continuas o pareadas.

Los elementos constructivos utilizados deben demostrar que cumplen con las exigencias planteadas en el punto anterior mediante el ensayo Nch 2786 especificado en la ISO 717-1 el cual determina el índice de reducción acústica de los elementos verticales y horizontales respectivos emitidos por un laboratorio con inscripción vigente.

Dado que el enfoque está en las viviendas independientes y no pareadas, el factor relevante en función del sonido sería el ruido aéreo, el cual en la normativa actual no está regulado. Es por esto que el panel SIP de OSB para la construcción de viviendas independientes es apto para ser utilizado sin problemas. Pero en el caso de que se quiera utilizar el panel de 75 mm o de 100 mm como un elemento de separación o división de unidades deberá respetarse la normativa de reducción anterior de 45db.

Los paneles de 75mm y 100 mm no cumplirían con la normativa de reducción de 45 (db) ya que sólo reducen 37(db). Como solución a esto al panel se le podría agregar un elemento adicional aislante como placas de yeso cartón o aumentar los espesores.

La figura indica que muros que deben cumplir con reducción mínima de 45 (db).

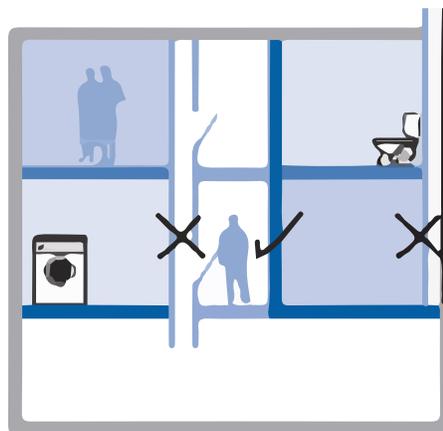


Figura 19. Fuente: Minvu.

# RESISTENCIA AL FUEGO

## PANEL SIP OSB

En la ordenanza general de urbanismo y construcción en el artículo 4.3.1 de seguridad contra incendio busca facilitar el salvamento de los ocupantes.

La norma chilena clasifica los elementos constructivos en función de la duración en minutos que aguanta al estar en contacto con el fuego. Una vez que el elemento pierde las cualidades estructurales para el cual fue diseñado, es decir que no aguanta lo que debería, el elemento a partir de ese punto se vuelve peligroso y propenso a colapsar rápidamente.

Para clasificarlos y denominar la resistencia de cada elemento, se utiliza:

- F-0: Soporta menos de 15 minutos.
- F-15: Soporta igual o más a 15 minutos, pero menos de 30 minutos.
- F-30: Soporta igual o más a 30 minutos, pero menos de 60 minutos.
- F-60: Soporta igual o más a 60 minutos, pero menos de 90 minutos.
- F-90: Soporta igual o más a 90 minutos, pero menos de 120 minutos.
- F-120: Soporta igual o más a 120 minutos, pero menos de 150 minutos.
- F-150: Soporta igual o más a 150 minutos, pero menos de 180 minutos.
- F-180: Soporta igual o más a 180 minutos, pero menos de 240 minutos.
- F-240: Soporta igual o más a 240 minutos.

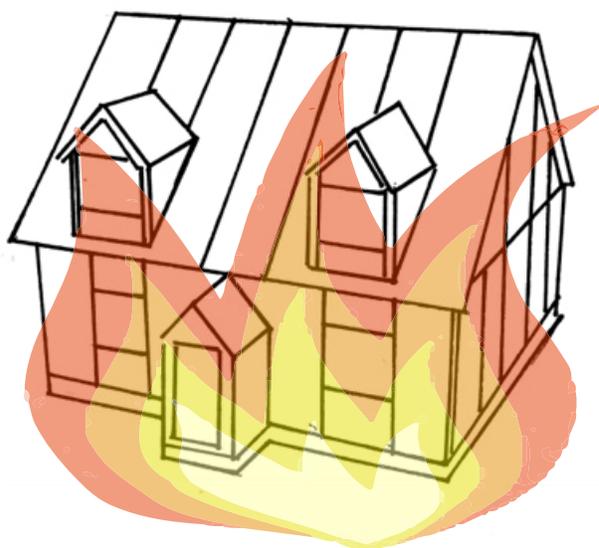


Figura 20. Fuente: Propia.

Para aspectos de viviendas de menos de 140 m<sup>2</sup> la norma exige que la estructura sea como mínimo F-15. Con lo anterior, los paneles SIP de OSB son calificados con resistencia al fuego de un F-15. Este valor indica que los ocupantes tienen entre 15 a 20 minutos para escapar de la vivienda.

Para aumentar el desempeño se le agregan elementos adicionales como placas de yeso cartón lo que aumenta la resistencia del panel a un F-30.

# COMPORTAMIENTO MECÁNICO

## PANEL SIP OSB

<u>Tipo de carga</u>	75 mm	100 mm	160 mm
Carga Vertical Máx.	4.500 kg/m	12.600 kg/m	17.869 kg/m
Carga Horizontal Máx.	1.800 kg/m	3.700 kg/m	5.082 kg/m
Carga Transversal Máx.	190 kg/m	550 kg/m	2.359 kg/m

Tabla 2.

### Carga Vertical Máxima:

Corresponde al peso máximo para la que fue diseñado el elemento utilizado de manera vertical y que bajo ningún motivo puede ser superado ya que la estructura no resistiría.

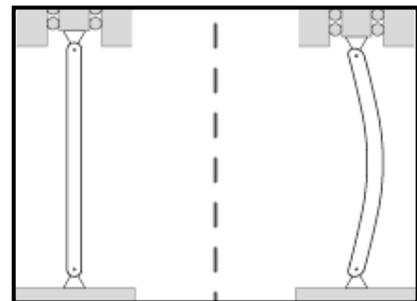


Figura 21. Fuente: Wikipedia.

### Carga Horizontal Máxima:

Corresponde al peso máximo para la que fue diseñado el elemento utilizado de manera horizontal, y que bajo ningún motivo puede ser superado ya que la estructura no resistiría.

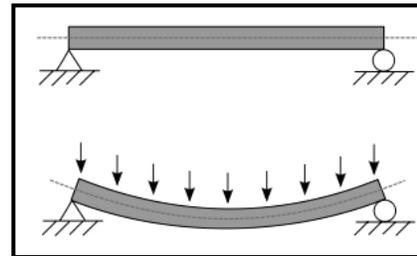


Figura 22. Fuente: Wikipedia.

### Carga Transversal Máxima:

Corresponde a la carga que se aplica al elemento en forma perpendicular al eje longitudinal de este. Esto provoca el fenómeno denominado corte.

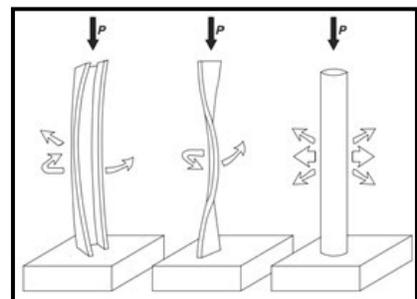


Figura 23. Fuente: [acerosymaderas.blogspot.cl](http://acerosymaderas.blogspot.cl)

# INFORMACIÓN TÉCNICA

## PANEL SIP OSB

<u>Información Técnica</u>	<u>Espesores</u>
Espesores Panel	(75-87-90-110) mm
Dimensiones en que se vende	(1.22 x 2.44 ) m
Espesores Poliestireno	(56-67-92) mm
Espesores Tableros OSB	(9.5-11.1) mm

Tabla 3.

Los Paneles SIP de OSB variarán sus espesor en función de las combinaciones entre el núcleo de poliestireno y los espesores del tablero OSB.

Las combinaciones posibles son:

- Núcleo de 56 con tableros de (9.5 / 9.5) - (11.1 / 9.5) - (11.1 / 11.1)
- Núcleo de 67 con tableros de (9.5 / 9.5) - (11.1 / 9.5) - (11.1 / 11.1)
- Núcleo de 92 con tableros de (9.5 / 9.5) - (11.1 / 9.5) - (11.1 / 11.1)

## VALORES PANEL SIP OSB

<u>Panel SIP OSB</u>	<u>Valores</u>
75 mm	\$32.000 + IVA
86 mm	\$35.000 + IVA
90 mm	\$36.000 + IVA
114 mm	\$38.000 + IVA
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 1 piso	2.5 a 3 UF/m2
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 2 pisos	3 a 3.5 UF/m2

Tabla 4.

## 2.2 PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

### MATERIALIDAD

La materialidad de este panel consta de un núcleo de poliestireno junto con dos caras de placas de fibrocemento adheridas al núcleo con un adhesivo de base de poliuretano.

El núcleo de poliestireno corresponde a un elemento muy ligero y resistente, y según la función en la que se utilizará el panel de poliestireno expandido se determinará la densidad del elemento variando desde los 15 kg/m<sup>3</sup> hasta los 35 kg/m<sup>3</sup>.

La placa de fibrocemento corresponde a un elemento de construcción formado por cemento portland, arena, fibras de celulosa extraídas mediante un proceso químico. Además se agregarán aditivos que influyen en el drenaje de agua durante el proceso productivo de estas para que la formación de la placa tenga una homogeneidad de la superficie una vez terminada.

El adhesivo es un pegamento a base de poliuretano monocomponente que se calienta para ser aplicado sobre el núcleo de poliestireno.

Seca rápidamente logrando en pocos segundos una adherencia casi absoluta de las piezas.



Figura 24. Fuente: Propia.

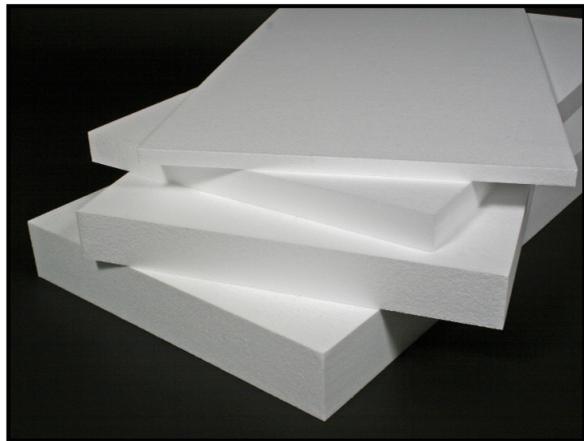


Imagen 21. Fuente: Linquanindustria co. ltd



Imagen 22. Fuente: Pizarreño.

# CARACTERÍSTICAS

Para crear un panel SIP con caras de fibrocemento es importante saber que estas placas provienen de un proceso productivo elaborado.

Al tener que mezclar los elementos mencionados anteriormente de cemento, agua, fibra de celulosa y aditivos, el proceso necesita de tambores (grandes baldes) que con aspas en su interior mezclan el conjunto de elementos para generar una pasta a la cual al mismo tiempo se le entrega una temperatura de 50 grados, aproximadamente, para su manipulación. Cabe resaltar que sin temperatura la pasta sería muy dura de trabajar.

Esta pasta pasa a un distribuidor que de manera uniforme coloca la mezcla sobre una tela transportadora que absorbe la humedad y la lleva a un cilindro que le entrega el espesor deseado.

Una vez terminado lo anterior la tira de gran longitud es cortada en las dimensiones de venta en el mercado y llevada a un proceso de curado de autoclave. Este proceso corresponde a un curado donde se utilizan altas presiones y temperaturas para acelerar el proceso de fraguado del hormigón y así lograr la placa tan característica de manera rápida.

Cinta transportadora que absorbe la humedad de la pasta.

Cilindro que le entrega el espesor a la placa.



Imagen 23. Fuente: Shanghai Sinotech Machinery Co.

Para esta placa tenemos dos tipos de acabado, una de manera lisa por ambas caras de la placa y la otra, un acabado texturizado para entregarle un remate distinto, lo que ayuda a que el panel una vez instalado, tenga si uno lo desea, un acabado texturizado en su interior o exterior.

En caso de que el panel se utilice por el interior no hay problemas, ya que cumple con las normativas respectivas de resistencia al fuego, normativa térmica y acústica para la vivienda económica. Pero en el caso que se desee usar el panel por el exterior sin un revestimiento, hay que tener presente de que la placa debe ser sometida a pruebas de resistencia contra la humedad exterior, ya que sin una capa que haga de membrana la placa absorberá la humedad del ambiente provocando que la placa se hinche, además de comprometer la resistencia del panel y durabilidad.

Si bien este panel gracias a sus placas es una excelente opción como panel de muro, tiene la desventaja de necesitar de más elementos constructivos para poder terminar la vivienda. Ya que este panel se puede utilizar únicamente como muro y no como techumbre ni pisos ventilados, como lo es el caso del panel de OSB, SmartPanel y Metálico.

Además con este panel sólo se puede realizar 1 piso, ya sea una vivienda de 1 piso con muros de panel SIP de Fibrocemento o una vivienda de 2 pisos en donde el primer piso es de otro material.

Finalmente es importante considerar el transporte y fabricación. La manipulación de estos paneles es más delicada ya que la placa siendo mal tratada se romperá.

Los espesores de las placas de Fibrocemento utilizadas en los paneles SIP son de 8 mm usualmente, pero varían de los 8 mm a 15 mm según inclinaciones del fabricante. Los paneles SIP de fibrocemento más comunes son de 78 y 108 mm de espesor.

Estos espesores del panel SIP se definieron de esta manera ya que los paneles de Fibrocemento al momento del montaje, no van sobre soleras como las que se muestran en el montaje del panel OSB o SmartPanel, sino que es una solera en forma de perfil metalcon de 60mm y 90mm que recibe al elemento. Es por esto que el espesor del panel va acorde al ancho de los perfiles de solera.

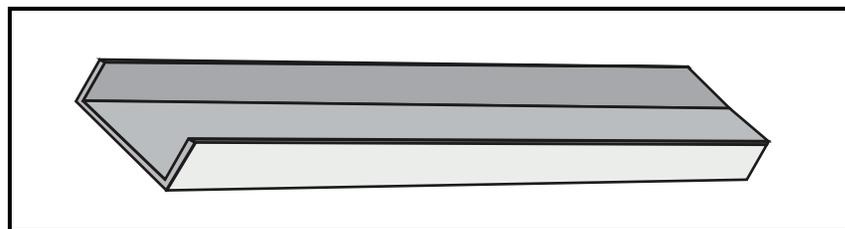


Figura 25. Fuente: Propia.

## VENTAJAS

-Libre de asbesto. Tiempo atrás se utilizaba en vez de la fibra de celulosa trayendo cáncer a los que se exponían a él.

-Gran durabilidad ya que no se quema o corroe.

-Actúa como terminación de interior y exterior.

-No es afectado por insectos.

-Fácil de trabajar ya que es simple de cortar, perforar y fijar.

-Puede pintarse de cualquier color.



Imagen 24. Fuente: Propia.

## DESVENTAJAS

-Mayor peso que otros paneles SIP dentro del mercado.

-Tiene la posibilidad de sufrir fisuras durante su transporte a la obra por una mala manipulación, o ruptura en los cantos por golpes leves. (Imagen 24 y 25).

-Mayor costo que los otros paneles SIP con núcleo de poliestireno.

-Si no tiene un recubrimiento para la humedad la placa se ve afectada al estar en exteriores húmedos ya que se hincha por absorber la humedad y se deforma.

-Sólo se puede utilizar para muros.

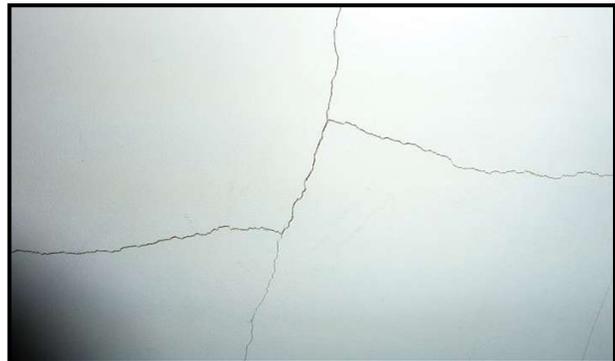


Imagen 25. Fuente: Propia.



Imagen 26. Fuente: Propia.

# FABRICACIÓN DEL PANEL SIP FIBROCEMENTO

La fabricación de este panel SIP es la misma que la del panel OSB y SMARTPANEL.

Inicia con la colocación del núcleo de poliestireno sobre una banda transportadora.

La imagen 27 muestran la entrada del núcleo de poliestireno al sistema de rodillos.

De esta manera el núcleo se desplaza a través de un sistema compuesto por dos rodillos (superior e inferior) que recibe el adhesivo por goteo y lo suministra de manera homogénea sobre el núcleo de poliestireno. (Imagen 28 y 29).



Imagen 27. Fuente: Propia.



Imagen 28. Fuente: Propia.



Imagen 29. Fuente: Propia.

