

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**Cumplimiento de normativas de acondicionamiento térmico para casas prefabricadas tipo "llave en mano" en la ciudad de Concepción, en base a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Técnico Universitario en Construcción

Alumnos: Ignacio Andrés Gajardo Latorre

Víctor Javier Cifuentes Navarrete

Profesor Guía: Cristopher Pérez

## **1 INTRODUCCIÓN**

Las viviendas en Chile para poder ser edificadas deben cumplir con la ordenanza general de urbanismo y construcciones la cual les solicita ciertos requerimientos de permisos de edificación como constructivos (Título 5 – De la Construcción, Ordenanza General de urbanismo y construcciones, Ministerio de vivienda y urbanismo, 2018).

Existen más de 16 empresas en el rubro de construcción de viviendas prefabricadas en Concepción que tienen en sus ventas un promedio de 70 viviendas anuales que poseen una superficie constructiva entre los 36 y 120 m<sup>2</sup>.

La aislación térmica de las viviendas prefabricadas no tienen estándares básicos (aun debiendo registrarse como toda vivienda por lo dicta la Ordenanza General), por lo que solamente se rigen por parámetros de materialidad constructiva como lo son los revestimientos exteriores de Smart Side y revestimiento interiores de placas ranuradas tipo coloniales los cuales predominan en este tipo de construcción, esta es una tecnología OSB que se fabrica con resina resistente a la humedad, una película especial y adhesivos MDI que da la resistencia contra los agentes climáticos además de otorgarle impermeabilidad y flexibilidad a parte para estas construcciones lo esencial es la rapidez de trabajo lo cual es exactamente lo que nos otorga este tipo de materialidad.

El uso de estas viviendas es netamente habitacional, por lo tanto, se necesita primordialmente la mejora de sus detalles constructivos para el mejoramiento simultaneo de la estanqueidad del aire, cambiando principalmente el tipo de terminación que se le da ya que es en este proceso en donde se encuentran la mayoría de indicadores de puntos de fuga como por ejemplo las instalaciones domiciliarias (enchufes, interruptores, wc, lavamanos, etc.) es por esto que al no existir estándares mínimos de construcción más que los impuestos por la ordenanza general (mínimos para permiso de edificación) las empresas constructoras ligadas a este rubro no aplican las características necesarias para darle la hermeticidad correspondiente de una vivienda normalizada.

## Índice

1	Introducción .....	1
1.1	Problemática.....	6
1.2	Justificación .....	7
1.3	Objetivo general.....	8
1.4	Objetivos específicos. ....	8
1.5	Marco normativo .....	9
1.6	Marco teórico.....	10
1.7	Metodología .....	13
2	Capítulo 1 - Exigencias constructivas para empresas de fabricación de casas prefabricadas. ....	14
2.1	De los permisos de edificación .....	15
2.2	Clasificación de las viviendas .....	16
2.3	Detalles constructivos de viviendas prefabricadas de madera, requerimientos básicos. ....	18
2.4	Entramados de madera. ....	19
2.5	De los entramados de piso .....	19
2.6	De las vigas maestras .....	20
2.7	Tabiques y entramados verticales.....	22
3	Capítulo 2 - Proceso constructivo de casas prefabricadas.....	23
4	Capítulo 3 – Cumplimiento de normas de acondicionamiento térmico. ....	29
4.1	Normativa térmica de la ordenanza general de urbanismo y construcciones. ....	30
4.2	De la techumbre .....	30
4.3	De los muros. ....	31
4.4	De los pisos ventilados.....	31
4.5	Plan de prevención y descontaminación atmosférica en Concepción. ....	32
4.6	De las regulaciones. ....	32
4.7	Análisis de vivienda prefabricada.....	35
4.8	Características de la vivienda:.....	35
4.9	Corte de muro prefabricado: .....	35
4.10	Cálculo de superficie estructural y de aislación (m2). ....	36
4.11	Corte de suelo: .....	37
4.12	Cálculo de superficie de estructura (no lleva aislación):.....	38
4.13	Corte de cercha: .....	39
4.14	Calculo de superficie de estructura: .....	41
5	Capítulo 4 – Propuesta de solución constructiva para cumplimiento de exigencias de acondicionamiento térmico y análisis de costo.....	42

5.1	Corte de muro con Solución Constructiva. ....	43
5.2	Corte de suelo con Solución Constructiva. ....	45
5.3	Corte de cercha con Solución Constructiva: .....	46
5.4	APU de Muro envolvente: .....	48
5.5	APU de complejo de techumbre: .....	49
5.6	APU complejo de pisos: .....	49
5.7	Presupuesto vivienda prefabricada 36 m <sup>2</sup> sin soluciones constructivas. ....	50
5.8	APU muro envolvente con solución constructiva: .....	50
5.9	APU complejo de techumbre con solución constructiva: .....	51
5.10	APU complejo de pisos: .....	51
5.11	Presupuesto vivienda prefabricada con soluciones constructivas: .....	52
6	Conclusiones.....	53
7	Bibliografía .....	54

## **Ilustraciones**

Ilustración 1: Demanda de energía actual calculada, De (kWh/m <sup>2</sup> año), para el acondicionamiento térmico de una vivienda típica de albañilería en las distintas zonas térmicas de Chile.....	11
Ilustración 2: Plano de Zonificación Climático-Habitacional de Chile, Minvu. ....	16
Ilustración 3:Manual de construcciones de viviendas de madera, Fondef 2014). ....	20
Ilustración 4:: Escuadría de vigas maestras con respecto a tipo de madera y luz a cubrir. fuente: archivo Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.....	21
Ilustración 5: Entramado de madera vertical.....	22
Ilustración 6:Manual de construcción de viviendas de madera, Fondef 2014.....	30
Ilustración 7: Plano planta, Elaboración propia. fuente: casas kutralwe, 2019. ....	35
Ilustración 8:Corte de muro, Elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019.....	35
Ilustración 9: Corte de suelo, elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019.....	37
Ilustración 10: Corte de cercha, elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019. ..	39
Ilustración 11: Corte de muro con solución, elaboración propia. ....	43
Ilustración 12: Corte de piso con solución, elaboración propia. ....	45
Ilustración 13: Corte de Cercha con solución, elaboración propia.....	46

## Tablas

Tabla 1: Humedad permitida con respecto a la zona climático-habitacional de Chile. Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. ....	17
Tabla 2: Categorización de madera respecto de su durabilidad. ....	18
Tabla 3: Escuadrías de piezas de madera, distintos tipos para distintas luces a cubrir. ....	19
Tabla 4: Parámetros exigidos por la OGUC para transmitancia y resistencia térmica, Fuente: Elaboración propia en base a la OGUC. ....	30
Tabla 5: Fuente: Elaboración propia en base a OGUC. ....	32
Tabla 6: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018. ....	33
Tabla 7: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018. ....	33
Tabla 8: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018. ....	34
Tabla 9: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018. ....	34
Tabla 10: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	36
Tabla 11: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	36
Tabla 12: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	38
Tabla 13: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	38
Tabla 14: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	40
Tabla 15: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	40
Tabla 16: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	40
Tabla 17: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	41
Tabla 18: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	<b>!Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 19: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	44
Tabla 20: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	44
Tabla 21: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	45
Tabla 22: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	45
Tabla 23: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	46
Tabla 24: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	47
Tabla 25: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	47
Tabla 26: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853. ....	47
Tabla 27: APU complejo de muro, elaboración propia. ....	48
Tabla 28: APU complejo de techo, elaboración propia. ....	49
Tabla 29: APU complejo de piso, elaboración propia. ....	49
Tabla 30: Presupuesto casa prefabricada sin soluciones constructivas, elaboración propia. ....	50
Tabla 31: APU complejo de muro con solución, elaboración propia. ....	50
Tabla 32: APU complejo de techo con solución, elaboración propia. ....	51
Tabla 33: APU complejo de piso con solución, elaboración propia. ....	51
Tabla 34: Presupuesto de casa prefabricada con soluciones constructivas, elaboración propia. ....	52

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Las viviendas prefabricadas en su proceso constructivo no cumplen con los parámetros térmicos estipulados de la Ordenanza General de urbanismo y construcciones que son de uso obligatorio las cuales indican dentro de sus capítulos los detalles constructivos mínimos de transmitancia térmica y estanqueidad al aire permitida, así como también los estándares básicos de construcción de todo tipo de vivienda.

Esto nos lleva a preguntarnos. ¿Por qué las construcciones de casas prefabricadas que son un tipo de vivienda no son regidas por las mismas leyes y normas que imponen todos estos servicios a las viviendas en general?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza con el objetivo de dar a conocer las fallas en el cumplimiento constructivo como térmico en términos de distanciamientos, escuadrías adecuadas y acondicionamiento térmico de una casa prefabricada para así dar soluciones a cualquiera de estos puntos que se encuentren en este tipo de construcciones, con esto se podrá entregar al usuario una construcción de calidad y que cumpla todos los parámetros necesarios para que este se encuentre en el confort térmico ideal el cual se entregara en base a visitas y cálculos realizados, además de cumplir todo lo que la ley le imponga, y además aportar con la sustentabilidad de está disminuyendo el gasto energético y siendo a la vez menos contaminante.

### 1.3 **OBJETIVO GENERAL**

- Analizar el cumplimiento de la normativa chilena de construcción e identificar el grado de hermeticidad en casas prefabricadas de madera con método constructivo llave en mano

### 1.4 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Identificar las exigencias impuestas para empresas constructoras de casas prefabricadas.
- Describir el proceso constructivo de casas prefabricadas.
- Reconocer el cumplimiento de la normativa térmica.
- Realizar comparación de viviendas con y sin soluciones constructivas de acondicionamiento térmico y sus costos.

## 1.5 MARCO NORMATIVO

1. Ordenanza General de Urbanismo y construcciones.
2. Manual de hermeticidad al aire de edificaciones
3. NCh 1989- Agrupamiento de especies madereras según su resistencia – procedimiento.
4. NCh 1079 - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
5. NCh 853 – Acondicionamiento térmico – Envoltura Térmica de edificios – Calculo de resistencias y transmitancias térmicas.
6. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano.
7. Listado Oficial de Soluciones Constructivas.