Realizado lo anterior, en la segunda etapa del proceso estará esperando sobre otra banda transportadora una de las placas de fibrocemento. (Imagen 30).

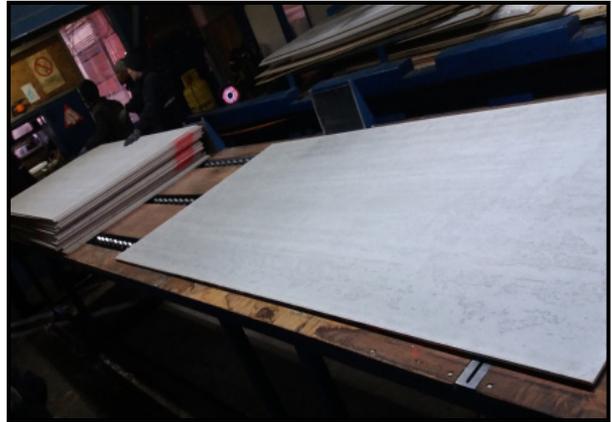


Imagen 30. Fuente: Propia.

El núcleo de poliestireno, con el adhesivo en sus caras, es llevado y colocado sobre la placa de fibrocemento que se encuentra sobre la banda. (Imagen 31).

A continuación, se procederá con la instalación inmediata de la segunda cara de fibrocemento. (Imagen 32).

Para el caso de la fabricación de los paneles SIP de Fibrocemento, se utilizara un núcleo de poliestireno con un acabado diferente en sus aristas.

Como se logra apreciar en la imagen 31, el rebaje se encuentra por todo el perímetro del núcleo. La razón de esto está ligada al montaje.

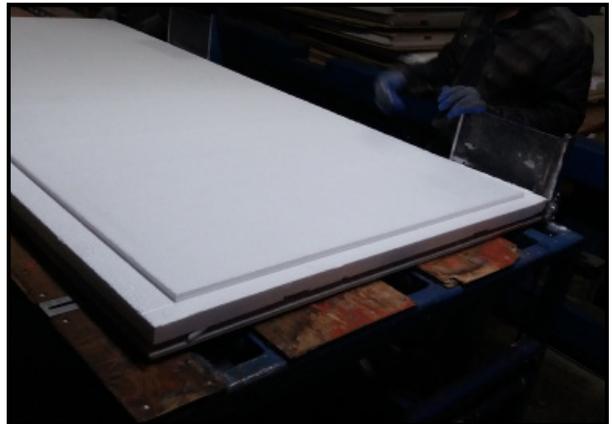


Imagen 31. Fuente: Propia.

En donde la solera inferior ya no es de madera y de forma rectangular, sino que cambia a un perfil metálico metalcon en forma de C, la cual recibe el panel y aloja las orejas del perfil entre los rebajes del núcleo y las orejas de placa de fibrocemento.



Imagen 32. Fuente: Propia.

Habiendo pegado los elementos, la banda transportadora lleva el panel SIP a través de un sistema de prensado que varía según la inclinación del fabricante.

La imagen 33 y 34 muestra el desarrollo del proceso de prensado a través de rodillos en la parte superior e inferior del panel.

Una vez terminado el proceso de prensado, el panel SIP queda terminado.

Como se mencionó en las características, este panel es el más delicado debido a sus placas, por lo que es muy fácil y común observar que las aristas del panel estén con detalles producto de golpes o mala manipulación.

El almacenamiento de estos paneles debe ser muy cuidadoso.



Imagen 33. Fuente: Propia.



Imagen 34. Fuente: Propia.



Imagen 35. Fuente: Propia.

# MONTAJE PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

-Verificación de niveles de fundación y cuadratura.

-Para el caso del panel SIP de Fibrocemento la instalación de montaje habitual se da sobre un radier, pero podría ser montado sobre una losa de panel SIP OSB.

-Una vez que tenemos nuestra base lista debemos colocar nuestras soleras inferiores sobre los ejes de trazado en el radier. (Figura 29).

-Se verifica la alineación de soleras sobre trazos y se procede a perforar el radier con una broca para hormigón de 1/4" cada 60 cm entre cada uno. La perforación debe ser como mínimo de 8 cm de profundidad.

-A diferencia de la solera utilizada en los paneles SIP OSB y SIP Smartpanel, estas son soleras de perfil metalcon, el cual es cortado en las longitudes que se requiera y ancladas como se mencionó anteriormente al radier.

-Figura 28 muestra solera de perfil metalcon.

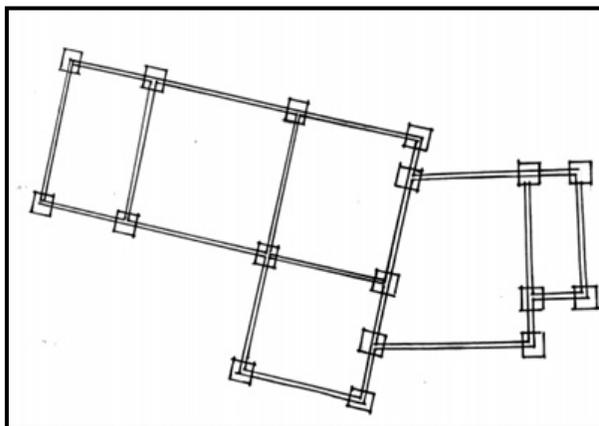


Figura 26. Fuente: Propia.

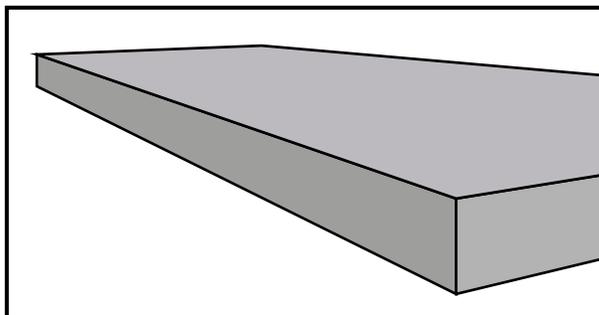


Figura 27. Fuente: Propia.

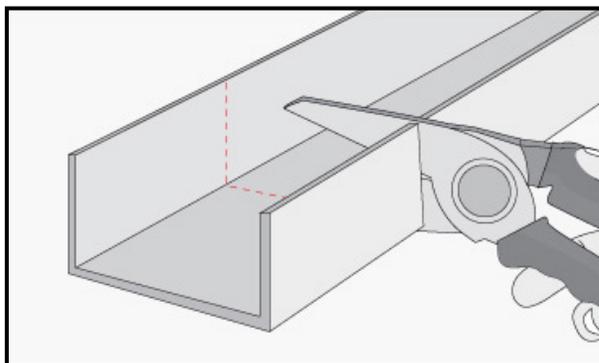


Figura 28. Fuente: Propia.

-Posterior a la perforación del radier se debe limpiar la superficie, colocar la sofera e introducir las varillas de 5/8" cada 60 cm para fijar y anclar nuestras canales base.

-Es de suma importancia recalcar que las varillas de anclaje de 5/8" no deben ser golpeadas ni dobladas para quedar dentro de los trazos definidos en el radier.

-Para iniciar la instalación de los paneles muro debemos partir el montaje con una esquina para rigidizar y facilitar el montaje de estos.

-Se debe posicionar el primer panel que formará la esquina en el lugar donde se desea iniciar la instalación.

Una vez instalado se procede al segundo panel que formará la esquina. No se debe olvidar que en las esquinas los paneles en sus rebajes llevan los perfiles de metalcon de la misma manera que el panel OSB las los pies derechos. Para aislar el núcleo y rigidizar la estructura. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 31.

-Es importante no olvidar colocar para los muros exteriores un forro corta goteras, ya que de no colocarse en caso de lluvia el agua ingresará entre el perfil en U y el panel, causando que el agua pase al interior de la vivienda y se aloje humedad generando hongos por la parte de la base.

-Terminado la colocación de estos dos paneles debemos confirmar que el nivel como el aplomo de estos estén perfectos, si no tenemos esto, todo el montaje a continuación estará mal instalado.

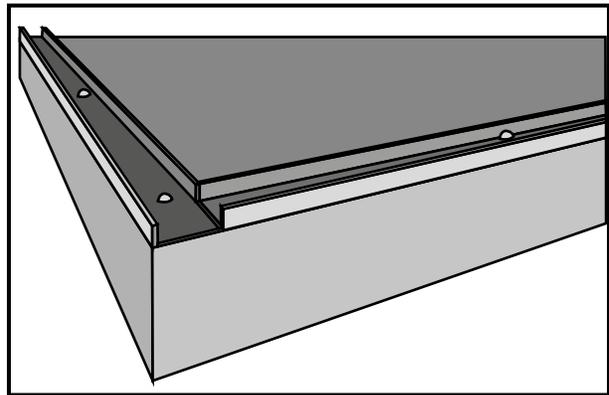


Figura 29. Fuente: Propia.

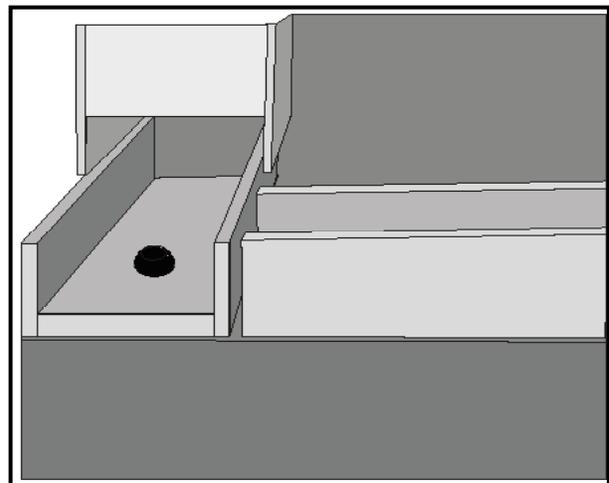


Figura 30. Fuente: Propia.

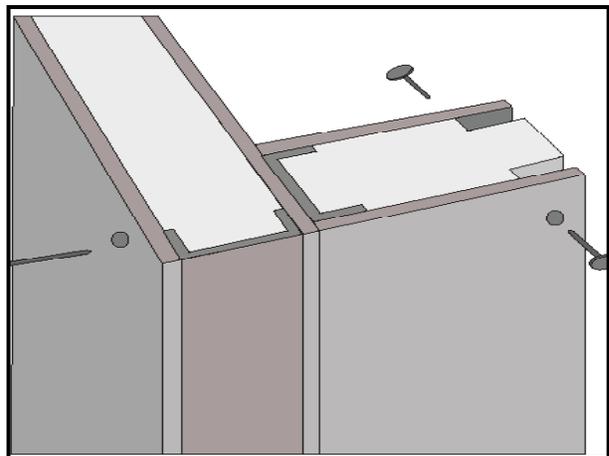


Figura 31. Fuente: Propia.

-Fijaremos los paneles a la solera con tornillos cada 15 cm de distancia uno del otro por el eje de la solera.

-Continuamos con la instalación de paneles contiguos, los cuales se unen unos de otros utilizando clavijas de fibrocemento cortadas de 10cm x 2.44m x 8mm de espesor para ser insertadas en el núcleo de poliestireno en los rebajes que este trae por sus costados. (Figura 32).

-La fijación de las clavijas se realizará mediante la colocación de tornillos de cada 15 cm por el largo del panel y por cada lado este. (Figura 32).

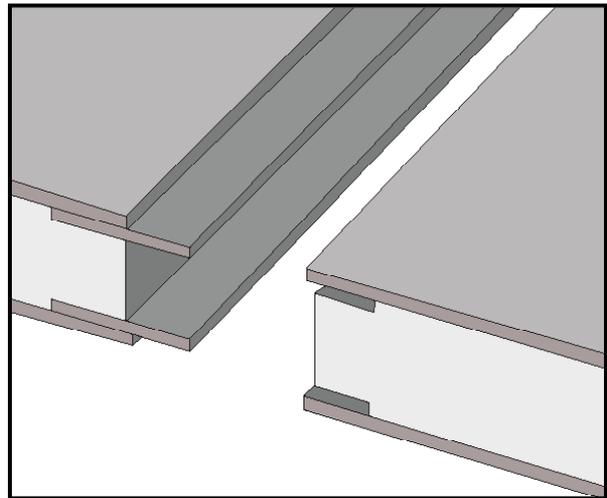


Figura 32. Fuente: Propia.

-Se debe tener claro antes de todo, en que lugares se encontrarán los vanos y dinteles de la vivienda, junto con tener preparados los paneles con sus cortes.

-En caso de encontrarnos con esquinas deberemos colocar el perfil de metalcon dentro de los rebajes de los costados y proceder a realizar el mismo método que en los paneles esquina iniciales, para así realizar cambios de dirección sin problemas, nivelando y aplomando constantemente. (Figura 31).

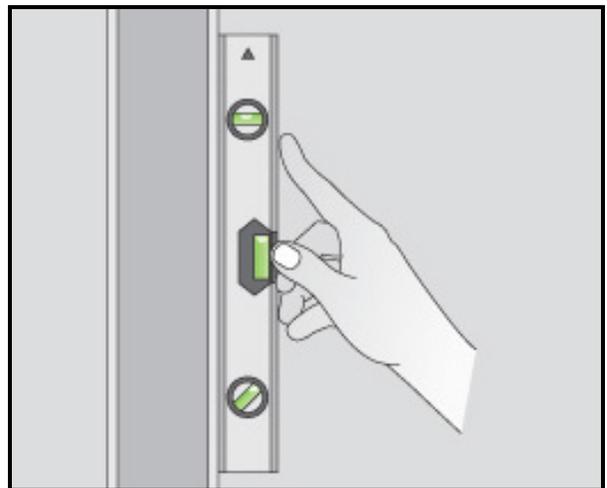


Figura 33. Fuente: Propia.

-Una vez que instalamos todos nuestros paneles muro se procede a instalar la solera superior similar a la que utilizamos por la parte inferior. Así completaremos el perímetro de nuestra vivienda.

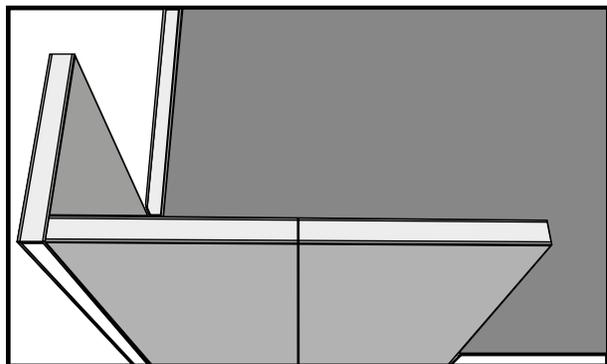


Figura 34. Fuente: Propia.

# INSTALACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS

Para la instalación de ventanas y puertas se realizará de la misma manera que en los demás paneles.

Como se mencionó con anterioridad, existen dos formas:

1) La primera consiste en cortar los paneles con las dimensiones de los espacios según proyecto y fabricar un marco para cubrir el núcleo expuesto, luego colocar el marco de la ventana o puerta y el resto de los elementos.

2) La segunda manera, la cual corresponde al método más usado, es que en los sectores en donde el proyecto lleva vanos, los paneles vienen pre cortados y listos para instalar donde corresponde. Y en los rebajes del núcleo junto con las aletas de fibrocemento sobresalientes se introduce un pre marco cuyas jambas quedan confinadas entre el pre marco del dintel y el pre marco del antepecho para que de esta manera este pueda recibir y distribuir las cargas verticales que más adelante se le aplicarán.

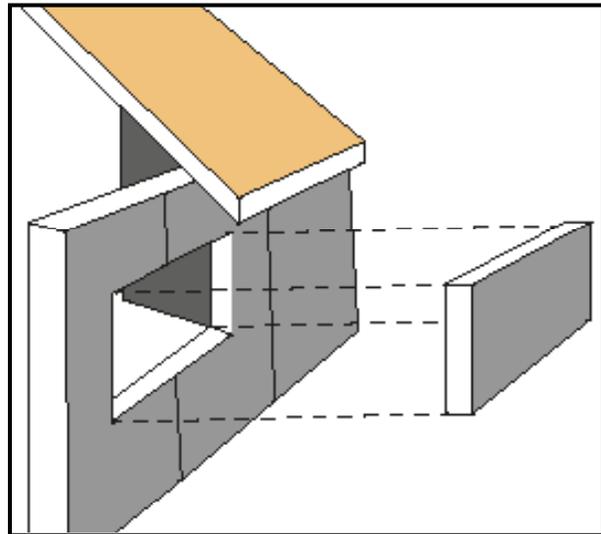


Figura 35. Fuente: Propia.

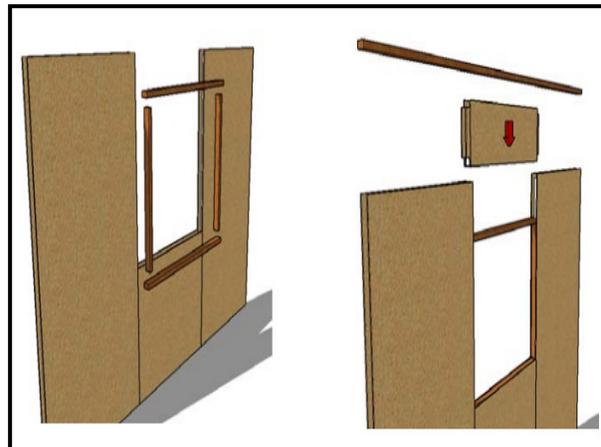


Figura 36. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN DE TECHUMBRE

Dado que el panel SIP de fibrocemento sólo es utilizado como muro, la techumbre de la vivienda deberá ser de otro material.

Sobre los paneles de muro de fibrocemento como solución de cubierta, podemos utilizar cerchas con conectores metálicos galvanizados.

Estas cerchas se apoyarán sobre la solera superior del panel y tal como se muestra en la figura 37, se dispondrá de un conector metálico que une la placa de fibrocemento a la cercha para montar a continuación la cubierta de panel SIP de OSB.

La segunda solución de techumbre corresponde a la de realizar la cubierta en base a tijerales. Estos, de la misma manera que la cercha, se apoyaran sobre la solera superior del panel y con fijaciones de conectores metálicos.

La tercera opción de cubierta es utilizar las cerchas mencionadas en la solución de techumbre 1 y se añadirán costaneras. Sobre estas se colocarán placas de tablero OSB de 11.1 mm de espesor, utilizando clavos de 2 ½” según lo especificado en planos.

Finalmente podemos utilizar la solución de techumbre numero 2, a la cual se le agregarán costaneras que usualmente son de pino aserrado de 45 x 45 mm o 41 x 41 mm cepillada.

la cubierta debe ir rematada con un recubrimiento para no mojar los tableros de OSB.



Figura 37. Fuente: Propia.

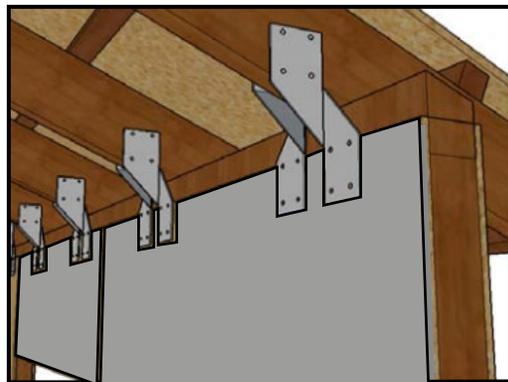


Figura 38. Fuente: Propia.

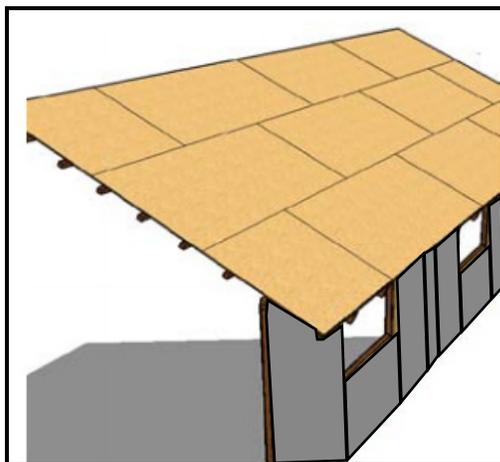


Figura 39. Fuente: Propia.

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como se mencionó anteriormente en las características del panel SIP de OSB, el núcleo de poliestireno lleva canales diseñados para poder realizar instalaciones eléctricas dentro de los paneles.

Estos canales usualmente tienen 25 mm de profundidad hacia el interior del núcleo y 60 mm de ancho, siendo ubicadas a 30 cm de los bordes superiores e inferiores del panel en caso de los canales horizontales y a 30 cm de los bordes verticales del panel en caso de los canales que cubren el alto del panel.

Una vez definidas claramente donde se ubicarán las cajas eléctricas se procederá a abrir el espacio para las cajas, y antes de instalarlas ésta pasar los tubos de PVC que se requieran en el proyecto.

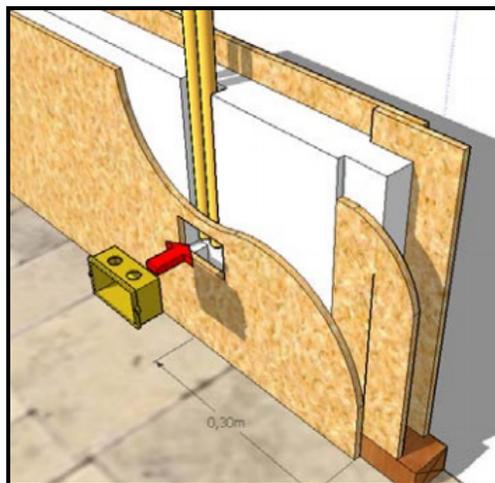


Figura 40. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN AGUA POTABLE, SANITARIA Y GAS

Como se mencionó con anterioridad, el panel SIP de fibrocemento sólo se usa para muros por lo que todas las largas que sean en horizontal pasarán por losa de SIP OSB u otro sistema que se haya determinado para piso o losa de la vivienda.

Las instalaciones de agua potable, alcantarillado y gas no pueden quedar por el interior de los paneles SIP al igual que en los otros tipos de paneles, es por esto que las corridas de agua fría y agua caliente junto con la instalación de gas deben hacerse sobrepuestas al panel.

De igual manera, en el caso del alcantarillado, las largadas en horizontal deberán hacerse sobre o debajo la losa SIP en caso de utilizarse el panel. Por lo que se recomienda en el caso de viviendas de 2 pisos con paneles, que la losa SIP lleve un sobre tabique de revestimiento para esconder la instalación.

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

Zona	Techumbre	Techumbre	Muro	Muro	Piso	Piso
	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W
1	0.84	1.19	4	0.25	3.6	0.28
2	0.6	1.67	3	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.9	0.53	0.7	1.43
4	0.38	2.63	1.7	0.59	0.6	1.67
5	0.33	3.03	1.6	0.63	0.5	2
6	0.28	3.57	1.1	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4	0.6	1.67	0.32	3.13

Tabla 5.

La tabla adjunta corresponde a los parámetros mínimos que deben soportar los elementos de muros, techos y pisos ventilados en las distintas zonas del país de acuerdo a la medición de resistencia térmica total.

Gracias a las placas de fibrocemento, este panel SIP entrega un buen comportamiento a la exposición de temperaturas, logrando satisfacer las necesidades de las zonas más difíciles como es la 6 y 7 con el panel de 78 mm y 108 mm de espesor conforme a la tabla de reglamentación térmica del país que se detalla.

Este panel, como se mencionó con anterioridad se utiliza únicamente de muro por lo que deberá ser acompañado de otro tipo de sistema para completar la totalidad de la vivienda.

# COMPORTAMIENTO ACÚSTICO PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción indica en el punto 4.1.6 título 4, que los elementos constructivos horizontales tales como pisos, deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45 decibels (db) junto con los elementos verticales como muros.

Los elementos constructivos utilizados deben demostrar que cumplen con las exigencias planteadas en el punto anterior mediante el ensayo Nch 2786 especificado en la ISO 717-1 el cual determina el índice de reducción acústica de los elementos verticales y horizontales respectivos, emitido por un laboratorio con inscripción vigente.

El panel SIP de Fibrocemento para materias de ruido exterior, denominado ruido aéreo cumple como elemento constructivo ya que la norma no define parámetros de aislación.

Pero a lo que se refiere utilizar este panel como muro para dividir viviendas que sean parte de un edificio colectivo, o entre unidades de vivienda de edificaciones continuas o pareadas, tiene una aislación desde los 33 (db) hasta 52 (db) dependiendo de la solución de muro que se utilice.

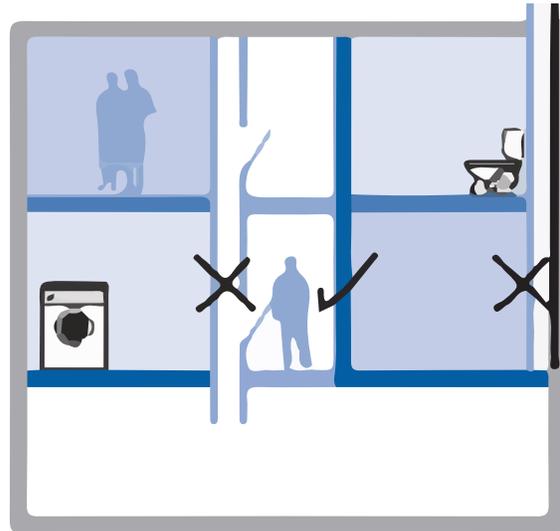


Figura 41. Fuente: Minvu



Figura 42. Fuente: Minvu

Como panel SIP el de fibrocemento es el que mejor aislación logra contra el ruido. Esto es gracias a sus placas que además se utilizan como solución acústica en muchos casos cuando un muro divisorio no alcanza los requerimientos por la normativa.

# RESISTENCIA AL FUEGO

## PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

Los paneles SIP de fibrocemento son calificados con resistencia al fuego de un F-30, lo que quiere decir que ante el fuego soporta igual o más de 30 minutos, pero menos de 60 minutos.

Gracias a las caras de fibrocemento del panel SIP, se posiciona como el mejor panel contra el fuego.

Las placas de fibrocemento tienen la cualidad de que en caso de incendio no generan gases ni llamas. Corresponde a un material incombustible con clasificación "A" en las euroclases, lo que significa que no aporta en el cálculo de carga combustible. No se quema ni desgrana y no genera goteo incandescente.

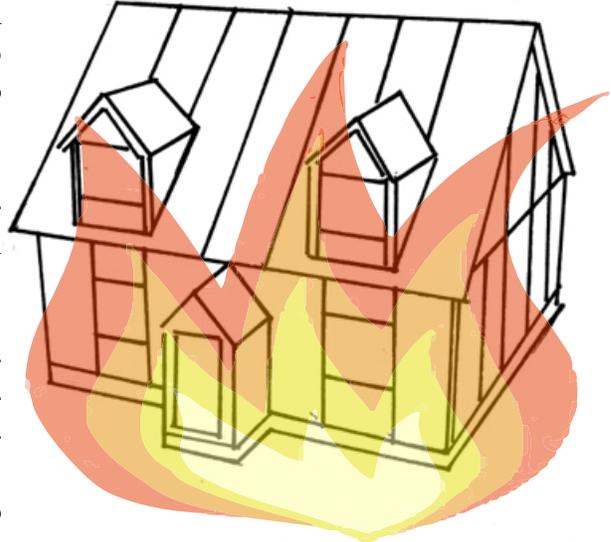


Figura 43. Fuente: Propia.

En caso de un incendio el panel no fallará producto de las placas en los aproximados 30 minutos, sino que el núcleo se desmoronará primero, lo que generará el fallo.

## COMPORTAMIENTO MECÁNICO

### PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

<u>Tipo de carga</u>	<u>Muro Panel SIP de 75mm</u>
Carga Vertical Máxima	2.241 kg/m
Carga Horizontal Máxima	1.136kg/m
Carga Transversal Máxima	94 kg/m

Tabla 6.

El ensayo realizado a este panel de 75 mm fue realizado con placas de fibrocemento de 6 mm y con un núcleo de poliestireno de 63 mm.

# INFORMACIÓN TÉCNICA PANEL SIP FIBROCEMENTO

<u>Información Técnica</u>	<u>Espesores</u>
Espesores Panel	(78-108) mm
Dimensiones en que se vende	(1.22 x 2.44 ) m
Espesores Poliestireno	(56-67-92) mm
Espesores placa Lisa	(8-10-12-15) mm
Espesores placa Ranurada	(6-8)

Tabla 7.

El espesor de las placas y el espesor de los núcleos de poliestireno pueden variar en función de las inclinaciones del fabricante y especificaciones de proyecto.

Los espesores de las placas indicados en la tabla son los espesores entregados por la empresa Pizarreño, con su producto Permanit liso de alto espesor, correspondiente a la placa de fibrocemento con terminación lisa (Figura 44) y Permanit ranurado correspondiente a la placa con terminación texturizada (Figura 45).

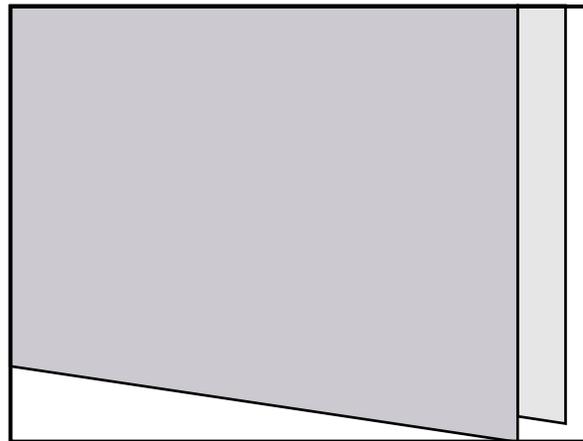


Figura 44. Fuente: Propia.



Figura 45. Fuente: Pizarreño.

## VALORES PANEL SIP DE FIBROCEMENTO

<u>Panel Fibrocemento</u>	<u>Valor</u>
78 mm	\$56.736 + IVA
108 mm	\$60.783 + IVA
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 1 piso	4 UF/m2
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 2 pisos	5 UF/m2

Tabla 8.

## 2.3 PANEL SIP CON SMARTPANEL.

### MATERIALIDAD

La materialidad de este panel consta de un núcleo de poliestireno junto con dos caras de tablero.

A diferencia de los paneles mencionados anteriormente, las caras no son iguales por ambos lados, si no que una de las caras, (la exterior), es de un tablero llamado SmartPanel el cual a diferencia de un tablero OSB normal lleva un recubrimiento que permite que pueda quedar expuesto a la intemperie sin recubrimiento. Siendo adheridas al núcleo con un adhesivo a base de poliuretano de la misma manera que los otros paneles SIP con poliestireno de núcleo.

El núcleo de poliestireno corresponde a un elemento muy ligero y resistente y según la función en la que se utilizará el panel de poliestireno expandido "EPS" (abreviación panel de poliestireno) se determinará la densidad del elemento, variando desde los 15kg/m<sup>3</sup> hasta los 35kg/m<sup>3</sup>. (Imagen 36).

El tablero de SmartPanel corresponde a un tablero con la tecnología OSB con elementos adicionales por una de sus caras que permiten que el panel funcione como revestimiento y a la vez estructure la vivienda. (Figura 45).

El adhesivo para adherir los tableros con el núcleo de poliestireno corresponde a un pegamento a base de poliuretano monocomponente que se calienta para ser aplicado sobre el núcleo.

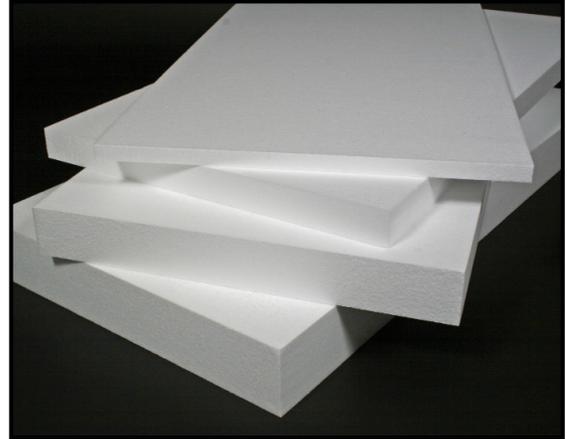


Imagen 36. Fuente: Linquanindustria co. ltd



Figura 45. Fuente:LP Building Projects



Imagen 37. Fuente:LP Building Projects

## CARACTERÍSTICAS

Este panel SIP, como se mencionó en la materialidad, tiene un tablero de OSB y por la otra de sus caras un tablero SmartPanel (nombre comercial que le entrega la empresa LP Buildings Products, principal distribuidor de tableros en Chile). Esto correspondiente a un tablero OSB con un recubrimiento y acabado texturizado por su cara exterior. (La terminación texturizada se aprecia en la imagen 37 del punto anterior.)

El SmartPanel es un tablero OSB que se fabrica con resinas resistentes a la humedad por su cara exterior, además de incorporarle borato de zinc, el cual evita la pudrición del tablero y evita que sea atacado por las termitas.

Con lo anterior tenemos un tablero resistente a las condiciones climáticas y que al incorporarlo como una de las caras nos queda un panel listo para instalar y sin la necesidad de aplicar recubrimientos exteriores.

Este tablero viene con acabado texturizado para entregar un mejor diseño. Además se le puede aplicar pintura de forma inmediata y del color que se desee por tener de terminación un PBO, correspondiente a un film especialmente fabricado para la adherencia de pinturas al agua.