## 1.6 MARCO TEÓRICO

Para los propósitos de esta investigación se aplicarán los términos y definiciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

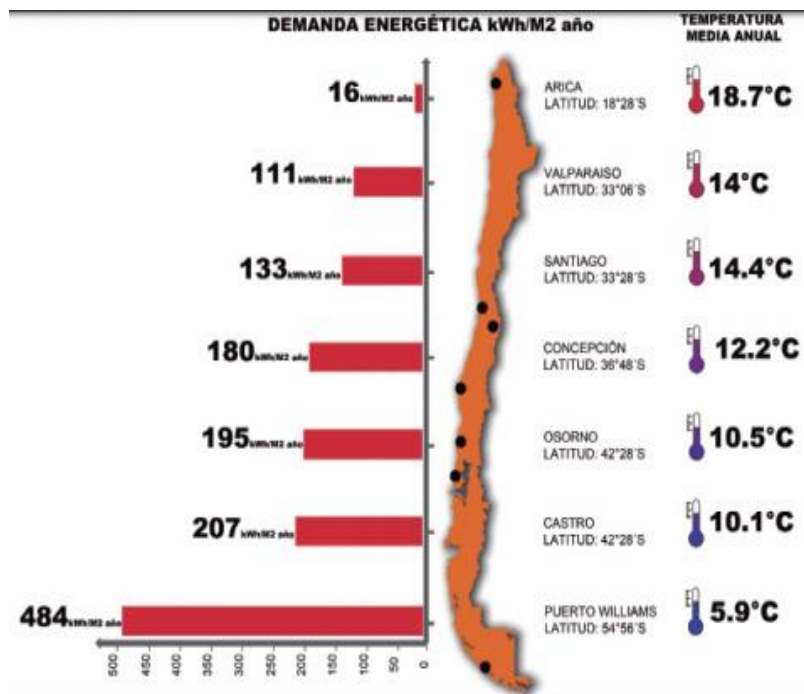
- **Conductividad térmica "λ":** cantidad de calor que en condiciones estacionarias para en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/(mK).
- **Edificación de uso residencial:** aquellas que contemplan preferentemente el destino vivienda, e incluye hogares de acogida, así como edificaciones y locales destinados al hospedaje, sea éste remunerado o gratuito.
- **Envolvente térmica:** elementos perimetrales de las edificaciones que la separan del ambiente exterior (aire, terreno, agua u otro edificio no acondicionado), de un espacio contiguo abierto o un espacio no acondicionado.
- **Espacio no acondicionado:** espacio que no dispone de un sistema de calefacción y/o refrigeración. Los entretechos ventilados y la parte hacia el exterior de muros ventilados se consideran espacios no acondicionados para efectos de esta norma.
- **Factor de temperatura de la superficie interior "fRsi":** cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperaturas del ambiente interior y exterior, que se calcula con una resistencia de superficie Rsi, en la superficie interior.
- **Factor de temperatura útil sobre la superficie interior "fRsi, mín.":** factor de temperatura mínimo aceptable sobre la superficie interior.
- **Piso ventilado:** el que se mantiene por encima del nivel de terreno, por ejemplo, apoyado sobre viguetas, vigas y emparrillados. Se aplica también al modelo de piso clásico sobre cámara de aire en la que el espacio bajo el piso está ventilado o no ventilado.
- **Puente Térmico:** parte de la envolvente térmica de la edificación, en que la resistencia térmica uniforme es drásticamente modificada por:
  - a) Penetración total o parcial de la envolvente térmica del edificio por materiales con una conductividad térmica distinta, como elementos estructurales o tuberías de las instalaciones; y/o
  - b) Una diferencia entre las áreas interna y externa, como la que ocurre en las conexiones de muros/pisos/techos y los elementos que conforman los vanos de la edificación.
- **Resistencia térmica:** oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción. Se expresa en (m<sup>2</sup>K) /W.
- **Resistencia Térmica Total:** inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa especial del elemento. Se expresa en (m<sup>2</sup>K) /W.
- **Resistencia térmica R100:** Resistencia térmica del material aislante térmico multiplicada por 100. Se expresa en [(m<sup>2</sup>K) /W] x 100.
- **Temperatura mínima aceptable:** temperatura superficial mínima interior para evitar la formación de moho.

- **Transmitancia térmica, U:** flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en W/ (m<sup>2</sup> K).
- **Transmitancia térmica lineal, KI:** flujo de calor que atraviesa un elemento por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperatura. Se expresa en W/(mK).

El propósito de esta investigación es identificar las falencias posibles en términos del cumplimiento de la normativa chilena y la normativa térmica sobre las casas prefabricadas de método constructivo llave en mano, ajustada a los requerimientos de la zona Climático-Habitacional en la que se encuentra Concepción, además de describir su procedimiento constructivo.

Las piezas para la ejecución de armado de casas prefabricadas son fácilmente trasladables. El montado y ensamblado se realiza en el lugar y sobre una base de concreto previamente preparada en el terreno, se corroborará si esto realmente se utiliza dentro de las empresas que trabajan este tipo de viviendas en Concepción.

La hermeticidad de una casa consiste en la transmitancia térmica de los elementos constructivos y el arte del buen construir, lo que conlleva a tener una disminución del gasto energético, que en Concepción es bastante elevado en comparación con las ciudades más al norte de nuestro país (Manual de Hermeticidad al aire de edificaciones, CITEC-UBB, 2014).



*Ilustración 1: Demanda de energía actual calculada, De (kWh/m<sup>2</sup> año), para el acondicionamiento térmico de una vivienda típica de albañilería en las distintas zonas térmicas de Chile.*

Las infiltraciones de aire corresponden entre el 23% y 74% de las pérdidas de energía de calefacción de una vivienda y aumentan el riesgo de condensación provocando el deterioro de la estructura de la edificación. Bustamante, W. et al. 2009.

Al tener estos conceptos claros se podrán crear técnicas de mejoramiento en el proceso constructivo además de establecer criterios para definir los parámetros en los cuales se definirá si se pueden permitir o no pequeñas infiltraciones o de lo contrario ver la opción de dar ultimátum a estas construcciones antes de la entrega final por lo

que las empresas dedicadas a este rubro tendrán una o varias soluciones pensando en la economía de esta y que las construcciones sean de la calidad solicitada por las leyes de los años próximos.

## 1.7 METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos propuestos anteriormente, se recopila y procesa información de distintos sitios web, manuales, libros y normas aplicables a este tipo de proyecto, esta información será clave para tener presentes todos los factores que se deben tener en consideración a la hora de realizar este trabajo.

Para utilizar las normas que existen y exigen parámetros para la hermeticidad de las viviendas comunes en Chile, nos guiaremos por las Normas referenciadas en D.S 10 que creó el registro Oficial de Laboratorios de control técnico de calidad de construcción y que aprueba el reglamento del registro además de la ordenanza general de urbanismo y construcciones.

Se realizarán visitas a pilotos de este tipo de viviendas para poder dar una visión técnica de las fallas que se encuentren a la vista en la edificación (sellados, juntas, etc.) teniendo que apreciar con lujo de detalle cada parte de la construcción para poder crear conclusiones del por qué su hermeticidad no es la ideal para el confort que necesitan las personas.

Se deberá realizar cálculos de transmitancia térmica de las envolventes (muro, techumbre y pisos ventilados) de las casas prefabricadas para poder validar el propósito del estudio ya que se verán todas las fallas por las cuales se pierde la hermeticidad de la vivienda y al obtener los lugares exactos en donde ocurren estos problemas se podrán tomar las medidas pertinentes para mejorar el proceso de construcción en esa área específica además de adaptar esta solución a la estructura completa.

Al momento de realizar las soluciones constructivas expuestas en base a los cálculos realizados se deberá completar el proceso mediante estudios que ratifiquen que los cambios realizados nos ayudaron realmente para llegar al confort de la vivienda y que a su vez cumplan los parámetros legales impuestos por la ley.

Finalmente, en base a los cambios realizados se realizarán conclusiones específicas y generales que nos ayuden a mejorar el proceso en los siguientes trabajos a realizar tanto en el ámbito económico, elaborando un análisis comparativo de la misma vivienda tal y como se comercian hoy en día, y con las soluciones constructivas para acondicionamiento térmico agregadas, como en la rapidez de construcción, siempre asegurando la calidad del trabajo por, sobre todo.

**2 CAPÍTULO 1 - EXIGENCIAS CONSTRUCTIVAS PARA EMPRESAS DE FABRICACIÓN DE CASAS PREFABRICADAS.**

## 2.1 DE LOS PERMISOS DE EDIFICACIÓN

A nivel nacional e incluso mundial las exigencias varían en cuanto a cómo construir pero también hay exigencias que no cambian, como por ejemplo la fiscalización de la DOM (Dirección de Obras Municipales) que es el organismo encargado de aplicar y fiscalizar que se cumplan todas las normas legales y reglamentarias sobre urbanismo y construcciones en cada respectiva comuna (Art. 142, LGUC.) el cual de igual manera solicita documentos para la realización de cualquier edificación, dentro de los cuales está el más importante que es el permiso de edificación, el cual deben poseer en este caso las empresas de casas prefabricadas.

Los documentos que deben presentarse a la Dirección de Obras Municipales para obtener permiso de edificación son:

- Solicitud de permiso de edificación, firmado por el propietario, Arquitecto, Constructor e Ingeniero Civil (Según corresponda).
- Listado de todos los documentos y planos que componen el expediente, firmado por el arquitecto.
- Declaración simple del propietario de ser titular del dominio del predio.
- Fotocopia de escritura de propiedad con inscripción de dominio vigente.
- Certificado de informes previos, línea y número para terrenos ubicados en área urbana; para terrenos ubicados frente a caminos enrolados por el MOP (Ministerio de Obras Públicas), se debe adjuntar Acta de cierre entre Vialidad y propietario.
- Patente Municipal de Arquitecto, Constructor e Ingeniero Calculista según corresponda.
- Declaración del arquitecto por el estado de la obra.
- Formulario Único de estadística de edificación.
- Certificado de factibilidad de dotación de servicios de Agua Potable y Alcantarillado, en caso de no existir empresa de Servicios Sanitarios en el área (por ser zona rural), se debe presentar el proyecto de Alcantarillado y Agua potable aprobado por el servicio de Salud Valparaíso.
- Planos de Arquitectura numerados en un juego al momento de solicitar el permiso y en triplicado a la hora de otorgar el permiso de edificación.
- Plano de Ubicación, mínimo escala 1:5000, bien detallado con al menos tres referencias, ruta, km, nombre de calles, norte, etc.
- Plano de emplazamiento escala 1:500, indicando acceso, norte, predio acotado, deslindes, distanciamientos, permisos anteriores si hubiere, adosamientos, estacionamientos, etc. El edificio debe acotar desde sus puntos más salientes a los deslindes de la propiedad en forma perpendicular a estos.
- Plantas de Arquitectura escala 1:50, con tres líneas de cotas, norte, niveles, recintos, valorización de líneas, etc.
- Elevaciones y a lo menos 1 corte, escala 1:50 indicando rasante de los deslindes del predio y el eje de la calzada, indicando altura total del edificio, N.P.T, N.T.N., recintos, cortafuego.
- Plantas de cubierta, escala 1:100, indicando pendiente, canaletas y bajadas de aguas lluvias.
- Especificaciones Técnicas detalladas por partidas, con especial interés en lo que se refiera a normas contra incendio, aquellas que dan cumplimiento a la protecciones climáticas y la precisa descripción de la estructura resistente de la

edificación, en caso de que el edificio no necesite memoria de cálculo, es necesario referirse a la condiciones mínimas que precisa la ordenanza respecto de las normas contra incendios, aislación ( título 4, capítulo 1,2 y 3),y escuadrías mínimas para los elementos constructivos (título 5, capítulo 6 y 7), se debe adjuntar un anexo que dé cuenta que el proyecto cumple para estos casos con la normativa vigente (para viviendas se debe anexar el cálculo térmico, cálculo de ventanas y pisos ventilados según artículo 4.1.10, O.G.U.C.).