Y en caso de daños al PBO que exponga la fibra del tablero, se deberán sellar con la misma pintura usada para terminaciones y en caso de reparaciones al tablero se recomienda usar masillas de retape acrílicas en base a agua para retape exterior.

El panel SIP con tablero de SmartPanel es el utilizado actualmente por Chile como el sistema para las casas de emergencias que entrega el Estado en acontecimientos de grandes daños. Esto especialmente por su rápida instalación y comportamiento.

La empresa LP mediante ensayos de durabilidad dispone de tableros expuestos a condiciones extremas desde 1995 que hasta el momento no registran ningún daño físico mecánico. Sin embargo analizando las muestras se estableció de que los tableros instalados en 45 grados aceleran el proceso de envejecimiento en 3 veces con respecto a las expuestas en 90 grados. De todas maneras, hasta a fecha sin daños físico-mecánicos.



Imagen 38. Fuente: TecnoPanel.



Imagen 39. Fuente: TecnoPanel.

## VENTAJAS

- Resistencia estructural.
- Resistencia a hongos y termitas.
- Resistencia a la humedad.
- Rápida instalación
- No requiere de revestimientos.
- Gran rendimiento.
- Versátil.

## DESVENTAJAS

-Hay que tener precaución con las esquinas y cantos del panel ya que son delicados y se pueden dañar.

-La utilización del panel como piso de una vivienda presenta riesgos por la densidad, tanto del núcleo como del tablero del panel propiamente tal. Lo anterior se debe al verse sometido a cargas puntuales que jugaran un rol importante para la durabilidad de la vivienda. En consecuencia la utilización de este panel conlleva un riesgo de abollamiento o desprendimiento de su composición no lo hace aconsejable para ser implementado como panel de piso.

# FABRICACIÓN PANEL SIP CON SMARTPANEL

Para la fabricación de un panel SIP con SmartPanel existen dos elementos clave al igual que en los demás paneles.

1) El primer elemento clave corresponde a la aplicación del adhesivo. Este debe ser suministrado de manera homogénea sobre las superficies de contacto entre los tableros de OSB y SmartPanel junto a las caras del panel de poliestireno "EPS".

2) El segundo elemento clave corresponde al prensado del panel. Sin esto el panel no conseguirá una adhesión del 100% entre sus partes, comprometiendo el resultado final de este.

La fabricación del panel SIP se inicia con la colocación del núcleo de poliestireno sobre una banda transportadora, de esta manera el núcleo se desplaza a través de un sistema compuesto por dos rodillos (superior e inferior) que recibe el adhesivo por goteo y lo suministra de manera homogénea.

En la imagen 41 y 42 se observa el proceso de fabricación del panel SIP con SmartPanel en la empresa TecnoPanel.



Imagen 40. Fuente: Propia.



Imagen 41. Fuente: Propia.



Imagen 42. Fuente: Propia.

Las imagen 43 muestra la entrada del núcleo de poliestireno al sistema de rodillos. En este momento el rodillo superior e inferior se encuentran totalmente impregnados con el adhesivo. También se muestra como los rodillos aplican de forma homogénea el adhesivo de poliuretano en caliente.



Imagen 43. Fuente: Propia.

Realizado lo anterior, en la segunda etapa del proceso estará esperando sobre otra banda transportadora una de las caras de tablero OSB. (Imagen 44).

El núcleo de poliestireno con el adhesivo en sus caras, es llevado y colocado sobre el tablero de OSB que se encuentra sobre la banda. (Imagen 45).



Imagen 44. Fuente: Propia.

Debemos recordar que si bien este proceso de fabricación es igual al de panel SIP de OSB, en este caso ya no es el mismo tablero por ambas caras.

Se debe colocar primero el tablero de OSB y a continuación proceder con la instalación del tablero SmartPanel.

En la imagen 45 se muestra el centrado del núcleo con el tablero OSB para su adhesión.

En esta etapa es crucial fijar el núcleo con el tablero de manera correcta ya que sino, se deberá cortar el panel para darle la cuadratura que corresponda o perder el elemento.



Imagen 45. Fuente: Propia.

A continuación, se procederá con la instalación inmediata de la segunda cara de tablero, correspondiente al tablero de SmartPanel. (Imagen 46.)

Al igual que el primer tablero adherido, este debe quedar alineado con el núcleo y el tablero OSB. (Imagen 46.)

Habiendo pegado los elementos, la banda transportadora lleva el panel SIP a través de un sistema de prensado que varía según la inclinación del fabricante



Imagen 46. Fuente: Propia.

En algunos casos será con un mecanismo de rodillos como muestra la imagen 47, pero en otras máquinas se usa una prensa que presiona hacia abajo el conjunto de elementos.

La imagen 47 muestra además el desarrollo del proceso de prensado a través de rodillos en la parte superior e inferior del panel.

Terminado el recorrido de prensado el panel SIP con SmartPanel queda terminado y listo para ser almacenado para sus respectivos proyectos.



Imagen 47. Fuente: Propia.



Imagen 48. Fuente: LP Building Projects.

# MONTAJE PANEL SIP CON SMARTPANEL

-Verificación de niveles de fundación y cuadratura.

-Construcción del radier.

-Instalación de las soleras inferiores sobre los ejes trazados en radier. Estas piezas serán de madera de pino radiata seleccionado con un grado estructural de clasificación visual tipo G-2, humedad controlada al 18% y con dimensiones nominales correspondientes a piezas cepilladas de 2x2 1/2 y 2x3" en los casos más habituales según el espesor del panel seleccionado.

-Para la colocación de soleras inferiores se debe verificar las posiciones en los encuentros esquinas y definir claramente los vanos correspondientes a puertas y vanos que llegan hasta el suelo.

-En caso de que la plataforma sea de radier la fijación de la solera a la base será con varillas de 5/8" con un hilo de largo 12 cm como mínimo y colocadas cada 60 cm.

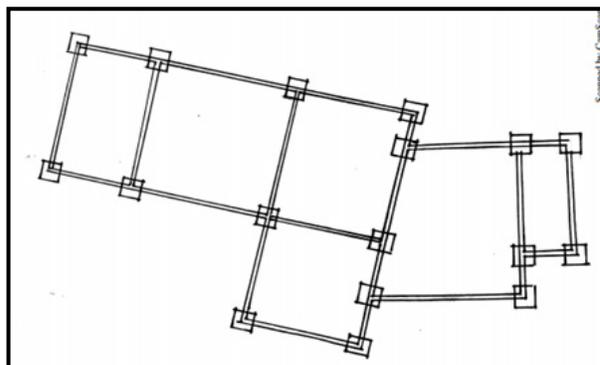


Figura 46. Fuente: Propia.

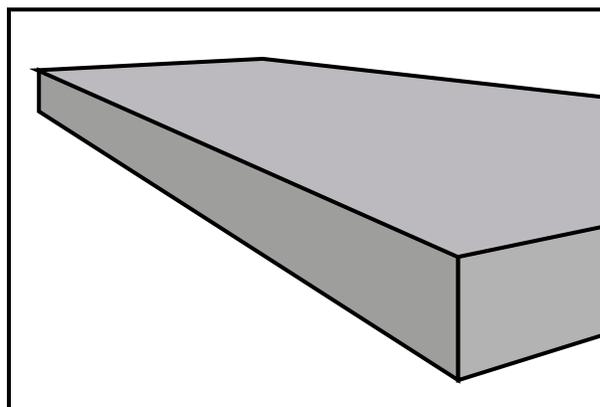


Figura 47. Fuente: Propia.

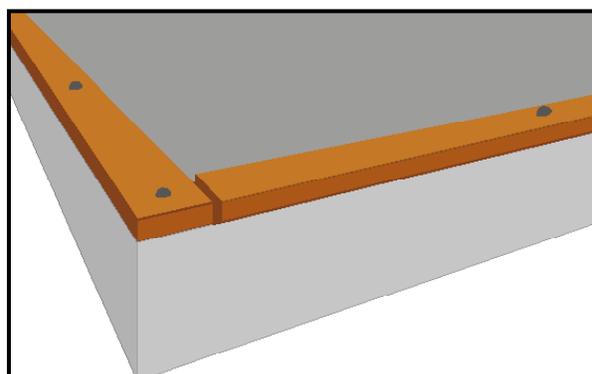


Figura 48. Fuente: Propia.

-Partir el montaje con una esquina para rigidizar y facilitar el montaje de los muros.

-Debemos colocar el primer panel de la esquina sobre la solera. Este se coloca sobre el elemento de madera de la misma manera que en panel SIP de OSB. (Imagen 49).

-Luego se debe levantar el segundo panel esquina sobre la solera.

-Verificar cuadratura con escuadra a todo lo alto de los paneles para confirmar ángulo de 90.

-Fijación del encuentro de los paneles con tornillos, en la esquina, los tornillos deben tomar hasta el pie derecho del otro como muestra la figura 50.

-Una vez fijada la esquina se procede a instalar los paneles de muro. (Figura 51)

-En el caso de los muros perimetrales es recomendable instalar un sello de humedad de espuma de poliuretano bituminoso o similar, o bien una pieza corta gotera para frenar el paso de agua hacia el interior de la vivienda.

El paso de esta provocaría que el OSB interior se humedeciera y genere hongos.

-Para la unión de los paneles en línea, se utilizan unas lengüetas correspondientes a piezas de panel OSB cortadas en 100 x 9.5 x 2300 mm y se ubica a lo largo del panel y por ambos lados como muestra la figura 51.

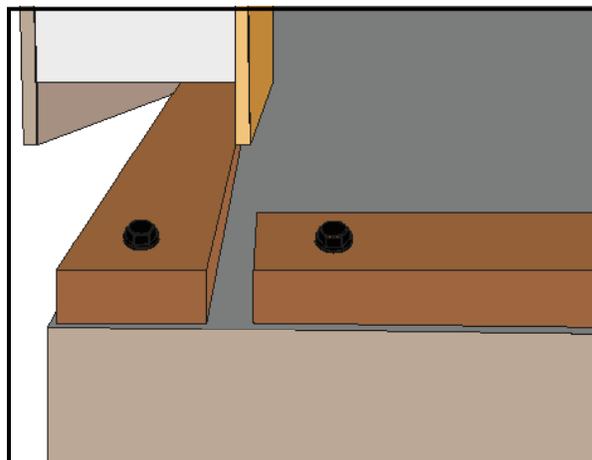


Figura 49. Fuente: Propia.

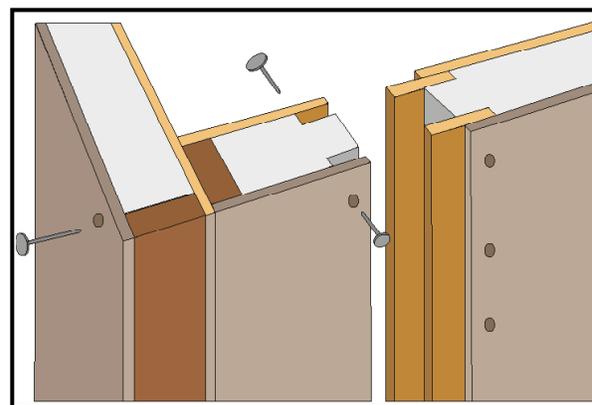


Figura 50. Fuente: Propia.

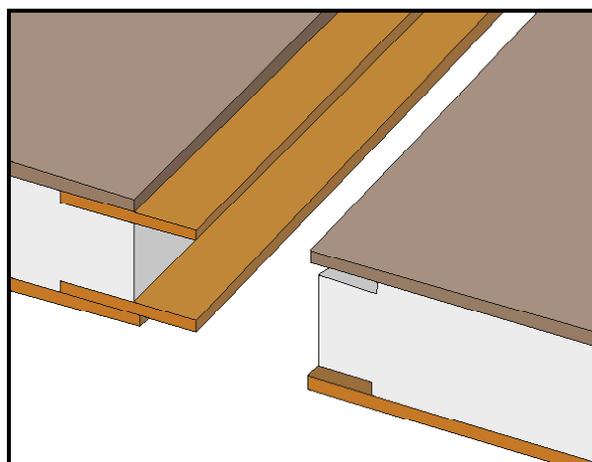


Figura 51. Fuente: Propia.

-Finalizada la instalación de los paneles de muro, se procede a instalar la solera superior que corresponde a una pieza de madera igual a la solera inferior que se encarga de cuadrar y fijar la longitud total formada por los paneles muro.

-Para la unión panel con panel cuando se reemplaza la cara de OSB por SmartPanel, se debe tener conocimiento que por la cara exterior el tablero llevará rebajes en sus esquinas para realizar la continuidad del modulo y a la vez se realice un traslapeo entre las caras de SmartPanel. (Imagen 54).

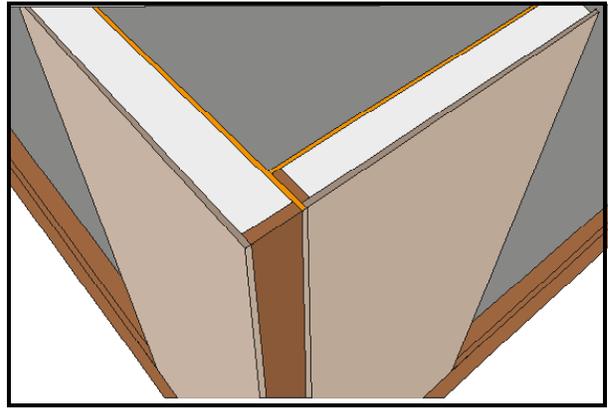


Figura 52. Fuente: Propia.

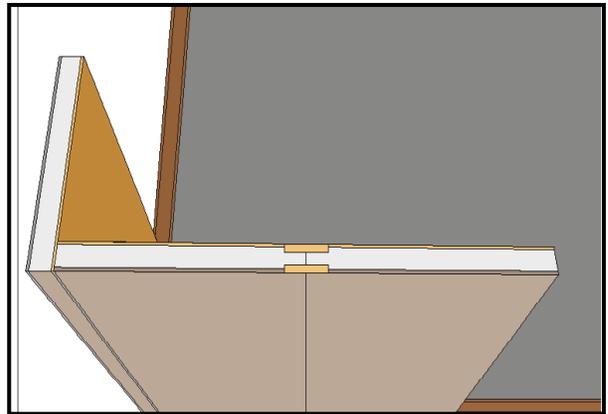


Figura 53. Fuente: Propia.

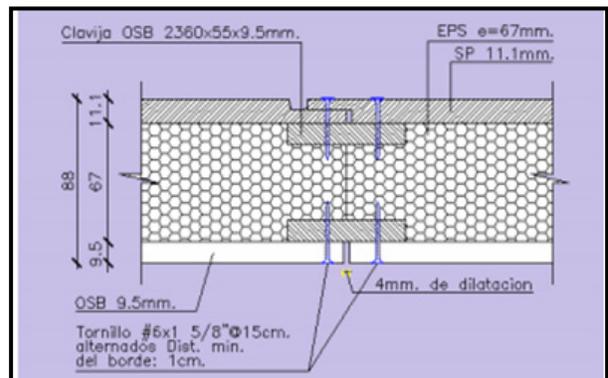


Figura 54. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS

Para la instalación de ventanas y puertas se realizará de la misma manera que en los demás paneles.

Como se mencionó con anterioridad, existen 2 formas:

1) Primero se deben cortar los paneles con las dimensiones de los espacios según proyecto y fabricar un marco para cubrir el núcleo expuesto. Luego colocar el marco de la ventana o puerta y el resto de los elementos.

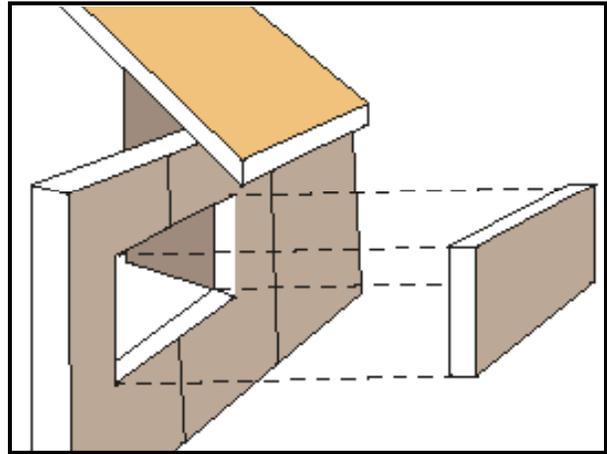


Figura 55. Fuente: Propia.

2) La segunda manera (correspondiente al método más usado) es que en los sectores donde el proyecto lleva vanos, los paneles vienen pre cortados y listos para instalar donde corresponde. En los rebajes del núcleo junto con las aletas de tablero OSB sobresalientes se introduce un pre marco de pino radiata de 41 x 54 mm cuyas jambas quedan confinadas entre el pre marco del dintel y el pre marco del antepecho, para que de esta manera este pueda recibir y distribuir las cargas verticales que más adelante se le apliquen.

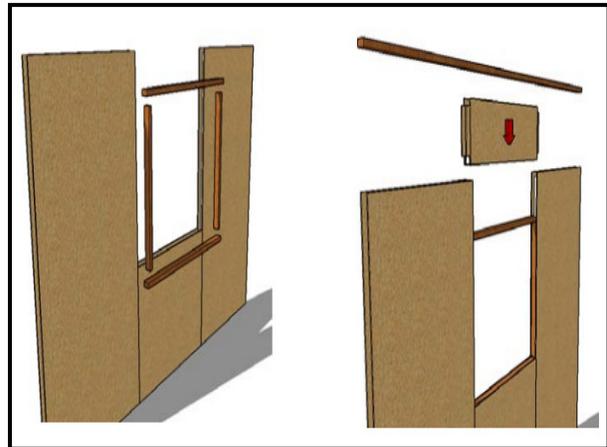


Figura 56. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN DE TECHUMBRE

Antes de comenzar es importante destacar que la techumbre se puede realizar de distintas maneras en función del proyecto utilizando cerchas, tijerales y planchas entre otros elementos.

-En primer lugar se preparan los paneles de techumbre a nivel de terreno para incorporar las fijaciones previas y facilitar la instalación.

-Es recomendable utilizar cerchas de madera prefabricada con conectores metálicos de metal galvanizado. Las cerchas se apoyarán sobre las soleras superiores de panel de muro con el distanciamiento señalado en los planos correspondientes para luego colocar los paneles de techumbre sobre éstas.

-En el caso de utilizar cubiertas en base a los paneles SIP sin cerchas, hay que lograr que el punto de contacto entre los paneles de la techumbre con la solera superior sean perfectos, por lo que se sugiere que en estos casos, la solera superior lleve un rebaje para lograr el ángulo que formará el panel de techo y obtener una superficie de contacto total entre la solera y el panel.

-En términos estructurales al no llevar cerchas para el apoyo de los paneles se usarán costaneras para rigidizar la estructura de techo.

-Terminada la colocación se procede a instalar el recubrimiento de techo utilizándose comúnmente planchas metálicas para resguardar al panel ante la



Figura 57. Fuente: TecnoPanel.

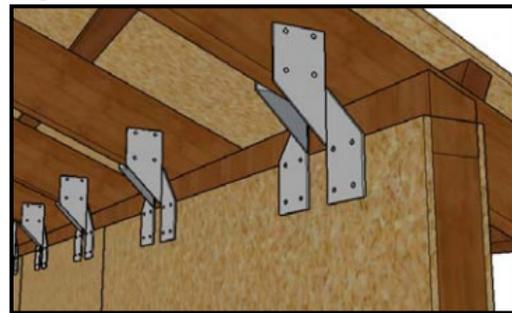


Figura 58. Fuente: TecnoPanel.

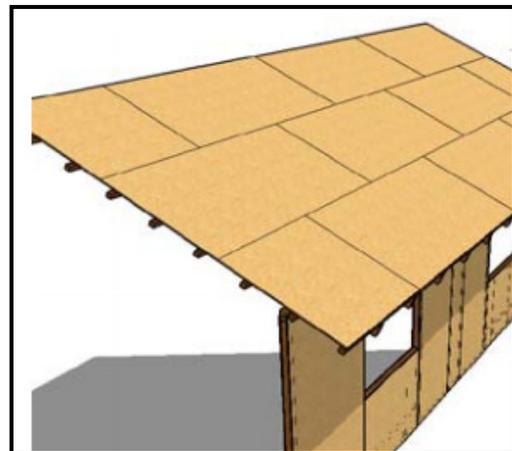


Figura 59. Fuente: TecnoPanel.

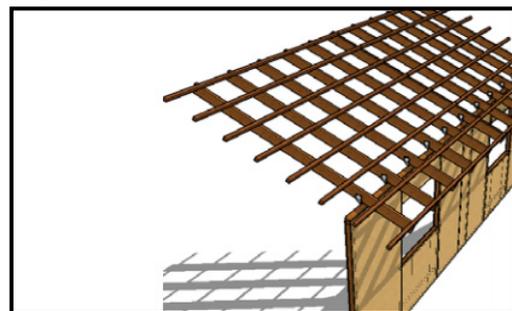


Figura 60. Fuente: TecnoPanel.

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como se mencionó anterior mente en las características del panel SIP de OSB, el núcleo de poliestireno lleva canales diseñados para poder realizar instalaciones eléctricas dentro de los paneles.

Estos canales usualmente tienen 25 mm de profundidad hacia el interior del núcleo y 60 mm de ancho, siendo ubicados a 30 cm de los bordes superiores e inferiores del panel en caso de los canales horizontales y a 30 cm de los bordes verticales del panel en caso de los canales que cubren el alto del panel.

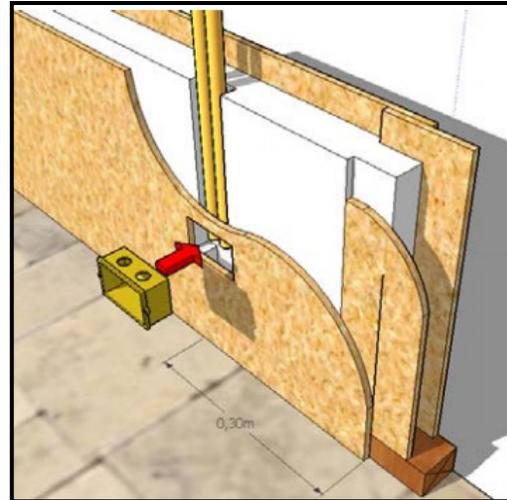


Figura 61. Fuente: TecnoPanel.

Una vez definidas claramente donde se ubicarán las cajas eléctricas se procederá a abrir el espacio para las cajas e introducir los tubos de PVC que se requieran en el proyecto.

## INSTALACIONES AGUA POTABLE, SANITARIA Y GAS

Para el caso referente a las instalaciones de agua potable, alcantarillado y gas, estas no pueden quedar por el interior de los paneles SIP por la falta de espacio. Las corridas de agua fría y caliente junto con la instalación de gas, deben hacerse sobrepuestas al panel.

De igual manera, en el caso del alcantarillado, las largadas en horizontal deberán hacerse sobre o debajo la losa SIP, por lo que se recomienda en el caso de viviendas de 2 pisos con paneles que la losa SIP lleve un sobre tabique de revestimiento para esconder la instalación. Este se utiliza tanto para cubrir las corridas de instalaciones en horizontal como en vertical.

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO PANEL SIP CON SMARTPANEL

Las exigencias presentadas en la tabla a continuación dadas por la normativa térmica en Chile, serán aplicables sólo a los muros o tabiques estructurales y no estructurales que limiten los espacios interiores de la vivienda con el exterior sumado a la techumbre y pisos ventilados.

Zona	Techum- bre	Techum- bre	Muro	Muro	Piso	Piso
	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W
1	0.84	1.19	4	0.25	3.6	0.28
2	0.6	1.67	3	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.9	0.53	0.7	1.43
4	0.38	2.63	1.7	0.59	0.6	1.67
5	0.33	3.03	1.6	0.63	0.5	2
6	0.28	3.57	1.1	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4	0.6	1.67	0.32	3.13

Tabla 9.

La tabla adjunta corresponde a los parámetros mínimos que deben soportar los elementos de muros, techos y pisos ventilados en las distintas zonas del país de acuerdo a la medición de resistencia térmica total.

Dicho lo anterior, el panel SIP de OSB cumple en materia de muros con todas las zonas del país, desde 1 a la 7 con resistencia térmica de 1.752 m<sup>2</sup>k/W con el panel de 75 mm. Si uno deseara aún más aislación en los muros, se pueden alcanzar hasta 5.176 m<sup>2</sup>k/W con el panel de 210 mm de espesor, sin ayuda de recubrimientos de aislación térmica adicionales.

En materia de techumbre se podría utilizar sin elementos de solución aislante el panel de 75mm hasta la zona 2 del país, donde deberemos aumentar a un espesor de 114 para la zona 3 y 4 finalizando con un panel de 200 mm para zonas 5, 6 y 7.

En piso podríamos usar el panel de 75 mm hasta zona 3, luego 96 mm de espesor para cubrir hasta la zona 5, finalizando con el de 150 mm de espesor para las zonas 6 y 7 del país.



# RESISTENCIA AL FUEGO PANEL SIP CON SMARTPANEL

Los paneles SIP SMARTPANEL son calificados con resistencia al fuego de un F-15, lo que quiere decir que ante el fuego soporta igual o más a 15 minutos, pero menos de 30 minutos. Este valor puede variar, ya que la clasificación está dada contando el panel SIP sin un recubrimiento adicional.

De la misma manera que el panel OSB, éste si se ve atacado por un incendio, los ocupantes tienen 15 minutos para evacuar como máximo.

Cabe destacar que un elemento adicional al panel como una placa yeso cartón de 10mm el panel aumentara su resistencia de F-15 a F-30.

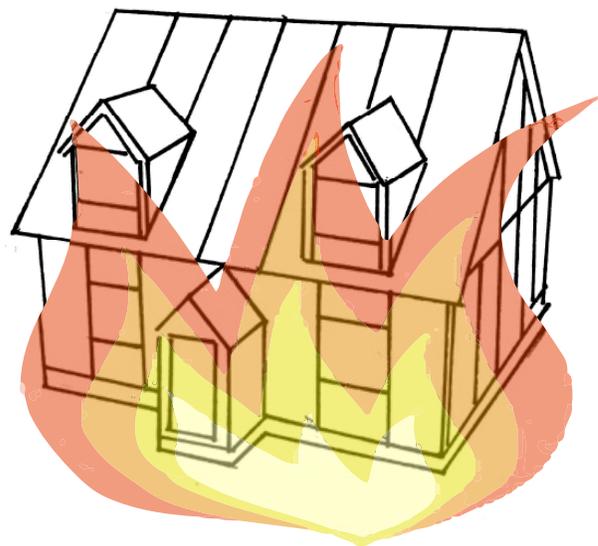


Figura 64. Fuente: Propia.

# COMPORTAMIENTO MECÁNICO PA- NEL SIP CON SMARTPANEL

<u>Tipo de carga</u>	75 mm	100 mm	160 mm
Carga Vertical Máx.	4.500 kg/m	12.600 kg/m	17.869 kg/m
Carga Horizontal Máx.	1.800 kg/m	3.700 kg/m	5.082 kg/m
Carga Transversal Máx.	190 kg/m	550 kg/m	2.359 kg/m

Tabla 10.

### Carga Vertical Máxima:

Corresponde al peso máximo para la que fue diseñado el elemento utilizado de manera vertical y que bajo ningún motivo puede ser superado ya que la estructura no resistiría.

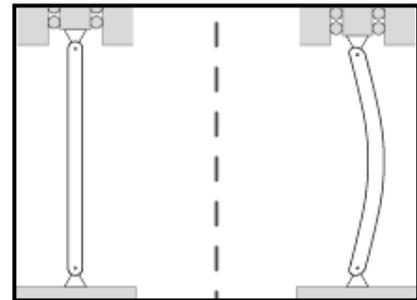


Figura 65. Fuente: Wikipedia.

### Carga Horizontal Máxima:

Corresponde al peso máximo para la que fue diseñado el elemento utilizado de manera horizontal y que de ser superado la estructura no resistirá.

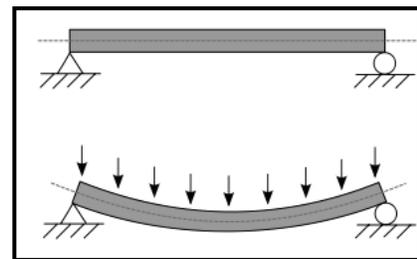


Figura 66. Fuente: Wikipedia.

### Carga Transversal Máxima:

Corresponde a la carga que se aplica al elemento en forma perpendicular al eje longitudinal del elemento, esto provoca el fenómeno denominado corte.

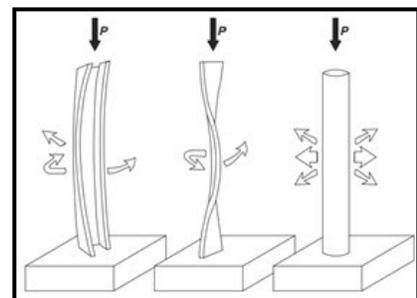


Figura 67. Fuente: Acerosymaderas.blogspot.cl

# INFORMACIÓN TÉCNICA PANEL SIP CON SMARTPANEL

<u>Información Técnica</u>	<u>Espesores</u>
Espesores Panel	(77-78-88-89-111-114) mm
Dimensiones en que se vende	(1.22 x 2.44 ) m
Espesores Poliestireno	(56-67-92) mm
Espesores Tableros OSB	(9.5-11.1) mm
Espesores tableros SmartPanel	(11.1) mm

Tabla 11.

Para la elaboración de los paneles de SmartPanel, el tablero de OSB podrá variar de 9.5 a 11.1 mm de espesor, pero en el caso de tablero SmartPanel tenemos un único espesor de 11.1mm.

Es por lo anterior que el panel varia entre 77-78 mm de espesor con núcleo de 56mm. En otro caso sería de 88-89 mm de espesor con núcleo de 67 y 111-114 mm con núcleo de 92mm.

## VALOR PANEL SIP SMARTPANEL

<u>Panel SIP SmartPanel</u>	<u>Valores</u>
77 mm	\$48.233 + IVA
88 mm	\$50.492 + IVA
114 mm	\$53.864 + IVA
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 1 piso.	3 UF/m2
Valor UF/m2 de construcción incluyendo componentes para viviendas de 2 pisos.	4 UF/m2

Tabla 12.

## 2.4 PANEL SIP CON CARAS METÁLICAS.

### MATERIALIDAD

La materialidad de este panel consta de un núcleo de poliestireno, unida mediante un adhesivo de base de poliuretano a dos caras metálicas.

El núcleo de poliestireno corresponde a un elemento muy ligero y resistente, y según la función en la que se utilizará el panel de poliestireno expandido "EPS" (abreviación panel de poliestireno), se determinará la densidad del elemento, variando desde los 15 kg/m<sup>3</sup> los 35 kg/m<sup>3</sup>. Cuando hablamos de 15 a 35 kg/m<sup>3</sup> se refiere a la concentración de la cantidad de poliestireno por cada m<sup>3</sup> de panel "EPS".

Las caras metálicas corresponden a láminas de acero galvanizadas en aluzinc y pre-pintadas provenientes de una bobina (Imagen 50).

El adhesivo es un pegamento a base de poliuretano monocomponente que se calienta para ser aplicado sobre el núcleo de poliestireno seca rápidamente logrando en pocos segundos una adherencia de las piezas de alta resistencia.



Figura 67. Fuente: Danica.



Imagen 49. Fuente: Linquanindustria co. ltd



Imagen 50. Fuente: fd-formmachine.es

# CARACTERÍSTICAS

Actualmente, el panel SIP con caras metálicas es utilizado en la construcción de cámaras frigoríficas para almacenar distinto tipo de elementos. Además se utiliza por las industrias como revestimiento de galpón en las elevación y como solución de cubierta.

Si bien el mayor uso que se le da es para el sector industrial, sirve también como sistema de construcción para la vivienda.



Imagen 51. Fuente: Acero Color.

Hoy en día el conocimiento en base al panel SIP Metálico es reducido para muchos, pero es el único panel SIP que uno puede encontrar instalado en todas las zonas del país con más de 20 años sin presentar deterioros, ofreciendo un comportamiento excelente a todo tipo de clima.

Existe además el concepto erróneo de que este panel no es estructural lo que genera inseguridad en muchos al momento de considerarlo como elemento de vivienda.

La razón de esta equivocación es que en los ensayos mecánicos realizados para testear el elemento se realizan a un solo panel, cuando el ensayo debería ser realizado al módulo generado por las uniones panel-panel junto con las soleras inferiores y superiores de perfil, que se encargan de generar un elemento constructivo con excelentes características, sobre todo si pensamos en la vivienda económica.

En la imagen 51 se muestra la resistencia de un panel en horizontal con apoyos de 3 m entre cada uno y este panel mide 10 m de longitud.

Este panel SIP varía entre los 50 mm hasta los 150 mm de espesor para la construcción de viviendas y su ancho es de 1.13 m, correspondiente al ancho de la placa en la bobina. Con este panel se pueden llegar a generar longitudes de mas de 6 metros gracias a que el proceso de fabricación es en línea continua, a diferencia de los otros paneles que se fabrican por unidad de panel. En este caso es un solo panel que se corta para dividir los elementos.

El panel SIP de 50mm inicia con un peso de 36.12 kg y asciende a medida que el espesor del núcleo va a aumentando.