Es en este último punto de los requisitos que solicita la DOM donde la gran mayoría de las empresas desarrolla incumplimiento puesto que en la ciudad de Concepción y a nivel regional o Nacional no se realiza. En parte si podría referirse que cumple la gran parte de los requerimientos que se necesitan para obtener el permiso de edificación, pero en cuanto a lo más importante de estos requerimientos no, ya que, no cumple las condiciones mínimas de aislación menos la entrega de cálculo térmico ni de ventanas y pisos ventilados como las escuadrías mínimas para los elementos constructivos de las viviendas prefabricadas.

Al igual que cualquier tipo de edificación en Chile, las viviendas prefabricadas son normadas bajo las condiciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que es aquella que contiene las disposiciones reglamentarias de la ley, regula los procedimientos administrativos, el proceso de planificación urbana, la urbanización de los terrenos, la construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en la urbanización y construcción (Ministerio de Vivienda y urbanismo, Chile, 2019).

Es por esto que es necesario identificar el correcto cumplimiento de las empresas que se dedican a este rubro para con la Ordenanza General.

## 2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

La ordenanza define a una vivienda como una edificación o unidad de uso habitacional, como lo son las viviendas que se están estudiando. Las edificaciones de madera sobre todo tienen artículos dentro de la ordenanza que los rigen directamente y que hablan sobre su clasificación dentro de los distintos tipos de edificaciones, como lo son las viviendas tipo H que son definidas como construcciones prefabricadas de madera, con paneles de madera, yeso cartón, fibrocemento o similares (OGUC, Chile, 2018).

“ Las construcciones Clase D, G, H e I, no podrán tener más de 2 pisos y la altura libre de piso a cielo no podrá exceder de 2,60 m”, señala también la Ordenanza (Art. 5.3.2).



Ilustración 2: Plano de Zonificación Climático-Habitacional de Chile, Minvu.

Las construcciones con estructura soportante de madera y las prefabricadas de madera a que se refieren las clases E y H, deberán cumplir con las disposiciones del artículo 5.6.8. de esta Ordenanza. Igualmente, las piezas o elementos de madera, ya sea estructural o de terminación, sometidos o no a cálculo estructural que contengan las demás clases de construcción, deberán cumplir con las disposiciones de los artículos 5.6.6. y 5.6.8 que indica que los elementos estructurales de madera deberán cumplir con los siguientes requisitos:

1. Ser aceptada conforme a la norma NCh 1989.
2. De acuerdo a la zona climático-habitacional en que se emplace la edificación, según la norma Nch 1079, o la que la reemplace, su humedad deberá quedar comprendida dentro de los límites establecidos en la siguiente tabla de esta Ordenanza”.

ZONA CLIMATICO-HABITACIONAL	HUMEDAD PERMITIDA	
	MINIMA %	MAXIMA %
Norte litoral	11	18
Norte desértica	5	9
Norte valle transversal	11	16
Central litoral	11	17
Central interior	9	20
Sur litoral	12	22
Sur interior	12	22
Sur extremo	11	22

*Tabla 1: Humedad permitida con respecto a la zona climático-habitacional de Chile. Fuente: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.*

En el caso de Concepción esta correspondido en la zona climático-habitacional del Sur litoral, según la norma Nch 1079, of.2008 (Arquitectura y Construcción – Zonificación climático-habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico, MOP, 2018.) , por lo tanto, debiese cumplir con la humedad permitida que está en los parámetros que se encuentran en la tabla 1, con un mínimo de 12% y un máximo de un 22%, lo cual mediante un estudio visitando en terreno distintas empresas de casas prefabricadas en Concepción pudimos corroborar que no se cumplen o simplemente desconocen.

El que los niveles de humedad no sean tomadas en cuenta perjudica directamente al cliente ya que, en caso de deterioro del material de la vivienda, estas empresas no cubren con la garantía la cual también está estipulada por la ordenanza.

3. En cuanto a la durabilidad y de acuerdo a la Norma NCh 789/1 (Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural, OGUC.), las piezas de madera deberán cumplir con las 4 primeras categorías de la tabla a continuación y en caso de corresponder a la categoría 5 deberá haber sido preservada por la norma NCh 819 (Madera preservada - Pino radiata - Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo, NCH 819, OGUC.)

CATEGORIA	MADERA NOMBRE COMUN
1. Muy durables	Alerce Ciprés de las Guaitecas Roble
2. Durables	Lenga Lingue Raulí
3. Moderadamente durables	Canelo Coigüe Tineo Ulmo
4. Poco durables	Araucaria Eucalipto Laurel Mañío hembra Mañío macho
5. No durables	Alamo Olivillo Pino insigne Tepa

*Tabla 2: Categorización de madera respecto de su durabilidad.*

En este último punto y por medio de conversaciones con distintas empresas del rubro en Concepción, se da a conocer que no se utilizan ninguna de las maderas que están dentro de esta tabla o por lo menos dentro de las 4 primeras categorías y si dentro de la categoría 5 pero sin cumplimiento de la norma NCh 819 (OGUC, 2018), e incluso la gran parte de estas utilizan piezas de madera que no encuentran en buen estado o no lo suficientemente secas para su buena utilización. Todo esto a base de abaratar costos y aumentar las utilidades entregando servicios de mediana o baja calidad y no los que prometen al momento de ofrecer las viviendas que poseen, lo que está básicamente implementado en la gran mayoría de las empresas pertenecientes a este rubro en Concepción.

### **2.3 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS PREFABRICADAS DE MADERA, REQUERIMIENTOS BÁSICOS.**

Tal y como en la materialidad y su calidad, la OGUC (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones) también exige condiciones en cuanto a detalles constructivos en este tipo de viviendas, tales como:

1. El peso propio de todo el entramado, que está formado entre otras cosas por, entablado de piso, cadenetas, vigas, cerchas, etc., no podrá ser mayor a 50 Kgf/m<sup>2</sup> (kilogramo fuerza/ metros cuadrados).
2. El distanciamiento máximo que estará medido entre ejes será para las vigas de 0.50 m y para las cadenetas de 1.40m.
3. Las escuadrías de los entramados horizontales medidas en milímetros deben ser respetados en post de las luces que se quieran salvar en las construcciones en madera, las cuales son:

ESPECIE	LUZ MAXIMA (m)			
	1,6	2,4	3,2	3,6
Alamo	45x95	45x120	45x170	45x195
Alerce	45x70	45x120	45x145	45x170
Ciprés(guaitecas)	45x70	45x120	45x145	45x170
Coihue	45x70	45x120	45x145	45x170
Eucalipto	45x70	45x 95	45x120	45x145
Laurel	45x70	45x120	45x145	45x170
Lenga	45x70	45x120	45x145	45x170
Lingue	45x70	45x120	45x145	45x145
Luma	45x70	45x 95	45x120	45x120
Mañío	45x95	45x120	45x145	45x170
Olivillo	45x70	45x120	45x145	45x170
Pino Araucaria	45x70	45x120	45x145	45x170
Pino Insigne	45x95	45x120	45x170	45x195
Raulí	45x70	45x120	45x145	45x170
Roble	45x70	45x120	45x145	45x145
Tepa	45x70	45x120	45x145	45x170
Tineo	45x70	45x120	45x145	45x170
Ulmo	45x70	45x 95	45x145	45x145

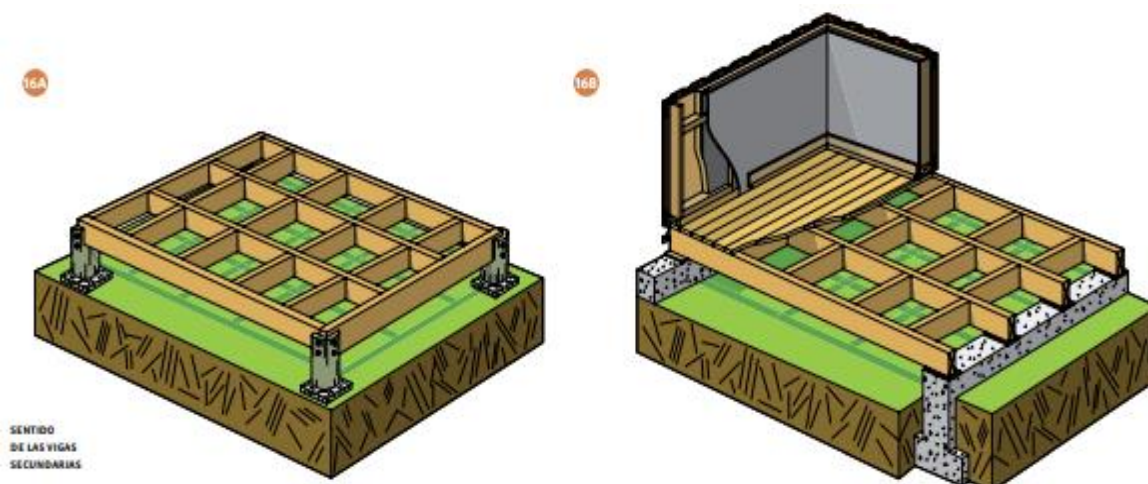
Tabla 3:Escuadrías de piezas de madera, distintos tipos para distintas luces a cubrir.