Para unir estos paneles se utilizan 2 sistemas:

1)El primero, llamado traslapo (figura 68) el cual en el caso de la techumbre consiste en sobreponer el perfilado de la placa metálica sobre el perfilado de la placa continua para así fusionar los elementos evitando el paso de agua lluvias.(Y en el caso de los paneles con placas sin perfilado, el traslapo se realiza como indica la imagen 52.)

2)El segundo sistema se denomina finger joint, el cual consiste en un traslapo interno en el poliestireno en una figura de ondulaciones pequeñas. Este sistema se utiliza para la unión de panel-panel evitando de esta manera la circulación de aire por la junta de los paneles. Esto ayuda a realizar una hermeticidad completa. (Figuras 69 y 70.) Uno de los beneficios de este panel recae en que no necesita recubrimiento exterior ya que la bobina viene con un recubrimiento de aluzinc, correspondiente a una galvanización de una mezcla de zinc con un porcentaje de aluminio que adicionalmente se le agrega un recubrimiento de pintura, protegiendo de esta manera el metal de la oxidación.

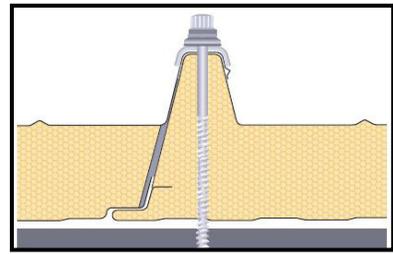


Figura 68. Fuente: Panelsand

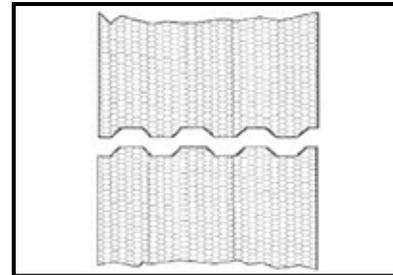


Figura 69. Fuente: Danica.

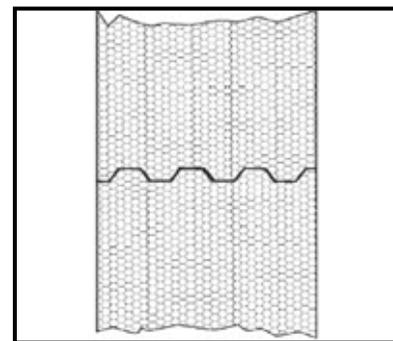


Figura 70. Fuente: Danica.

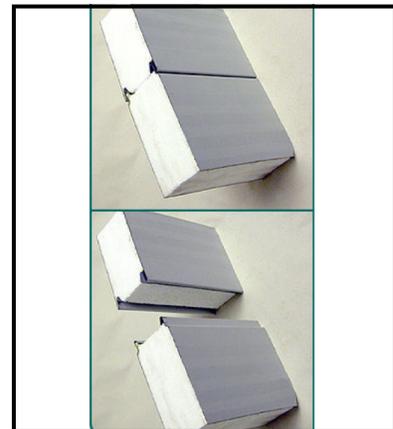


Imagen 52. Fuente: Superfrigo.

Las pinturas empleadas en estos recubrimientos de la bobina están compuestas por resinas que tienen propiedades anticorrosivas que permiten obtener una durabilidad del panel por sobre los 30 años.

Ahora bien, cuando se emplea la palabra durabilidad nos referimos a la mantención sin alteración de los pigmentos que van en las resinas de la pintura.

La intensidad del color puede bajar mínimamente con el pasar del tiempo, pero la pintura en sí mismo va a permanecer correctamente adherida al acero de por vida.

Lo anterior deja al panel inmediatamente preparado para exponerse ante agentes climáticos de todo tipo sin presentar falencias como lo es con el fibrocemento, que se humedece la placa sin recubrimiento impermeabilizante o el tablero OSB que termina descomponiéndose por la humedad.

Sumado a lo anterior, el hecho de que el panel se haga a partir de acero pre pintado da la posibilidad de entregar distintos colores como se observa en la figura 71.

Estos paneles al igual que los de OSB pueden usarse como piso ventilado, muro y techumbre lo que permite construir un proyecto de vivienda en su totalidad con el elemento.

En el caso de emplearse como cubierta de techumbre, la longitud del panel puede variar sobre los 10 metros conforme a las necesidades del proyecto.



Figura 71. Fuente: Roofingcalc

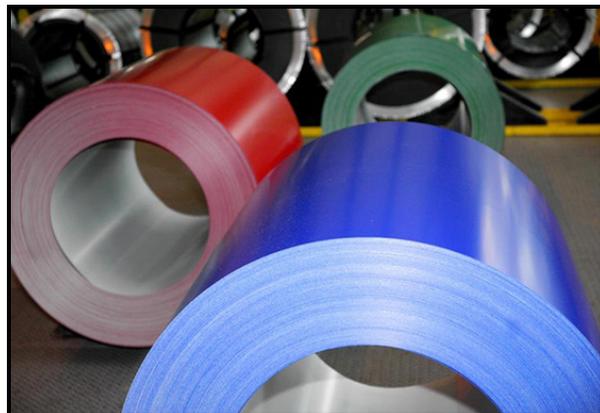


Imagen 53. Fuente: Lentaupakovka.



Imagen 54. Fuente: Danica.

## VENTAJAS

- El elemento se fabrica en línea continua.
- El material de acero permite su exposición a cualquier tipo de clima.
- No necesita recubrimiento exterior.
- Es estructural.
- Fabricación de alta productividad.
- Fácil traslado.
- Liviano.
- Las personas pueden levantar el panel sin problemas.
- Condición sísmica favorable.
- Excelente comportamiento ante lluvia y nieve.
- Fácil montaje.

## DESVENTAJAS

-Mal comportamiento ante el fuego.

-La dilatación y constricción del acero es muy violenta con los cambios de temperatura durante el día y la noche lo que provoca en el tiempo una disminución de la adherencia entre el adhesivo de poliuretano y los elementos

-La utilización del panel como piso de una vivienda presenta riesgos de deformación y abollamiento en la cara superior. Sumado a lo anterior y dado que este panel al igual que los otros posee núcleo de poliestireno su densidad funciona de forma adversa a la pretensión de durabilidad del piso en la vivienda por deterioro a consecuencia de las cargas puntuales mas que uniformemente repartidas.

# FABRICACIÓN PANEL SIP METÁLICO

Para comenzar con la fabricación del panel SIP Metálico deberemos colocar en el comienzo de la máquina dos rollos de acero pre pintado, uno por la parte inferior y otro por la parte superior de la máquina.

La imagen 55 muestra el rollo metálico en su posición.

Una vez iniciado el proceso de fabricación, se inserta el núcleo de poliestireno el cual comienza a moverse por la banda transportadora.

La banda transportadora por sus costados tiene unos rodillos dentados que inmediatamente antes de la adhesión de las placas metálicas realiza un rebaje al núcleo, dejándolo por sus costados con el diseño de finger joint para favorecer las uniones panel-panel. Lo que se puede observar en la imagen 56.

Mientras lo anterior ocurre, a las placas metálicas se le está agregando el adhesivo por sistema por goteo como muestra la imagen 57. Tanto la placa superior como inferior quedan impregnadas con el pegamento distribuido homogéneamente en su superficie.

La imagen 57 muestra la aplicación del adhesivo en la placa inferior.



Imagen 55. Fuente: Propia.

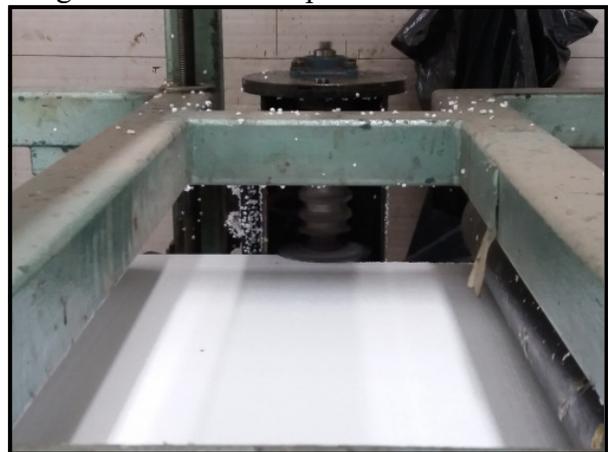


Imagen 56. Fuente: Propia.



Imagen 57. Fuente: Propia.

La Figura 58 muestra la aplicación del adhesivo sobre la placa superior.

Ya teniendo el adhesivo en las placas más el rebaje de finger joint en el núcleo por los costados, este proceso continuo y a velocidad determinada va desenrollando los rollos metálicos y al mismo tiempo desplazando el núcleo introduciéndole entre las placas.

En las imagen 59 se aprecia el proceso en su estación principal.

Esta etapa en la más importante y debe ser realizada con la maquinaria perfectamente ajustada ya que la mínima desviación en alguno de los elementos provocaría que las adhesiones del núcleo con las caras metálicas queden incorrectas.

En la imagen 60 se puede apreciar el detalle de la adhesión de las placas al núcleo de poliestireno. Sumado a lo anterior podemos observar lo relevante de la aplicación del adhesivo en las placas, ya que si estas tuvieran espacios sin cubrir el panel quedaría con huecos en el interior. De producirse esto se comprometería su durabilidad.



Imagen 58. Fuente: Propia.



Imagen 59. Fuente: Propia.



Imagen 60. Fuente: Propia.

Con lo anterior ya resuelto, procedemos a la etapa final de la fabricación de nuestro panel. Este entra a un sistema de prensado realizado por rodillos que se observan en las imágenes 61 y 62, los cuales están ubicados tanto por la parte superior como inferior de la línea. Esto asegura en un 100% el pegado.

La imagen 62 muestra la acción de los rodillos en las placas metálicas recién adheridas al núcleo de poliestireno.

Una vez finalizado el prensado realizado por los rodillos, se procede a cortar el panel en línea que se formó. Este panel a diferencia de los otros no se realiza inmediatamente como elemento independiente, sino que al ser fabricados a partir de dos rollos, estos no se detienen hasta acabar de desenrollar la bobina, por lo que se introduce núcleo tras núcleo generando un solo panel muy largo.

En la imagen 63 se observa la sierra que recorre el panel a lo ancho cortando el elemento de panel SIP requerido para el proyecto específico.

Finalizado el corte, el panel pasa a la última etapa, en donde se remata el corte hecho al poliestireno con un alambre caliente.

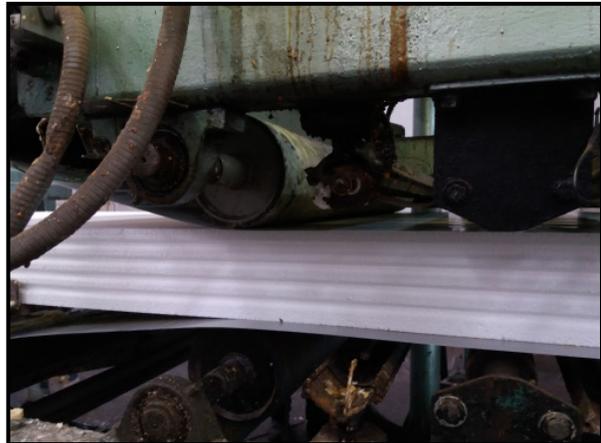


Imagen 61. Fuente: Propia.



Imagen 62. Fuente: Propia.

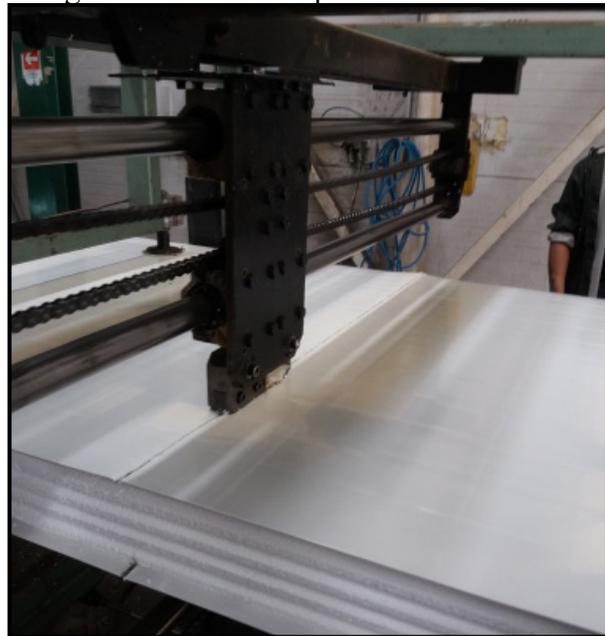


Imagen 63. Fuente: Propia.

-En la imagen 64 se puede observar el alambre. Este baja recorriendo el espesor del panel rematando la terminación del núcleo.

(Imagen 65.)

Con lo anterior, el panel queda terminado y listo para ser transportado a su lugar de destino.

Como se mencionó con anterioridad, este sistema de fabricación es en línea, es decir que es un solo panel de gran longitud que en las estaciones finales del proceso de fabricación es cortado en función de las especificaciones del proyecto.

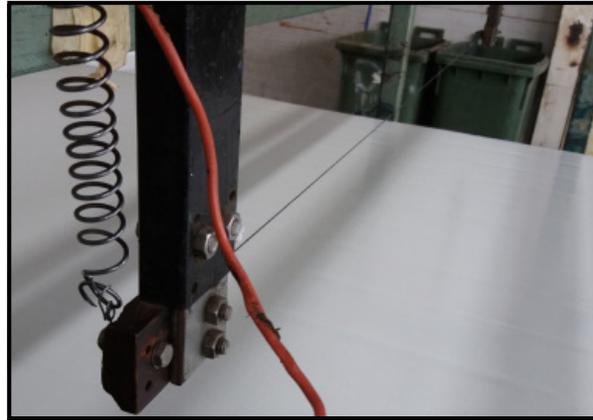


Imagen 64. Fuente: Propia.

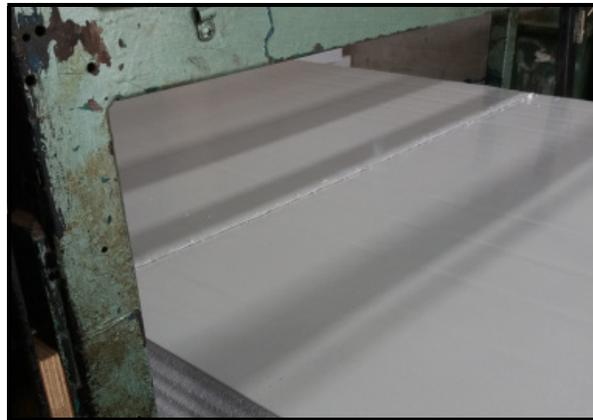


Imagen 65. Fuente: Propia.



Imagen 66. Fuente: Propia.

# MONTAJE PANEL SIP METÁLICO

-Verificación de niveles de fundación, radier y cuadratura.

-Se instala una solera inferior, la cual corresponde a un perfil en forma de C de 1.2 a 1.5mm de espesor con fijación al radier con clavos hilti.

-Se debe comenzar el montaje por una esquina para rigidizar y facilitar el montaje de los muros.

-Posicionar el primer panel de la esquina sobre la plataforma para definir un punto de partida.

-Es necesario levantar el panel sobre la solera y luego hacer lo mismo con el otro antes de fijar los elementos.

-Verificar cuadratura con escuadra a todo lo alto de los paneles para confirmar ángulo de 90°.

-Fijación del encuentro de los paneles con remaches pop.

-Una vez fijada la esquina se procede a instalar los paneles de muro.

-Para la unión de los paneles en línea, se utiliza el método de finger joint junto al traslapeo indicado anteriormente en las figuras 68, 69, 70 y en la imagen 52.



Imagen 66. Fuente: Acero Color.



Imagen 67. Fuente: Acero Color.



Imagen 68. Fuente: Acero Color.

-Instalación de los paneles de muro.

-Es de suma importancia agregar una pieza corta gotera entre panel y solera.

-Al ser la solera de un perfil en C, en el cual se introduzca el panel metálico, se genera un espacio milimétrico entre panel y solera que ante humedad y lluvia da la posibilidad de que el agua pase entre los elementos lo que rompería la hermeticidad de la vivienda.



Imagen 69. Fuente: Acero Color.

-Como se observa en las imágenes, el proceso de montaje es simple y puede ser efectuada con un grupo pequeño de maestros.

-Terminado el cierre perimetral de la vivienda se procede a la instalación de los paneles interiores.



Imagen 70. Fuente: Acero Color.



Imagen 71. Fuente: Acero Color.

# INSTALACIÓN DE TECHUMBRE

-Finalmente se instala la solera superior que reafirma y rigidiza la estructura de muros en su totalidad.(imagen 72.)



Imagen 72. Fuente: Acero Color.

-Procedemos a continuación con la instalación de la techumbre ubicando los paneles sobre los paneles muro.