En el caso de la gran mayoría de las empresas distribuidas en Concepción no respetan las escuadrías impuestas por la OGUC, ya que no trabajan en base a sus normativas sino que más bien solo en base de la necesidad generada por el cliente, para entramados de tabiquería se utilizan escuadrías de 2"x3" en caso de viviendas de 1 piso, y para viviendas de 2 pisos cambian a piezas de 2" x 4", lo que no es lo que exige la norma ya que en base salvar luces el mínimo es una escuadría de 2"x4" y las empresas solo se basan en cuanto a soporte de la estructura aun cuando estas viviendas se venden sin calculo estructural, al igual que sin ningún documento que aluda a una clase de permiso de edificación.

## 2.4 ENTRAMADOS DE MADERA.

Los entramados para este tipo de construcciones también deben cumplir con requerimientos mínimos impuestos por la Ordenanza General de Urbanismo Y construcciones (OGUC), dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

## 2.5 DE LOS ENTRAMADOS DE PISO



Deberán ser ejecutados con piezas aceptadas según agrupamiento y clasificación que estén contempladas en las normas NCh 1989 (Maderas-Agrupamiento de especies madereras según su resistencia-Procedimiento), NCh 1970/1:1988 (Maderas - Parte 1: Especies latifolia das - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad), NCh 1970/2:1988 (Maderas - Parte 2: Especies coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad) y NCh 1207:2005 (Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad) según Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC, Chile, 2018).

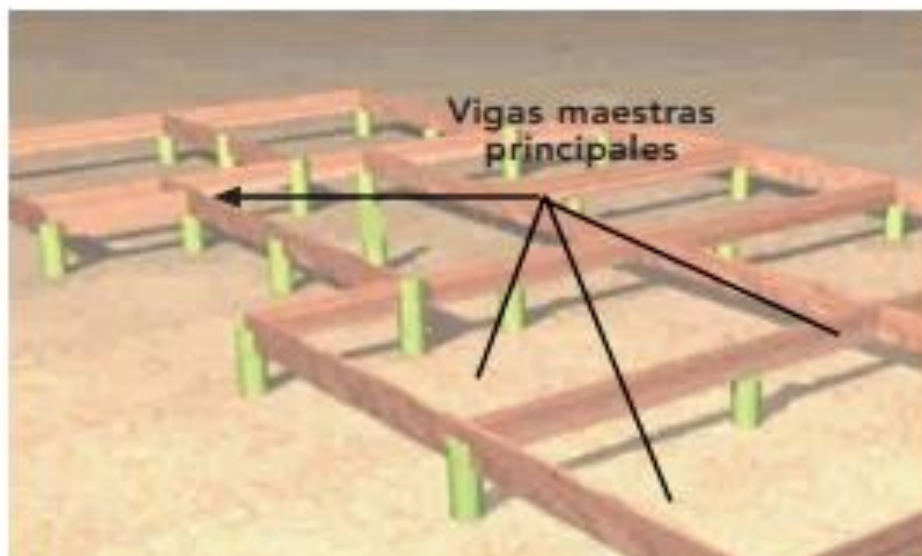
Dentro de las exigencias de la Ordenanza hay ciertas recomendaciones para este tipo de construcciones que aluden a los apoyos tanto de las viguetas en las cadenas como de muro-piso.

"Cualquiera que sea la disposición del apoyo de los entramados de madera de los muros y su ubicación con respecto a la altura del edificio, se cuidará que la estructura no esté expuesta a la influencia de la humedad, o que carezca de una aireación suficiente", indica la Ordenanza (OGUC, Chile, 2018).

## 2.6 DE LAS VIGAS MAESTRAS

El artículo 5.6.10 menciona también los requerimientos para las vigas principales o maestras que deben cumplir ya sea para su escuadría, como a la dirección de estas con respecto a los entramados horizontales con los que se encuentre y dentro de los cuales tenemos los siguientes:

1. Las vigas maestras tendrán dirección perpendicular a las vigas de entramados horizontales.



*Ilustración 3:Manual de construcciones de viviendas de madera, Fondef 2014).*

Las escuadrías de las vigas principales que reciben carga de un entramado dispuesto a uno de sus costados, medidas en milímetros, no podrán ser inferiores a las que, para las diferentes luces máximas de entramados y luces máximas de la viga principal, se indican en la siguiente tabla:

ESPECIES	LUZ MAXIMA ENTRAMADO (m)	LUZ MAXIMA VIGA PRINCIPAL (m)			
		1,5	2,0	2,5	3,0
Eucalipto, Luma	1.6	45x 70	45x 95	45x120	45x120
	2.4	45x 70	45x120	45x120	45x145
	3.2	45x 95	45x120	45x145	45x170
	3.6	45x 95	45x120	45x145	45x170
Laurel, Lingue, Pino Araucaria, Roble, Tineo, Ulmo	1.6	45x 95	45x120	45x120	45x145
	2.4	45x 95	45x120	45x145	45x170
	3.2	45x 95	45x120	45x170	45x195
	3.6	45x 95	45x145	45x170	45x195
Ciprés, Coihue, Lenga, Mañío, Olivillo, Raulí, Tapa	1.6	45x 95	45x120	45x145	45x170
	2.4	45x 95	45x120	45x170	45x195
	3.2	45x120	45x145	45x195	45x220
	3.6	45x120	45x145	45x195	45x220
Alerce	1.6	45x 95	45x120	45x145	45x170
	2.4	45x120	45x145	45x170	45x220
	3.2	45x120	45x170	45x195	70x195
	3.6	45x120	45x170	70x170	70x195
Alamo, Pino Insigne	1.6	45x 95	45x120	45x170	45x195
	2.4	45x120	45x145	45x195	45x195
	3.2	45x145	45x170	45x220	70x220
	3.6	45x145	70x195	70x195	70x220

*Ilustración 4.: Escuadría de vigas maestras con respecto a tipo de madera y luz a cubrir. fuente: archivo Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.*

Los puntos 3,4 y 5 que describe la ordenanza en este artículo, son netamente de distintas situaciones que se pueden presentar dentro de la construcción de la edificación de madera como:

**3.-** Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales, dispuestos uno a cada costado de ellas, deberán aumentarse las escuadrías que se indican en la tabla del número 4. De la presente tesis, según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base de la viga, manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40%, manteniendo su base.

**4.** Cuando las vigas principales reciben carga de un entramado horizontal, dispuesto a uno de sus costados, afectado por una sobrecarga mayor de 1,5kPa (150 kgf/m<sup>2</sup>), pero menor de 3,0 kPa (300 kgf/m<sup>2</sup>), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en tabla del número 4. De la presente tesis, según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base de la viga, manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40%, manteniendo su base.

**5.** Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales, dispuestos uno a cada costado de ellas, afectados por sobrecarga mayor de 1,5 kPa (150 kgf/m<sup>2</sup>), pero menor de 3 kPa (300 kgf/m<sup>2</sup>), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en tabla del número 4. De la presente tesis, según la

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

- a) Duplicar la base y aumentar la altura en un 40%.
- b) Duplicar la altura de la viga.
- c) Cuadruplicar la base de la viga.

Para cada uno de los puntos indicados dentro del artículo 5.6.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y en vista del estudio de funcionamiento, realizado a distintas empresas dentro de Concepción, se ha visualizado el no cumplimiento de ninguno de estos en la totalidad de las empresas en cuestión, así también, la no fiscalización de ningún ente sobre estas, y solo basándose y cambiando sus modalidades en base a la necesidad y requerimientos del cliente.

## 2.7 TABIQUES Y ENTRAMADOS VERTICALES

La tabiquería de muros verticales, al igual que cada parte de la vivienda debe cumplir



de igual manera con las normativas que exige la ordenanza, dentro de ellas existen algunas tales como los espaciamientos entre piezas del tabique, alturas de estas, etc.

El espaciamiento máximo entre pies derechos entre ejes en los tabiques no puede superar los 0.50m, según la ordenanza, exigencia que no todas las

*Ilustración 5: Entramado de madera vertical.*

empresas logran cumplir y no debido a problemas para desarrollar de buena manera este requisito, sino que simplemente por el ahorro de recursos al momento de fabricar los kits prefabricados (en el caso de empresas dedicadas al rubro de casas prefabricadas con venta única de kit) o ya sea en la construcción de la vivienda in situ.

También se solicita que el distanciamiento entre riostras y de estas con las soleras también siendo la distancia máxima de 0.65 m.

La altura de los diafragmas de fachada no deberá superar los 3 m para cada piso y la altura del diafragma se debe considerar de la distancia entre la solera inferior y superior.

La escuadría de las soleras y diagonales deberá ser igual a la de los pies derechos, normativa que no se cumple, puesto que no existe un orden dentro las escuadrías que utilizaran en cada una de las partes de la vivienda, solo se van modificando en cuanto al stock de madera que tenga cada empresa dentro de sus aserraderos o en su defecto de sus bodegas o galpones.

### **3 CAPÍTULO 2 - PROCESO CONSTRUCTIVO DE CASAS PREFABRICADAS**

En primer lugar, lo que se debe hacer al momento de construir una casa prefabricada es analizar los aspectos que requiere el usuario debido a que los metros cuadrados o pisos de la vivienda influye directamente en la forma de trabajo que ocupan las empresas de este rubro. Esto puede generar variaciones como en la escuadría de las piezas de madera a utilizar en la tabiquería (2x2, 2x3, 2x4, etc.), agregar refuerzos si es necesario (enferradura) y hasta cambios en el transporte en el cual se van a movilizar las partes de la construcción (tamaño y cantidad de camiones) ya que todo esto se construye en fabrica y solo se arma in situ dependiendo de la empresa.



Para armar las distintas partes de las casas prefabricadas la empresa puede contar con un aserradero que sea de su propiedad en el cual ellos mismo trabajen sus piezas de madera o pagar a uno particular para que les fabrique dichas piezas necesarias para la construcción de la vivienda (entramado, muros, techumbres, etc.)

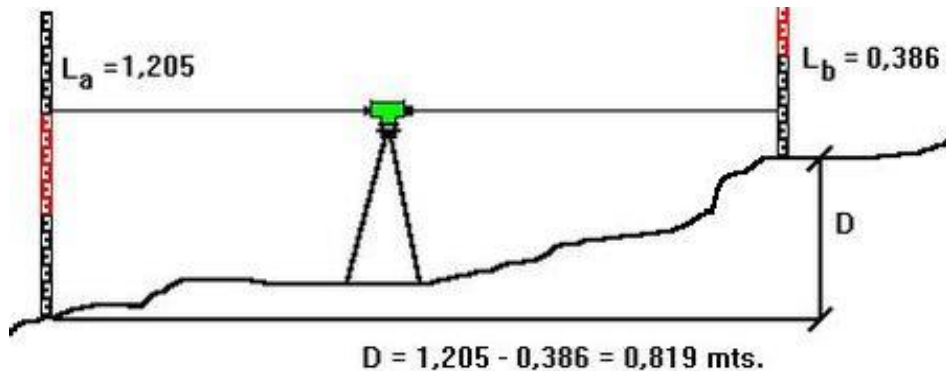
Esto se realiza en galpones en donde llega la madera a trabajar y de acuerdo a las exigencias que demanda el comprador se calcula la cantidad de piezas necesarias para llevar a cabo la obra, además de exigir al maestro o cuadrilla que trabaja en el aserrado las distintas escuadrías a utilizar en los palos según el lugar en el que van dirigidos, ya que en casos de viviendas de 2 pisos se debe tener en cuenta un primer piso con tabiquería más grande (2x4") o en el caso de las techumbres la utilización de palos 2x2" y así darle la mayor calidad posible al producto final consiguiendo a su vez cumplir



Cuando todas las partes de la construcción están fabricadas y listas para el montaje se deben transportar al lugar donde se construirá la vivienda, existen empresas que disponen de sus propios camiones con sus respectivos trabajadores (conductor, cargadores) como también existen empresas que solo arriendan para transportar, la cantidad depende netamente del tamaño de la casa a construir ya que de eso va a depender la cantidad de piezas existentes para transportar y se deben tomar en cuenta ciertos aspectos ya que la distancia o el acceso al lugar de la construcción de la casa prefabricada puede hacer variar el tipo de camión a utilizar además de aumentar el presupuesto del transporte en general por lo que se debe hacer el estudio antes de salir con las partes de la vivienda.

En el lugar en donde se construirá la casa prefabricada se deberán tomar todas las medidas necesarias antes de que lleguen las piezas de madera para así no atrasar el montaje de la vivienda, estas medidas van a variar dependiendo de las condiciones en

las que se encuentre el terreno a trabajar, ya que nos podemos encontrar con desniveles de pequeña o gran magnitud, terreno en malas condiciones para construir o condiciones externas (alguna instrucción del comprador) que compliquen el proceso de construcción de la fundación en donde se va a anclar la vivienda.



Cabe destacar que la empresa realiza todas las peticiones extras que pida el usuario, pero aumentando a través de una negociación el valor final de la construcción y en el caso de que no se llegue a un acuerdo la empresa solo construye lo que su modelo de casa entrega y no puede ser obligada a agregar o quitar partes de esta.

Al momento de instalar la casa prefabricada se deben tomar en cuenta distintos factores como la orientación en la que se quiere colocar la casa para aprovechar la luz solar, el tipo de terreno en el que se va a trabajar, la dirección del viento o la inclinación del lugar para evitar los problemas con el agua en caso de lluvias, todo esto corre por mano del comprador ya que la empresa no toma en cuenta estos factores a la hora de instalar la vivienda o simplemente le dejan el montaje total al usuario el cual deberá contratar un equipo externo para poder instalar su casa prefabricada en estos casos (sub contratos).

Cuando todo lo anterior este claro y realizado con éxito se debe construir una cimentación. En esta etapa se realizan todos los trabajos correspondientes sobre el terreno para acondicionarlo a las necesidades de la vivienda. La cimentación puede ser un radier que varía de 10 a 30 cm de espesor o si es que el terreno queda con grandes desniveles se utilizan poyos de fundación los cuales permiten llegar a la cota deseada. (casas maitén, 2019)



“Se realizan forjados contruidos por vigas de madera apoyadas en los extremos y en puntos intermedios donde se encuentran los pies derechos con sus respectivas cadenas” (manual de diseño, 2012), con clavos de 4 en la mayoría de los casos o uniones como el tipo Simpson para una unión de mayor calidad. De esto se forman

entramados que le otorgan mayor resistencia y una distribución de carga más uniforme. Si dichos entramados llevan vanos (puertas o ventanas) se toman las medidas correspondientes (dintel, jambas, muchachos, alfeizar, puntal) para así dejar preparado los espacios necesarios para la futura instalación de estos, cabe destacar que todo esto se realiza en los aserraderos anteriormente nombrados.

“Luego se montan las paredes las cuales se deben anclar a la cimentación con espárrago con punta hilada de diámetro mínimo de 8mm” (manual de diseño, 2012) o por otra parte puede ser con “anclajes de acero liso de 6mm de diámetro” (OGUC, Chile, 2018) y se instala el entramado horizontal de madera si se estipulo anteriormente el cual se monta en la fundación, “la unión entre tabiques es mediante 3 pernos de acero de 8mm de diámetro distribuidos en la altura de cada piso” (OGUC, Chile, 2018)

El encuentro de esquina entre dos muros que conforman un ángulo generalmente ortogonal, considera que la solera de amarre debe fijarse alternadamente con respecto a la solera superior de los entramados que se unen. La fijación puede ser con clavos helicoidales de 3 1/2” o corrientes, cada 150mm dispuestos en forma alternada, a 15 mm del borde luego se monta el tejado según el modelo de casa adquirido. (manual de diseño, 2012)

En el caso de que sea una vivienda de 2 pisos se debe considerar para el primero, como mínimo, los 40 mm de “pestaña” o “corta gotera” y en el borde superior del tablero, coincidir a media altura de la solera de amarre. (manual de diseño, 2012), se deberá construir un entre piso el cual será un entramado de madera que se monta sobre los muros perimetrales del primer piso. La especificación de los elementos referidas a escuadrías, largos y distanciamientos dependerán del cálculo estructural o de la experiencia que posea la empresa. (Casas Carbonell, 2014)

Para el cerramiento vertical de la vivienda se instalan elementos sobre los paneles estructurales de las paredes haciendo clavados perimetrales e intermedios y los elementos para los suelos de las plantas se colocan sobre los forjados con el mismo sistema de clavado que el cerramiento vertical. Terminando esta parte se colocan las ventanas y las puertas que se instalan en los espacios verticales de las paredes preparados anteriormente.

Para finalizar el montaje de la casa se cubre la madera que este expuesta a humedad con barniz al agua o el elegido por él usuario y los entramados que estén en contacto directo con el exterior o ambientes húmedos, deberán ser estancos al agua y a la humedad, pudiendo emplearse polietileno, fieltros u otros impermeabilizantes. (OGUC, 2018)

El revestimiento interior puede ser de variados materiales, siendo los más utilizados maderas (molduras y placas), planchas en base a yeso cartón o fibro-cemento entre otras.

Se le dan terminaciones al suelo de baños y cocinas (zonas húmedas) según el modelo de casa que se adquirió y se le coloca un acabo decorativo estándar o uno propuesto por el comprador. Finalmente, la colocación de muebles en general varía según el modelo de casa elegido. (Casas Carbonell, 2014)

En el caso de que el montaje de la vivienda corra por manos de la empresa esta deberá tener una cuadrilla de trabajo que logre terminar la instalación en los tiempos que esta misma designo ya sea con sub contratos o con su personal de planta, esto depende únicamente del tamaño de la empresa (recursos) o su modalidad de trabajo (sin personal de planta).

Para el montaje de la vivienda prefabricada existen 2 formas de trabajo, kit y de "entrega de llave" esto depende totalmente de la forma de trabajo de la empresa ya que existen algunas que usan un solo método, como también existen empresas que trabajan con las 2 formas de trabajo.

Las casas tipo kit son de menores valores que las "entrega de llave" se demoran menos tiempo en general (armado, transporte, montado y entrega) pero con un nivel de calidad muy inferior a la otra forma de trabajo, no se usa entramado de piso necesariamente ya que el usuario es el que elige donde va a montar los paneles que se le entregaran ya armados de fábrica, esta fundación es en su mayoría un radier de 10 a 30 cm de espesor el cual es elegido por el comprador que puede tener conocimiento básicos de construcción, consultar a personas especializadas en el tema o simplemente se apoya en la misma empresa que le vendió la casa prefabricada.

La terminación de las casas tipo kit deja mucho que desear ya que las infiltraciones de todo tipo son sumamente notorias, juntas como muro-ventana o muro cielo tienen aberturas de 1, 2 o hasta 3cm, y las juntas en general están a la vista en la mayoría de los casos.

Con todas estas cualidad se puede concluir que las casas tipo kit mencionadas anteriormente priorizan la velocidad de trabajo y la cantidad de ventas antes que la calidad del producto que se va a entregar además de destacar que el gasto energético se ve directamente afectado ya que al ser casas que no cumplen los requisitos mínimos de hermeticidad no llegan a tener el confort térmico que la mayoría de las personas necesitan por lo que estas optan a métodos de calefacción extras como lo son las estufas o aires acondicionados en exceso ya que las medidas habituales no alcanzan a cubrir todo estos problemas.

Al hacer visitas a terreno y tener conversaciones con distintas empresas especializadas en viviendas kit descubrimos que sus tabiquerías muchas veces son con madera en mal estado, con cualidades de pudrimiento o deterioros despreciando los peligros que conlleva usar madera en esas condiciones y saltándose cualquier tipo de ley que rija las construcciones en madera solo por el hecho de poder ahorrar recursos.

Por su parte las casas "entrega de llave" son de costos más elevados ya que su proceso constructivo cubre las necesidades básicas de una vivienda y en casos específicos en donde el usuario exige ciertos parámetros los cuales ayudan a la calidad de la construcción estas se convierten en un producto que cumple requisitos mínimos y avanzados, pero destacando que esto es netamente por la solicitud del usuario ya que las empresas no están en ningún momento obligada a cambiar su forma de trabajo.

Estos cumplen los requerimientos de los compradores sin basarse en alguna ley o parámetro de construcción, más bien buscan soluciones externas que los favorezcan a

ellos (economía y rapidez) además de cumplir las expectativas del comprador, esto les ayuda a aumentar su prestigio como empresa sin necesidad de gastar en exceso.

Este tipo de vivienda modifica algunos aspectos de su proceso constructivo de acuerdo al modelo que se está comprando como también puede cambiar su forma de trabajo para cumplir las exigencias externas implantadas por el comprador, además todas las empresas tienen cualidades particulares a la hora de construir por lo que nos podemos encontrar con diversas formas de cimentación (poyos de fundación, radier), tabiquerías con distintas escuadrías y tipos de madera, terminaciones de buena y también mala calidad (juntas a la vista, pequeñas infiltraciones, puentes térmicos).