Imagen 73. Fuente: Acero Color.

-Estos son fijados y atornillados a los paneles muro formando un solo elemento.



Imagen 74. Fuente: Acero Color.

# INSTALACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS

-Luego de las instalaciones principales, se realizan los cortes de ventanas y puertas en el panel.(Imagen 75)



Imagen 75. Fuente: Acero Color.

-En la imagen 76 se muestra como el trabajador una vez terminado el corte extrae el elemento.



Imagen 76. Fuente: Acero Color.

-Se instala la ventana la cual puede tener como material de marco cualquiera que se venda en el mercado, desde perfil de aluminio hasta termo paneles. (Imagen 77.)



Imagen 77. Fuente: Acero Color.

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como se mencionó anteriormente en las características del panel SIP de OSB, el núcleo de poliestireno lleva canales diseñados para poder realizar instalaciones eléctricas dentro de los paneles.

Estos canales usualmente tienen 25 mm de profundidad hacia el interior del núcleo y 60 mm de ancho, siendo ubicados a 30 cm de los bordes superiores e inferiores del panel en caso de los canales horizontales y a 30 cm de los bordes verticales del panel en caso de los canales que cubren el alto del panel.

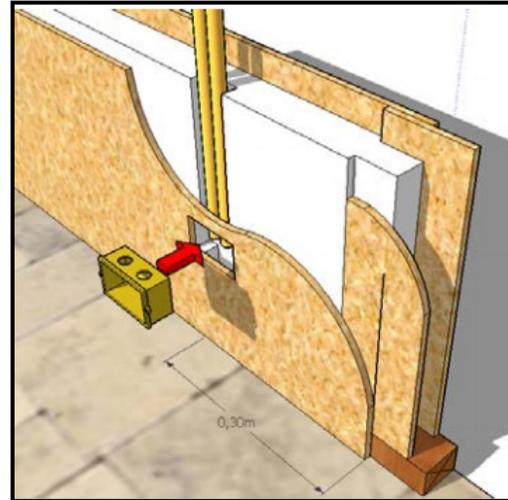


Figura 72. Fuente: TecnoPanel.

Una vez definidas claramente donde se ubicarán las cajas eléctricas se procederá a abrir el espacio para las cajas e introducir los tubos de PVC que se requiera en el proyecto.

# INSTALACIONES AGUA POTABLE, SANITARIA Y GAS

Para el caso referente a las instalaciones de agua potable, alcantarillado y gas, estas no pueden quedar por el interior de los paneles SIP falta de espacio. Las corridas de agua fría y caliente junto con la instalación de gas, deben hacerse sobrepuestas al panel.

De igual manera, en el caso del alcantarillado, las largadas en horizontal deberán hacerse sobre o debajo la losa SIP, por lo que se recomienda en el caso de viviendas de 2 pisos con paneles que la losa SIP lleve un sobre tabique de revestimiento para esconder la instalación. Este se utiliza tanto para cubrir las corridas de instalaciones en horizontal como en vertical.



Imagen 78. Fuente: Acero Color.

La siguiente vivienda económica de 60 m<sup>2</sup> que se ve en la fotografía, corresponde a una vivienda construida hace ya más de 20 años con el sistema de panel SIP metálico.

Anteriormente se mencionó la incertidumbre que se tiene actualmente con el uso de panel SIP para la vivienda. Para contrastar el pensamiento y percepción errónea se presenta una vivienda (Imagen 76) que fue realizada siguiendo el procedimiento de montaje explicado en las páginas anteriores. Esta casa se encuentra ubicada en el sector de la Laguna Aculeo cerca de Paine.

Expuesta durante muchos años por fuertes lluvias, cambios de temperaturas, polvo producto de las vías vehiculares que son rurales, temblores, terremotos fuertes vientos ,etc. Sigue sin presentar alteraciones. Se encuentra exactamente igual que hace 20 años atrás. Esta casa resguardó desde el inicio a una familia en crecimiento, cuidando con su excelente comportamiento las temperaturas en el invierno y los molestos calores en verano.

En una entrevista realizada a la dueña de casa nos comentaba que la casa ha cuidado de ella sin presentar dificultades, en donde el único cuidado que le entrega, es que la limpia con la manguera para sacarle el polvo causado por el paso de los autos y viento.

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO PANEL SIP METÁLICO

Zona	Techum- bre	Techum- bre	Muro	Muro	Piso	Piso
	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W	U W/m <sup>2</sup> k	Rt m <sup>2</sup> k/W
1	0.84	1.19	4	0.25	3.6	0.28
2	0.6	1.67	3	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.9	0.53	0.7	1.43
4	0.38	2.63	1.7	0.59	0.6	1.67
5	0.33	3.03	1.6	0.63	0.5	2
6	0.28	3.57	1.1	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4	0.6	1.67	0.32	3.13

Tabla 13.

La tabla adjunta corresponde a los parámetros mínimos que deben soportar los elementos de muros, techos y pisos ventilados en las distintas zonas del país de acuerdo a la medición de resistencia térmica total.

Para lo anterior tenemos que el panel SIP de caras metálicas con núcleo de poliestireno en lo que respecta a pisos ventilados, es decir, que la plataforma de piso no se encuentra en contacto con el terreno, el panel de 75mm se puede utilizar desde la zona 1 hasta la zona 5 del país ya que su resistencia térmica es de 2.13 m<sup>2</sup>/w, donde luego tendríamos que aumentar el espesor al panel de 100mm que cumpliría con los valores de la tabla hasta la zona 6 con una resistencia térmica de 2.78 m<sup>2</sup>k/w. Finalmente si requiriéramos usarlo en la zona 7 para piso, deberemos utilizar el panel de 125 mm con 3.43 m<sup>2</sup>k/w o el de 150 mm con 4.09 m<sup>2</sup>k/w.

En lo que corresponde a muro, el panel SIP de 75mm cumple con la normativa desde la zona 1 hasta la zona 7 con una resistencia térmica de 2.13 y si se desea lograr una mejor aislación tenemos el panel de 100mm con 2.78 m<sup>2</sup>k/w hasta de 150mm con 4.09 m<sup>2</sup>k/w.

Para lo referente a techumbre, el panel de 75mm sirve hasta la zona 3 del país, luego para continuar necesitamos aumentar el espesor a 100 mm para cubrir de la zona 4 a la zona 5 y luego se requeriría un panel de 150mm para las zonas 6 y 7 del país.

# COMPORTAMIENTO ACÚSTICO PANEL SIP METÁLICO

En el caso del panel SIP metálico en términos de aislación acústica, tiene un mal comportamiento, ya que las placas metálicas generan eco y rebote en las paredes si la vivienda es muy grande.

En el caso de utilizarse para el tamaño de una vivienda social, este no tendrá dificultades.

## COMPORTAMIENTO MECÁNICO PANEL SIP METÁLICO

Espesor	Ancho	Espesor Placas	2500	3000	3500	3750	4000	4500
50	1130	0.5/0.5	124	83				
75	1130	0.5/0.5	140	95	65	55	45	30
100	1130	0.5/0.5	195	130	90	80	60	50
125	1130	0.5/0.5	250	170	120	100	80	60
150	1130	0.5/0.5	300	200	140	120	100	80

Tabla 14.

La tabla anterior muestra cuanto resiste cada panel en horizontal en función de los espesores de cada elemento.

Los apoyos se distribuirán en 2.5 m, 3 m, 3.5 m, 3.75 m, 4 m y 4.5 m de distancia entre cada uno generando en el panel, luces equivalentes a las longitudes anteriores.

Bajo la indicación del distanciamiento del apoyo se ubica el peso de carga que soporta.

Para efectos del comportamiento mecánico de cargas con el panel SIP en vertical, este no cumple con la normativa. Pero como se menciona con anterioridad, el ensayo es erróneo ya que para la construcción de viviendas uno no utiliza un solo panel, sino que como se mostró en el montaje del panel SIP Metálico se utilizan varios paneles sumado a perfiles metálicos como solera inferior y superior.

Lo anterior genera módulos que cumplen con los requerimientos.

Se puede observar nuevamente la vivienda (Imagen 78) de más de 20 años por la localidad de Paine que ha soportado sin problemas ni daños el terremoto de 2010.

# RESISTENCIA AL FUEGO PANEL SIP METÁLICO

Los paneles SIP de caras metálicas son calificados con resistencia al fuego de un F-15 por lo que cumple con la normativa para lo indicado a viviendas de menos de 140m<sup>2</sup>.

En este panel, el núcleo se funde muy rápidamente por la temperatura que transmiten las placas. Y el acero al estar en presencia de fuego genera un manto incandescente que no permite la extinción de la zona en combustión

Este valor puede variar ya que la clasificación está dada contando el panel SIP sin un recubrimiento adicional. Agregando lo anterior podemos llevar al panel a una clasificación mayor.

# INFORMACIÓN TÉCNICA PANEL SIP METÁLICO

<u>Información Técnica</u>	<u>Espesores</u>
Espesores Panel	(50-75-100-125-150) mm
Dimensiones en que se vende	(1.13 x 2.44 m estándar, pueden ser longitudes sobre 6 metros.)
Espesores Poliestireno	(56-67-92) mm
Espesores de la placa	(0.5) mm

Tabla 15.

## VALOR PANEL SIP METÁLICO

Panel SIP Metálico	Valores Por M2
50 mm	\$10.800 + IVA
75 mm	\$11.800 + IVA
100 mm	\$12.800 + IVA
125 mm	\$13.800 + IVA
150 mm	\$14.800 + IVA

Tabla 16.

Al ser el panel SIP metálico producido en línea, el valor en el mercado se da por m2.

Para poder realizar una comparación de precios mas adelante en la siguiente tabla se realiza el equivalente a lo que seria un panel con dimensiones estándar de 1.13 x 2.44 que se asemeja a las dimensiones de los demás paneles mencionados anteriormente.

Panel SIP Metálico	Valores
50 mm	\$29.777 + IVA
75 mm	\$32.450 + IVA
100 mm	\$35.200 + IVA
125 mm	\$37.950 + IVA
150 mm	\$40.700 + IVA

Tabla 17.

### 3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE PANEL SIP.

Para comenzar es importante destacar que la finalidad del análisis comparativo es la de determinar cuál de los sistemas industrializados es el mejor tomando en cuenta los puntos mencionados anteriormente de cada panel en particular. Con lo anterior veremos cuál panel cumple de mejor manera para ser utilizado en la vivienda económica y el porqué.

	Características		Requiere		Uso	
Panel	Espesor (mm)	Dimensiones (m)	Recubrimiento exterior	Piso	Muro	Techumbre
OSB						
	75	1.22 x 2.44	SI	SI	SI	SI
	86	1.22 x 2.44	SI	SI	SI	SI
	90	1.22 x 2.44	SI	SI	SI	SI
	114	1.22 x 2.44	SI	SI	SI	SI
Fibro cemento						
	78	1.20 x 2.44	SI	No se usa	SI	No se usa
	108	1.20 x 2.44	SI	NO	SI	
SmartPanel						
	77	1.22 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	78	1.22 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	88	1.22 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	89	1.22 x 2.44	NO	SI	SI	SI
Metalico						
	50	1.13 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	75	1.13 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	100	1.13 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	125	1.13 x 2.44	NO	SI	SI	SI
	150	1.13 x 2.44	NO	SI	SI	SI

Tabla 18.

A partir de las categorías de requerimientos, uso, comportamiento térmico, comportamiento acústico, comportamiento mecánico y valores, se definirá el mejor panel para la vivienda social de Chile.

# ANÁLISIS 1: RECUBRIMIENTO

Tenemos cuatro paneles con el mismo núcleo correspondiente al poliestireno, éste como se mencionó con anterioridad irá variando en su espesor y densidad (concentración de poliestireno por m<sup>3</sup>) pero para viviendas se utiliza de 15 a 20 kg/m<sup>3</sup>.

La dimensión estándar de venta corresponde a 1.22 x 2.44 m aproximadamente en cada uno de ellos, pero pueden variar en todos los casos el largo y espesor por requerimiento de proyectos específicos.

Como se aprecia en la tabla, nos encontramos con el primer punto de relevancia, el cual corresponde al recubrimiento. Cuando hablamos de recubrimiento hablamos del exterior, esto ya que algunos tipos de paneles SIP no pueden estar expuestos a la humedad y exposición a insectos, comprometiendo su materialidad y el rendimiento del elemento.

Los paneles que se ven comprometidos al estar expuestos a la humedad e insectos es principalmente el Panel Sip OSB y el Panel Sip de Fibrocemento. El OSB se descompone por el ataque de hongos causados por la humedad en la madera y es atacado por termitas, mientras que el fibrocemento absorbe la humedad e hincha la placa deformándose. Esto es evitable en el caso del OSB con recubrimientos para proteger el tablero exterior, y en el caso del fibrocemento la placa deberá tener una membrana impermeabilizante que se realiza con aditivos a la mezcla de la placa para evitar la absorción de humedad al momento de fabricarse.

Por otro lado tenemos los que no se ven afectados, como el panel de Smartpanel y panel de caras Metálicas. Estos pueden salir de fábrica y ser instalados inmediatamente sin necesidad de protegerlos del exterior. Esto ya que en el caso del panel SIP de Smartpanel, la capa protectora que lleva el tablero de OSB aísla el elemento de la exposición exterior y en el caso del panel SIP de caras Metálicas, el acero tiene un galvanizado de aluzinc junto a una pintura anticorrosiva que protege por años.

Finalmente tenemos el recubrimiento de techumbre para lo cual se utiliza habitualmente planchas metálicas o teja asfáltica para las aguas lluvias, en donde todos los sistemas de paneles necesitan de una solución de techo, menos el panel SIP de caras metálicas.

Como conclusión, el panel SIP con caras Metálicas corresponde al panel que menos elementos adicionales requiere para su instalación. Entrega un recubrimiento para el exterior con duración sobre los 40 años gracias al recubrimiento exterior de aluzinc en sus placas, sumado a un recubrimiento de pintura, por lo que además de tener propiedades contra la oxidación le entrega un acabado estético.

## ANÁLISIS 2: USO DE LOS PANELES

A partir de las observaciones que hemos realizado e información que hemos obtenido, sumado a las especificaciones técnicas de los distintos paneles SIP se concluye que los paneles son factibles de considerar para ser implementados tanto como cubierta, muros y piso. Este análisis es en base a considerar como elemento gravitante la resistencia con respecto a cargas uniformemente repartidas.

Entendiendo la validez de la información recopilada, a nuestro juicio creemos necesario incorporar un elemento que para nosotros no es menor en la validación del panel. El actual corresponde a las cargas puntuales y no solamente las cargas uniformemente repartidas.

Si bien es cierto que es importante la resistencia del panel con cargas uniformemente repartidas, no es menos cierto que el daño proveniente de la carga puntual invalida el producto como elemento de larga duración en contra posición de la durabilidad del panel como muro o techo.

En el caso del panel OSB y SMARTPANEL la carga puntual destruye el entrelazado de las ojuelas de madera y en el caso de panel de acero contribuye al abollamiento y exposición del acero a la oxidación.

Con todo lo expuesto anteriormente el estudio concluye que a pesar de las recomendaciones de utilizarse como solución de piso se ha determinado eximir de esa función los paneles referidos por atentar a la durabilidad del conjunto habitación.

## ANÁLISIS 3: COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Panel	Espesor (mm)	Resistencia Térmica	Zonas donde cumple para Piso	Zonas donde cumple para Muro	Zonas donde cumple para Techumbre
OSB					
Densidad	75	1.752	1 a 4	Todas	1 a 2
núcleo:	86	2.06	1 a 5	Todas	1 a 2
15 kg/m <sup>3</sup>	90	2.099	1 a 5	Todas	1 a 2
	114	2.726	1 a 6	Todas	1 a 4
Fibrocemento					
Densidad	78	1.68	NO SE USA	Todas	NO SE USA
núcleo:	108	2.56	NO SE USA	Todas	NO SE USA
15 kg/m <sup>3</sup>					
SmartPanel					
Densidad	77	1.752	1 a 4	Todas	1 a 2
núcleo:	78	2.06	1 a 4	Todas	1 a 2
15 kg/m <sup>3</sup>	89	2.099	1 a 5	Todas	1 a 2
	114	2.726	1 a 5	Todas	1 a 4
Metálico					
Densidad	50	1.48	1 a 3	Todas	1
núcleo:	75	2.13	1 a 5	Todas	1 a 3
20 kg/m <sup>3</sup>	100	2.78	1 a 6	Todas	1 a 5
	125	3.43	Todas	Todas	1 a 6
	150	4.09	Todas	Todas	Todas

Al analizar los datos entregados por la tabla adjunta confirmamos que bajo el punto de vista térmico todos los paneles cumplen satisfactoriamente con las requerimientos de la normativa nacional actual.