#### **CASA ENTREGA DE LLAVE:**



#### **CASA TIPO KIT:**



Luego de que se elige la cimentación en la que se va a apoyar la vivienda se procede al transporte de entramados y tabiques para empezar el montaje, según empresas a las cuales hemos ido a recopilar información se nota que es un proceso bastante rápido.



Las viviendas son de nivel de calidad óptimo, siguen teniendo infiltración, pero la terminación que se les da a las juntas (ninguna a la vista) que es donde más se encuentran estas infiltraciones nos demuestra que hay una preocupación por la construcción,

Destacando que no se hace para construir de acuerdo a la ley ya que como nadie los fiscaliza depende únicamente de ellos la moral que empleen al construir, la cual en algunos casos se acerca a lo estipulado por la OGUC, pero en su mayoría es para mejorar el prestigio de la empresa.

Ejemplo: Usan madera de primera categoría la cual está en buenas condiciones, pero se observó la reutilización de piezas de madera en estado estándar, en lugares como cadenas de la tabiquería y solo se cubre.

**4 CAPÍTULO 3 – CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE ACONDICIONAMIENTO  
TÉRMICO.**

#### 4.1 **NORMATIVA TÉRMICA DE LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES.**

La ordenanza General de Urbanismo y Construcciones es aquella entidad que rige como se dijo anteriormente a todas las edificaciones, por ende, todos sus artículos son válidos para aplicar sobre las viviendas prefabricadas.

El Artículo 4 de esta Ordenanza (OGUC) se refiere a la arquitectura de las viviendas en su totalidad, pero más específicamente en el Artículo 4.1.10 estipula las exigencias de acondicionamiento térmico tanto como para su estructura de techumbre, como de su complejo de piso, muro, puertas y ventanas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Para cada uno de los complejos de la envolvente, la Ordenanza exige un estándar mínimo, ya sea, para transmitancia térmica (U) como para resistencia térmica total (Rt) en base a los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, definiendo así a la comuna de Concepción dentro de la zona 4 de estos planos, por lo tanto, los valores de estos estándares para esta zona se encuentran en la siguiente tabla:

*Tabla 4: Parámetros exigidos por la OGUC para transmitancia y resistencia térmica, Fuente: Elaboración propia en base a la OGUC.*

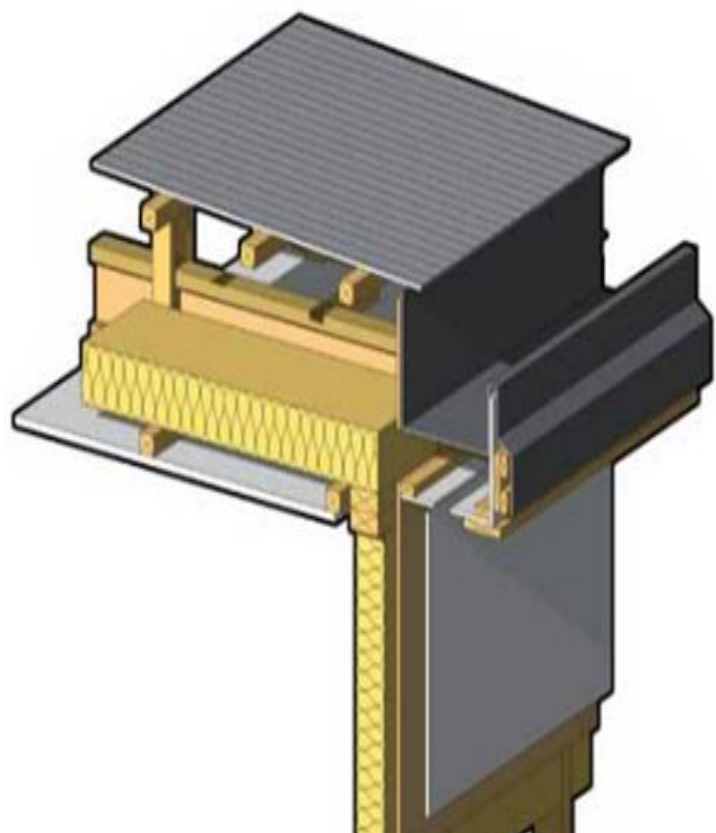
ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	RT	U	RT	U	RT
	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup> K/W
4	0.38	2.63	1.7	0.59	0.60	1.67

#### 4.2 **DE LA TECHUMBRE**

En el caso de las techumbres la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, considerara complejo de techumbre a todo el conjunto de elementos constructivos que lo conformen, tales como, cielo, cubierta, aislación térmica, cadenetas y vigas.

La OGUC establece exigencias de acondicionamiento térmico y son las siguientes:

- Para que el complejo de techumbre en caso de mansardas o parámetros inclinados, lo considerará como tal si cumple con una inclinación de 60°



sexagesimales o menos medidos desde la horizontal.

- Para minimizar la cantidad de puentes térmicos, todas las soluciones constructivas o aislantes térmicos, solo podrán ser interferidos por cerchas, vigas y/o tuberías, ductos o cañerías de instalaciones domiciliarias.
- Los materiales aislantes deberán conservar la continuidad en la que se encuentren los encuentros de muros perimetrales y complejos de techumbre.
- Para que el aislante térmico sea continuo en el complejo de techumbre, toda estructura que este unida a este complejo deberá cumplir con la misma exigencia indicada en la tabla anterior.

### **4.3 DE LOS MUROS.**

Las exigencias que aplicara la Ordenanza sobre los complejos de muros serán las siguientes:

- Las exigencias de acondicionamiento térmicos señaladas en la tabla anterior serán aplicables sobre los muros/tabiques soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con los exteriores y no así a los muros/tabiques medianeros que separen lugares interiores de esta.
- Para minimizar la cantidad de puentes térmicos en los tabiques perimetrales, los materiales de aislación térmica solo podrán ser interferidos por elementos estructurales como pies derechos, diagonales estructurales y/o tuberías, cañerías de instalaciones domiciliarias.
- Si el complejo de muro contiene algún material aislante térmicos deberán considerar barrera de humedad y/o vapor, según el tipo de material utilizado en la solución constructiva.

### **4.4 DE LOS PISOS VENTILADOS.**

Se considerará complejo de piso a todo elemento constructivo que lo conforme y que no esté en contacto directo con el terreno.

Al igual que todos los complejos antes nombrados, también se buscará dentro de las exigencias para complejos de piso minimizar la cantidad de puentes térmicos, por lo tanto, el material aislante térmico utilizado solo se podrá interrumpir por elementos estructurales tales como, vigas, tuberías, ductos o cañerías correspondientes a instalaciones domiciliarias.

También existen algunas alternativas para cumplir las exigencias térmicas que impone la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (revisar tabla ...), las cuales son las siguientes:

- Incorporación de material térmico a los complejos de techumbre, muro y piso, cuyo  $r_{100}$  mínimo supere los estándares térmicos indicados en la siguiente tabla en base a la Norma NCh 2251:

ZONA	TECHUMBRE R100	MUROS R100	PISOS VENTILADOS R100
4	235	46	150

Tabla 5: Fuente: Elaboración propia en base a OGUC.

Según la norma NCh 2251, R100 es el valor equivalente de resistencia térmica ( $m^2K/W$ ) x100.

- Mediante un certificado de ensaye otorgado por un laboratorio inscrito en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del MINVU (Ministerio de Viviendas y Urbanismo), demostrando el cumplimiento de la resistencia térmica y transmitancia térmica para complejos de muros, techumbres y pisos ventilados.
- Mediante cálculo en base a la Norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la resistencia o transmitancia térmica para complejos de muro, techumbres y pisos ventilados.
- Y, por último, mediante especificación de una solución constructiva para complejos de techumbres, muros y pisos ventilados inscritas dentro del Listado de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico confeccionado por el MINVU.

En el Artículo 4.1.10 Bis de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, se especifica con claridad que en caso de que la zona en cuestión este bajo la reglamentación de un Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PDA) deberá abstenerse a las exigencias de acondicionamiento térmico del plan correspondiente.

Por lo tanto, todo cálculo de transmitancia térmica como de infiltraciones de aire permitidos se hará en base a este Plan que afecta a la zona de Concepción.

#### 4.5 PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN CONCEPCIÓN.

El plan de prevención y descontaminación atmosférica en Concepción es un plan desarrollado por el PDA Concepción y que busca disminuir la contaminación dentro de la ciudad en cuanto a lo calefacción respecta, pero a su vez también busca mejorar la calidad de la infraestructura de las viviendas en esta zona, por ende, al momento de entrar en vigencia exigirá estándares aún más altos para la construcción de viviendas nuevas en la zona de Concepción metropolitano.

#### 4.6 DE LAS REGULACIONES.

Las regulaciones a las que está enfocada el proyecto son 4:

- 1) Regulación referida al uso y mejoramiento de calidad de la leña y sus derivados.
- 2) Regulación referida al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos.
- 3) Regulación referida al mejoramiento de la eficiencia térmica de la vivienda.
- 4) Regulación referida a proyectos inmobiliarios.

Para la presente investigación solo se abordará el punto 3 en cuanto a las regulaciones de mejoramiento de eficiencia térmica de la vivienda, punto que está especificado para distintas situaciones entre el artículo 22 y el artículo 27 de este plan de prevención.

La seremi de vivienda y urbanismo del Bio Bio solicitará los recursos necesarios para financiar en la comuna de Concepción Metropolitano más de 20.000 subsidios de acondicionamiento térmico en casas existente en la región. (PDA Concepción, 2018).

Además dentro de los requisitos para optar a este subsidio de acondicionamiento térmico que está básicamente elaborado para viviendas sociales, no desliga a las casas prefabricadas de poder optar a él, por lo menos, en la zona de Concepción ya que en uno de sus requisitos especifica ‘ ‘La vivienda debe ser vivienda social o construida por SERVIU o que sea de una tasación fiscal no mayor a 650 UF, excepto para la postulación de acondicionamiento térmico para zonas con PDA donde pueden postular cualquier vivienda hasta 140 m2` ` (PDA Concepción, 2018).

A 12 meses de entrar en vigencia este Plan de prevención, ya no solo regirá a las viviendas que utilizaron el subsidio, sino que también a toda vivienda construida dentro de la zona sujeta a este plan, en este caso Concepción Metropolitano (Lota, coronel, concepción, Talcahuano, Hualpén, hualqui, etc....) y deberán cumplir con las siguientes exigencias:

- 1) Transmitancia térmica máxima de la envolvente.
  - 1.1) Los proyectos de acondicionamiento térmico para viviendas nuevas, deberán cumplir con los estándares impuestos en la siguiente tabla:

ELEMENTO	ESTÁNDAR	VALOR
TECHO	<b>VALOR U (W/M<sup>2</sup>K)</b>	0.33
MURO		0.60
PISO VENTILADO		0.60

Tabla 6: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018

Con efecto de cumplir estos estándares, se podrá recurrir a cualquiera de las siguientes 4 alternativas:

- a) Colocación de un material aislante térmico incorporado al complejo de techumbre, complejo de muro o complejo de piso ventilado, cuyo R100 mínimo rotulado cumpla con los valores establecidos en esta tabla:

ELEMENTO	ESTÁNDAR	VALOR
TECHO	<b>VALOR R100 (M<sup>2</sup>K/W) x100</b>	303
MURO		167
PISO VENTILADO		167

Tabla 7: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018.

- b) Mediante certificado de ensaye en base a la norma NCh 851, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.
- c) Mediante cálculo realizado en base a la norma NCh 853 y NCh 3117, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica de los complejos de muro, techumbre y piso ventilado

- d) Mediante una solución constructiva específica para cada uno de los complejos (techumbre, muro y piso ventilado), que corresponda a las soluciones inscritas en el listado de soluciones constructivas para el acondicionamiento térmico, confeccionado por el Ministerio de vivienda y Urbanismo (PDA Concepción, 2018).
- 2) De igual manera la solución constructiva que se adopte debe disminuir el riesgo de condensación que deberá ser sometida a cálculo en base a la norma NCh 1973 considerando los criterios impuestos por el MINVU. (Plan de prevención y descontaminación atmosférica en Concepcion,2018).
- 3) En cuanto a infiltraciones de aire se disminuyó bastante el número de infiltraciones por hora permitidos para esta zona, desde 9 a 5 y que es el actual valor que deben cumplir las construcciones nuevas dentro de la zona, lo cual está indicado en la siguiente tabla:

Tabla 8: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018.

ELEMENTO	ESTÁNDAR	VALOR
<b>VIVIENDA COMPLETA</b>	CLASE DE INFILTRACION DE AIRE A 50Pa (ACH).	<b>5</b>

El cumplimiento de la clase de infiltración de aire está referido principalmente a las partidas de sellos de puertas y ventanas, sellos de uniones en encuentros (piso-muro, muro-cielo, etc.), sello de canalizaciones y sellos en instalaciones. ((Plan de prevención y descontaminación atmosférica en Concepción, 2018).

Puertas y ventanas también deberán cumplir con estándares mínimos para el grado de estanqueidad del aire indicado en la siguiente tabla:

ELEMENTO	ESTÁNDAR	VALOR
<b>PUERTA Y VENTANA</b>	GRADO DE ESTANQUEIDAD AL VIENTO A 100Pa (m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> )	<b>10</b>

Tabla 9: Fuente: Elaboración propia con datos del PDA Concepción, 2018.

La acreditación del cumplimiento de los requerimientos de la norma puede ser realizada adjuntando una memoria de cálculo, mediante ensayos o utilizando soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas del MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

- 4) El último punto de este Plan de prevención y descontaminación atmosférica en Concepción es la ventilación de las viviendas.

Las viviendas deberán contar con un sistema de ventilación que garantice la calidad del aire interior de esta y el confort térmico para la gente que la habita. (PDA Concepción, 2018).

Lo anterior debe ser acreditado en base a las normas NCh 3308 y NCh 3309, según corresponda. El sistema de ventilación deberá considerar sistemas mecánicos de salidas de aire al exterior, pudiendo ser las entradas de aire natural o mecánica, con al menos dos puntos de extracción de aire ubicados en baño y cocina con encendido mediante control de higrostató, que controla la humedad relativa en el interior de la envolvente, evitando la formación de condensación y corrosión de la componente (PDA Concepción, 2018).

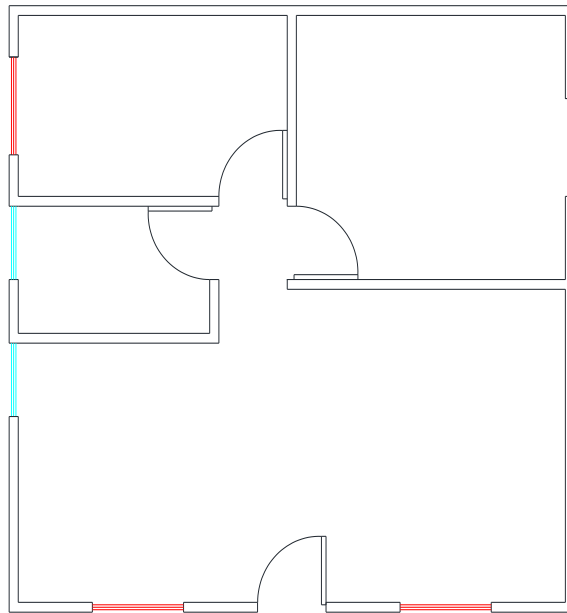
#### 4.7 ANÁLISIS DE VIVIENDA PREFABRICADA

- Casa de 36m<sup>2</sup> (6x6), plano de planta.

#### 4.8 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA:

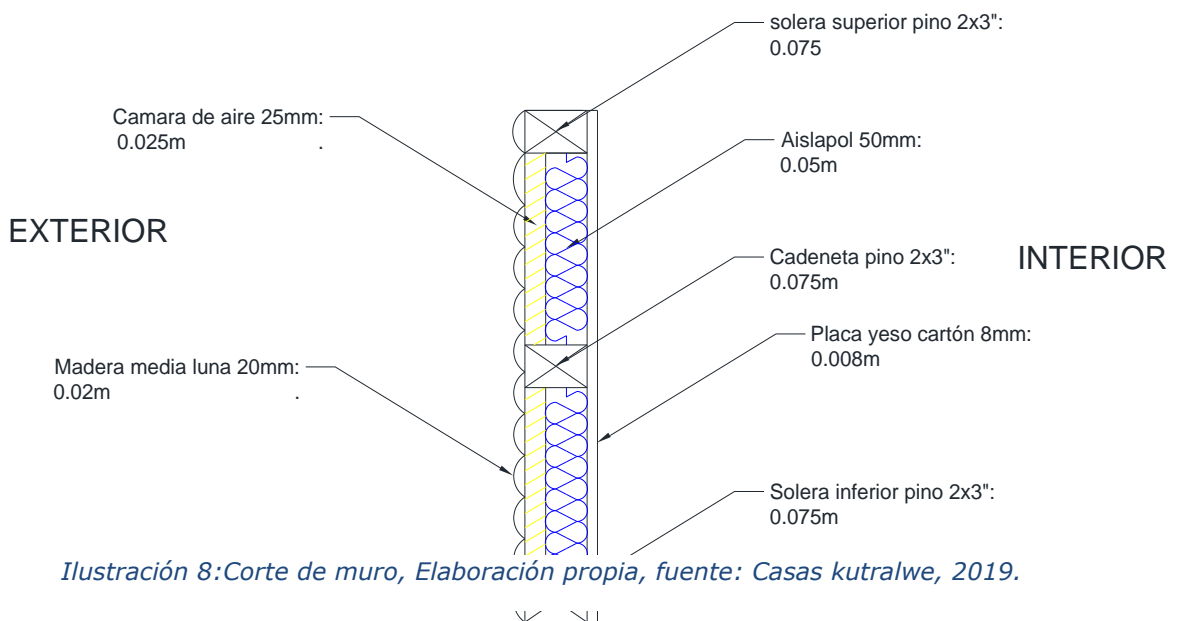
- 1) Distanciamiento de piezas a 60cm a eje en muros (pie derecho), entramados y cielos.
- 2) 2 corridas de cadenetas y diagonales de 2,4m.
- 3) Puertas de 75cm de ancho y 2m de alto.
- 4) Ventanas de 1m x 1m y de 55cm x 55cm (zonas húmedas).

- **Planta vivienda 36 m<sup>2</sup>:**



*Ilustración 7: Plano planta, Elaboración propia. fuente: casas kutralwe, 2019.*

#### 4.9 CORTE DE MURO PREFABRICADO:



*Ilustración 8: Corte de muro, Elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019.*

- Teniendo todas las partes del muro con sus respectivos espesores y tramitación térmica se puede calcular "U" el cual junto a las superficies de estructura y aislación nos arrojará de resultado el  $U_{ponderado}$ .

Cálculo de "U" a través de 2 posibles pasos de calor.

1) **Volcanita, pino y media luna.**

				1		
$U_1=$	0,12	0,02	0,075	0,008	0,05	
		0,104	0,104	0,24		
				1		
$U_1=$	0,12	0,19230769	0,72115385	0,03333333	0,05	
	1					
$U_1=$	1,11679487					
$U_1=$	0,89541958					

Tabla 10: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

2) **Volcanita, poliestireno, camara de aire y media luna.**

				1		
$U_2=$	0,12	0,02	0,165	0,05	0,008	0,05
		0,104		0,0384	0,24	
				1		
$U_2=$	0,12	0,19230769	0,165	1,30208333	0,03333333	0,05
	1					
$U_2=$	1,86272436					

Tabla 11: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

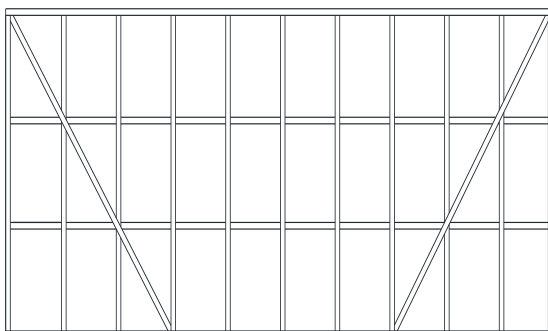
**Nos da como resultado:**

- $U_1$ : 0.895W/m<sup>2</sup>k
- $U_2$ : 0.54 W/m<sup>2</sup>k.

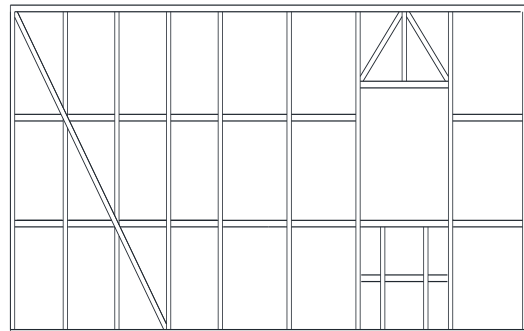
#### 4.10 CÁLCULO DE SUPERFICIE ESTRUCTURAL Y DE AISLACIÓN (m<sup>2</sup>).