No obstante a lo anterior, se puede observar que de los cuatro tipos de paneles, el panel SIP Metálico destaca en sus distintos espesores con un mejor comportamiento en comparación a al resto.

Independientemente del cumplimiento de los paneles para uso de piso, insistiremos en descartar la utilización de estos como paneles de pisos.

## ANÁLISIS 4: COMPORTAMIENTO ACÚSTICO.

Todos los tipos de paneles cumple con la normativa acústica en caso de realizarse viviendas independientes ya que en esos casos la normativa no indica una regla para el ruido aéreo. Pero en caso de realizarse casas pareadas los elementos constructivos verticales o inclinados que sirvan de muros divisorios o medianeros, deberán tener un índice de reducción acústica mínima de 45dB.

De lo anterior los tipos de paneles no califican ya que su absorción es menor, por lo que se necesitaría un elemento adicional como placa de yeso cartón o placa de fibrocemento como elemento adicional a los paneles para poder ser utilizado en viviendas pareadas.

## ANÁLISIS 5: COMPORTAMIENTO MECÁNICO

<u>Panel OSB</u>	<u>75 mm</u>	<u>100 mm</u>	<u>160 mm</u>
Carga Vertical Máx.	4.500 kg/m	12.600 kg/m	17.869 kg/m
Carga Horizontal Máx.	1.800 kg/m	3.700 kg/m	5.082 kg/m
Carga Transversal Máx.	190 kg/m	550 kg/m	2.359 kg/m
<u>Panel Fibrocemento</u>		<u>Muro Panel SIP de 75mm</u>	
Carga Vertical Máxima		2.241 kg/m	
Carga Horizontal Máxima		1.136kg/m	
Carga Transversal Máxima		94 kg/m	
<u>SmartPanel</u>	<u>75 mm</u>	<u>100 mm</u>	<u>160 mm</u>
Carga Vertical Máx.	4.500 kg/m	12.600 kg/m	17.869 kg/m
Carga Horizontal Máx.	1.800 kg/m	3.700 kg/m	5.082 kg/m
Carga Transversal Máx.	190 kg/m	550 kg/m	2.359 kg/m

Como podemos observar en la tabla adjunta, tenemos únicamente 3 de 4 paneles. Esto se debe a que el panel SIP Metálico al realizarse los ensayos, el elemento por si solo no cumple con las normativas.

Es por esto que respecto al comportamiento ante la aplicación de cargas, los mejores rendimientos los tiene los paneles de OSB y SmartPanel, concluyendo que de estos dos el mas óptimo sería el SmartPanel por no requerir elementos adicionales una vez instalado. Sin perjuicio de lo anterior se debe considerar que el ensayo es realizado a un solo panel y no al conjunto estructural formado por la unión de paneles más soleras. Considerando esto el panel SIP metálico cumple para estructurar una vivienda.

## ANÁLISIS 6: VALORES PANELES SIP

<u>Panel SIP OSB</u>	<u>Valores</u>
75 mm	\$32.000 + IVA
86 mm	\$35.000 + IVA
90 mm	\$36.000 + IVA
114 mm	\$38.000 + IVA
<u>Panel Fibrocemento</u>	<u>Valores</u>
78 mm	\$56.736 + IVA
108 mm	\$60.783 + IVA
Valor UF/m2 por un piso	4 UF/m2
Valor UF/m2 por dos pisos	5 UF/m2
<u>Panel SIP SmartPanel</u>	<u>Valores</u>
77 mm	\$48.233 + IVA
88 mm	\$50.492 + IVA
114 mm	\$53.864 + IVA
Valor UF/m2 por un piso	3 UF/m2
Valor UF/m2 por dos pisos	4 UF/m2
<u>Panel SIP Metálico</u>	<u>Valores</u>
50 mm	\$29.777 + IVA
75 mm	\$32.450 + IVA
100 mm	\$35.200 + IVA
125 mm	\$37.950 + IVA
150 mm	\$40.700 + IVA

Los precios entregados en la tabla para el caso de los paneles SIP OSB, Fibrocemento y SmartPanel, se considera el panel con un núcleo de poliestireno de 15 kg/m<sup>3</sup>, mientras que en el caso del panel SIP Metálico se considera un núcleo de poliestireno de 20kg/cm<sup>3</sup>.

Observando la tabla de valores, encontramos que el panel SIP más económico corresponde al panel SIP metálico aún teniendo en núcleo con mayor densidad.

Cabe destacar que si el núcleo en el caso del panel Metálico fuese de 15kg/m<sup>3</sup>, el panel sería aún más económico.

## 4. SISTEMA SIP ÓPTIMO

Después de un análisis comparativo de los cuatro paneles SIP, el sistema industrializado óptimo corresponde al panel SIP de caras metálicas.

De los cuatro paneles SIP todos tienen un rendimiento similar en las características evaluadas anteriormente, pero de ellos, el metálico es el panel que una vez salido de fábrica está listo para ser instalado. Sumado a esto, una vez montado no necesita de ningún recubrimiento ni de techumbre, muros y pisos ventilados.

Ya que estamos enfocados en entregar un sistema alternativo a los tradicionales como hormigón armado, albañilería, tabiquería, etc, este panel hecho en fábrica facilitaría en forma considerable la gestión de construcción trayendo como beneficio una mejora en los costos de construcción. Además, en caso de emergencia por desastres naturales una mejor y rápida velocidad de reacción y construcción.

La incorporación de esta alternativa traería beneficios tanto por el aumento de la calidad de los materiales como el del estándar del producto final, pudiendo entregar una vivienda de menor costo o entregar la misma vivienda con mayores elementos para aportar al confort.

Actualmente los sistemas constructivos utilizados en la vivienda integran características de productos artesanales elaborados en terreno, dejando en manos de personal a veces no calificados, la ejecución de esto. Esto trae como consecuencia un margen de error relevante en la ejecución de la vivienda, tales como hormigones deshidratados, falta de fierro, menor cantidad de estuco, y muros desaplomados entre otros.

Es por lo anterior y considerando que Chile presenta características geográficas diferentes en las distintas zonas del país, la construcción de viviendas hace aconsejable un concepto de vivienda industrializada que estandarice los precios, el diseño y la normativa, permitiendo reducir los márgenes de error que hoy presenta la vivienda económica nacional.

Para esto el sistema de panel SIP aportará sus características de manera efectiva con el panel metálico que además puede usarse en todo el país.

## 5. ¿POR QUÉ EL SISTEMA INDUSTRIALIZADO Y NO TRADICIONAL?

Todos conocemos muy bien los sistemas tradicionales actuales en Chile, los cuales se pueden observar en cada construcción de nuestro país. El hormigón, la albañilería, tabiquería, etc. forman parte de los sistemas constructivos más antiguos que si bien se ha visto su rendimiento a través de los años aguantado numerosos sismos y de los más fuertes del mundo, ha generado en las personas una cultura de la casa rígida, mientras más masa y fierro mejor. Es entendible el concepto, pero para el tamaño de una vivienda social y para otras de mayor tamaño, menos es más.

Existen 4 aspectos de gran importancia que deben considerarse:

### 1. Calidad de terreno.

En muchas zonas de nuestro país el suelo es de mala calidad, lo que lleva a que cuando se desea hacer proyectos habitacionales se deban realizar grandes movimientos de tierra y de alto costo para alcanzar suelo estable y luego poder construir la vivienda masiva sobre el suelo (sin que esta seda.)

El sistema industrializado, al ser un sistema liviano, da la posibilidad de no tener que preparar tanto el terreno. De esta manera se minimizan los costos y se acortan los tiempos constructivos, lo que ayudaría a agilizar fuertemente el proyecto.

El hecho de presentar terrenos deficientes en su superficie genera la necesidad de un sistema liviano para trabajar con facilidad.

### 2. País Sísmico

Chile es un país atacado constantemente por los temblores y terremotos, por lo que para el tamaño de una vivienda económica la mejor opción para su construcción no es agregarles peso, densidad y fierro a sus muros y más peso a la techumbre, sino que nuevamente entregarle liviandad a la estructura además de elasticidad. Agregarle más peso y más rigidez significa un mayor costo y genera el efecto contrario al que se debería respetar para viviendas pequeñas, ya que son las más afectadas.

El sistema industrializado metálico permitirá un comportamiento elástico durante el movimiento sísmico gracias a sus uniones y bajo peso. De esta forma se comportará de excelente manera y sin daños.

Nuevamente en caso de daños, arreglar una unión de panel o reemplazar un panel siempre será más fácil y más barato que comenzar a reparar muros por daños estructurales, techumbre, etc.

### 3. Masificación

El estado genera proyectos masivos de gran cantidad de viviendas para lo que licita. Finalmente, los proyectos se desarrollan entre distintas empresas constructoras que entregan productos incompletos e insatisfactorios para sus ocupantes.

Es por lo anterior que ante proyectos masivos de construcción de casas es más lógico tener un sistema estructural estandarizado y regulado con el cual se pueda trabajar en todos los casos pero que a su vez se pueda utilizar para diseñar cualquier tipo de vivienda creada por el arquitecto.

Se pueden hacer distintos tipos de soluciones como agregar cualquier tipo de revestimiento interior y exterior lo que le entregaría a la vivienda el acabado que uno deseara.

### 4. Stock

Finalmente, y junto al punto 3, se necesita de un sistema constructivo con el que se pueda generar un inventario. Dicho inventario tiene validez bajo el punto de vista de la velocidad de reacción, esta velocidad de reacción favorece a nuestro país dadas las características geográficas y eventos en el cual nuestro país esta sujeto reiterativamente a eventos sísmicos, incendios o desbordes de la naturaleza.

## 6. PROPUESTA DE VIVIENDA INDUSTRIALIZADA

Hasta el momento el análisis ha permitido determinar que el sistema industrializado óptimo para la construcción de viviendas económicas es el panel SIP de caras metálicas. Pero hasta el momento no tenemos una solución de vivienda.

Como se mencionó anteriormente, el panel SIP Metálico de los 4 paneles SIP es el más fácil de trabajar, fabricar y montar.

Es por esto, que la propuesta de vivienda social integrará este sistema industrializado en un concepto de vivienda industrializada para poder usar el panel y a la vez estructurar la vivienda.

Una vez terminada la fabricación del panel SIP metálico, se procede a introducir en un marco metálico perfilado hecho en fábrica por máquinas perfiladoras los paneles, unidos con el sistema finger joint entre ellos y rematando en las esquinas con el cierre del marco como se muestra en la imagen 79.

A continuación, se mostrará el montaje utilizando el sistema de vivienda industrializado propuesto con una estructura simple.

-Iniciamos la instalación preparando la base de la estructura. Esta puede ser un radier o una base industrializada como la que se muestra en la imagen 81. La cual corresponde a una base que integra un marco de perfil U compuesto interiormente por costaneras de 100x50x15x2 mm que van soldadas a la estructura perimetral y sobre esto se coloca una placa de OSB de 20mm.

Teniendo la base lista, colocamos las soleras inferiores sobre los ejes de trazado en el radier o base industrializada. (Figura 73).

-Se procede a unir la solera a la base como se muestra en la Figura 73 con tornillos hilti.

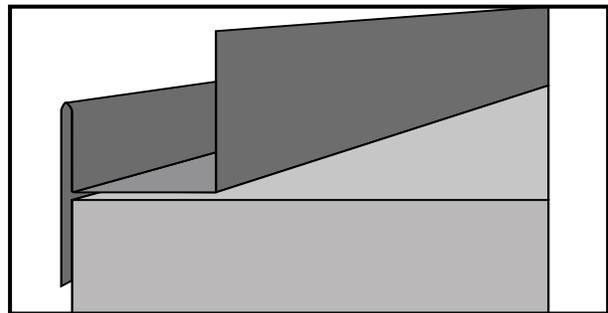


Figura 73. Fuente: Propia.



Imagen 79. Fuente: Acero Color.



Imagen 80. Fuente: Acero Color.

-Es importante no olvidar que antes de instalar la solera sobre el radier se debe colocar un sellante asfáltico para sellar la porosidad del concreto.

-Dado que este es un sistema industrializado de vivienda, las soleras inferiores tendrán desde la fábrica las perforaciones para recibir los tornillos hilti.

De esta manera podremos tener un mejor control en la unión de la solera con el radier o base industrializada respetando además los distanciamientos requeridos por el proyecto.

-Para iniciar la instalación de los módulos que formaran los muros debemos partir el montaje con una esquina para rigidizar y facilitar el montaje de los demás conjuntos de panel Metálico.

Se levanta el módulo sobre la plataforma y se monta sobre la solera (Imagen 81 y 82). Luego se procede con la instalación del segundo módulo.

Terminado la colocación de estos dos debemos confirmar que el nivel y el aplomo.

-Se fijarán los módulos al perfil en U de solera mediante remaches Pop de 10 x 12 y para la unión de módulos en las esquinas, como se muestra en la imagen 84, se procederá a realizar cordones de soldadura de 5 cm a lo alto del módulo con el distanciamiento que especifique el calculista.

-Terminada la instalación de los módulos para muros, se procede a instalar la techumbre con el mismo sistema modular como muestra la imagen 85.



Imagen 81. Fuente: Acero Color.



Imagen 82. Fuente: Acero Color.



Imagen 83. Fuente: Acero Color.



Imagen 84. Fuente: Acero Color.

-Una vez instalada la cubierta deberemos entregarle la terminación de fachada deseada en función del proyecto.

A modo de ejemplo, se observa como al panel metálico se le aplica un enchaque de ladrillo en la imagen 86, dejando fuera de vista el Sistema de panel SIP metálico.

Sumado a este concepto, a nuestro sistema lo podemos cubrir con todo tipo de terminaciones tanto interior como exteriormente, y gracias a los materiales actuales para fachadas se pueden generar elementos de vivienda muy completos. (Ejemplo de terminación exterior con siding en imagen 87.)

-Este sistema industrializado no tiene limitantes en cuanto a diseño, el panel SIP Metálico es el único panel que al momento de ser fabricado se produce en una línea continúa. Esto quiere decir que le podemos entregar las longitudes que se requieran.

Además, utilizando la maquina perfiladora podremos crear el perfil de marco que se necesite para cubrir la forma y largo que se desee crear con el panel.

Finalmente, para la instalación de dinteles y vanos, al ser un sistema de modulados, estos irán previamente hechos desde fábrica para tener que instalar unicamente las ventanas y puertas en el terreno dependiendo de las especificaciones del proyecto.



Imagen 85. Fuente: Acero Color.



Imagen 86. Fuente: Acero Color.



Imagen 84. Fuente: SIPPanelco.

## 7. CONCLUSIÓN

En función de todo lo estudiado y observado a lo largo de este informe, concluimos que todo lo planteado funcionaría de manera efectiva ante la problemática actual chilena en cuanto a vivienda social.

Hemos presentado una solución viable con elementos que están hoy en día en nuestro país pero que por temas políticos y culturales no son estudiados con la profundidad que se requiere.

¿Cuál es la razón de solo ser utilizado en forma parcial el sistema industrializado SIP?

Lamentablemente las autoridades no están en pleno conocimiento de la existencia y valor tecnológico de los sistemas industrializados, lo que recae, como se mencionó con anterioridad, en reiterar una cultura y línea tradicional basada en sistemas constructivos en terreno complejos y con muchas variables.

¿Qué se recomienda?

Que los Organismos técnicos del Estado como el "Minvu", realicen un estudio en profundidad de la factibilidad del uso mayoritario de los sistemas industrializados que como se logró observar en el presente estudio, trae aspectos beneficiosos para desarrollar de manera dinámica y oportuna las dificultades que se tienen al momento de realizar proyectos de viviendas económicas a lo largo del país.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

-Entrevistas y visita a fábrica Empresa TecnoPanel.

-Entrevistas y visita a fábrica Empresa DánicaZipco.

-Empresa Acero Color.

-Página Web: roa, m., roa, m. and roa, m. (2017). Miguel angel roa lermana. [online] Miguelroaccivil.blogspot.cl. Available at: <http://miguelroaccivil.blogspot.cl/>

-Página Web: User, S. (2017). LP Building Products. [online] Lpchile.cl. Available at: <http://www.lpchile.cl/es-ES/>

-Página Web: Sipchile.cl. (2017). SIPCHILE - Home. [online] Available at: <http://www.sipchile.cl/>

-Página Web: Termocret.cl. (2017). PANELES SIP TERMOSIP. [online] Available at: <http://www.termocret.cl/>

-Página Web: Upper Chile. (2017). Panel SIP - Upper Chile. [online] Available at: <http://upperchile.com/panel-sip/>

-Página Web: Danicacorporation.com. (2017). Danica Corporation. [online] Available at: <http://www.danicacorporation.com/sfDanica2/web/>

-Página Web: Tecnopanel.cl. (2017). Citar un sitio web - Cite This For Me. [online] Available at: <http://www.tecnopanel.cl/>