Este cálculo analiza únicamente lo muros perimetrales de la vivienda tomando en cuenta toda la tabiquería y los espacios de aislación que tenga la construcción.

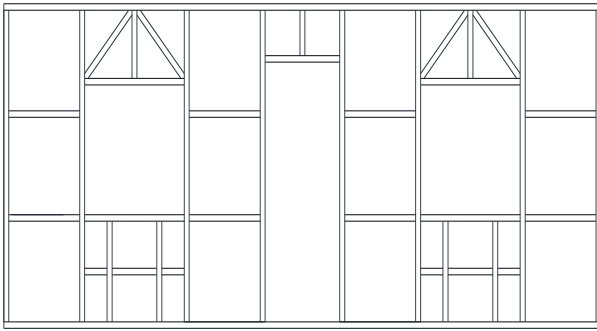
1) Muro sin vanos.



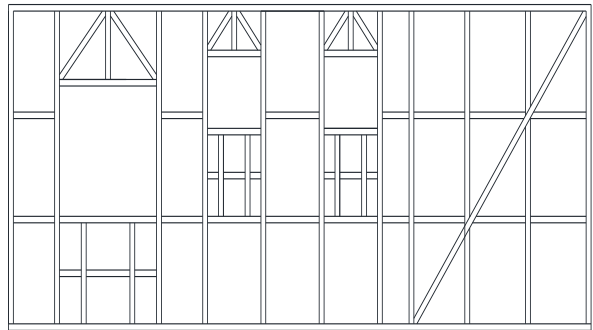
2) Muro con 1 ventana



3) Muro con 2 ventanas y 1 puerta.



4) Muro con 3 ventanas.



Se calcular la superficie de estructura y de aislación para cada muro por separado para luego sumar todas las de estructura y todas las de aislación, así se obtiene la superficie total de estructura y aislación de la vivienda.

**Superficie de estructura:** 10,159m<sup>2</sup>

- **Superficie de aislación:** 43,51m<sup>2</sup>

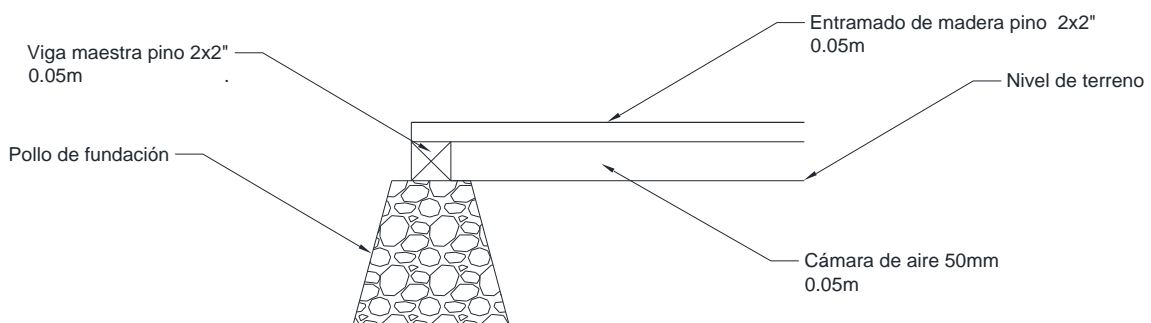
Una vez que se obtiene el "U" y las superficies de los muros se precede a aplicar la siguiente formula.

$$U_p = \frac{(SUP1 * U1) + (SUP2 * U2)}{SUP1 + SUP2}$$

- **La cual nos da como resultado:** 0.61W/m<sup>2</sup>k.

A continuación, se realiza el mismo procedimiento para piso y cielo.

#### 4.11 CORTE DE SUELO:



*Ilustración 9: Corte de suelo, elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019.*

Aquí nos encontramos con 2 tipos de "u":

### Entramado de madera 2x2" y viga maestra de madera 2x2"

			1	
$U_1=$	0,17	0,05	0,05	0,05
		0,104	0,104	
			1	
$U_1=$	0,17	0,48076923	0,48076923	0,05
	1			
$U_1=$	1,181538462			
$U_1=$	0,846354167			

Tabla 12: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

### Entramado de madera 2x2" y camara de aire 50mm

			1	
$U_2=$	0,17	0,05	0,165	0,05
		0,104		
			1	
$U_2=$	0,17	0,48076923	0,165	0,05
	1			
$U_2=$	0,865769231			
$U_2=$	1,155042203			

Tabla 13: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Nos da como resultado:

- **U1:** 0,85W/m2k.
- **U2:** 1,16W/m2k.

#### 4.12 CÁLCULO DE SUPERFICIE DE ESTRUCTURA (no lleva aislación):

Entramado de piso

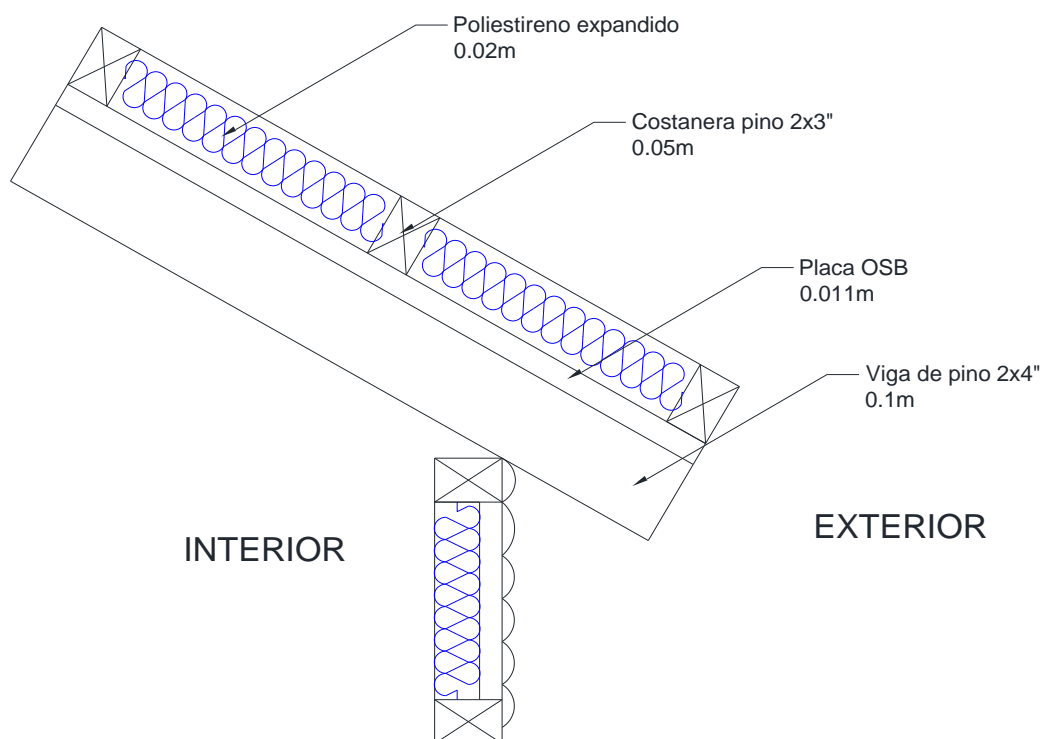

- **Superficie de estructura:** 6,298m<sup>2</sup>

Obteniendo los "U" y la superficie de estructura solamente (en este caso) se aplica la siguiente formula.

$$U_p = \frac{(SUP1 * U1) + (SUP2 * U2)}{SUP1 + SUP2}$$

- La cual nos da como resultado: **1,034 W/m<sup>2</sup>k.**

#### 4.13 CORTE DE CERCHA:



*Ilustración 10: Corte de cercha, elaboración propia, fuente: Casas kutralwe, 2019.*

**Aquí nos encontramos con 4 tipos de "u":**

<b>Viga, osb y poliestireno expandido.</b>					
			1		
<b>U1=</b>	0,05	0,1	0,011	0,02	0,12
		0,104	0,103	0,0384	
			1		
<b>U1=</b>	0,05	0,96153846	0,10679612	0,52083333	0,12
	1				
<b>U1=</b>	1,759167911				
<b>U1=</b>	0,568450569				

Tabla 14: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

<b>Viga, osb y costanera.</b>					
			1		
<b>U2=</b>	0,05	0,1	0,011	0,05	0,12
		0,104	0,103	0,104	
			1		
<b>U2=</b>	0,05	0,96153846	0,10679612	0,48076923	0,12
	1				
<b>U2=</b>	1,719103809				
<b>U2=</b>	0,581698438				

Tabla 15: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

<b>osb, costanera.</b>					
				1	
<b>U3=</b>	0,05	0,011	0,05	0,12	
		0,103	0,104		
			1		
<b>U3=</b>	0,05	0,10679612	0,48076923	0,12	
	1				
<b>U3=</b>	0,757565347				
<b>U3=</b>	1,320018139				

Tabla 16: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.



**5 CAPÍTULO 4 – PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE COSTO EN MEJORA.**

Como se ha observado existe claramente un no cumplimiento de las exigencias tanto para métodos constructivos como para normas de acondicionamiento térmico en las viviendas que ofrecen al público, por esto es que hemos propuesto algunas soluciones constructivas para cumplir con todas las exigencias antes mencionadas en la comuna de Concepción tanto para la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones como para el Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica.

Nuestras soluciones serán elaboradas en base al Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento térmico (Minvu, 2014) y buscan aumentar la aislación térmica en los complejos de muro, techumbre y pisos ventilados para cumplimiento de las exigencias propuestas por el plan existente, agregando tanto materiales de aislación térmica como aumento en los espesores de estos mismos.

Como se mencionó anteriormente, el plan regulador nos da 5 alternativas para cumplimiento de las normativas, de las cuales se usarán las últimas dos para la elaboración de estas soluciones.

La primera realizada en el capítulo anterior, donde se calculó los valores de transmitancia y resistencia térmica correspondiente de todos los complejos que hoy se encuentran en el mercado de las viviendas prefabricadas, verificando el no cumplimiento de las normativas y exigencias, en base a la Norma NCh 853 (Instituto Nacional de Normalización, 2007).

En segundo lugar, está la proposición de una solución constructiva basándose en Listado Oficial propuesto por el MINVU (Ministerio de Viviendas y Urbanismo).

### 5.1 CORTE DE MURO CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA.

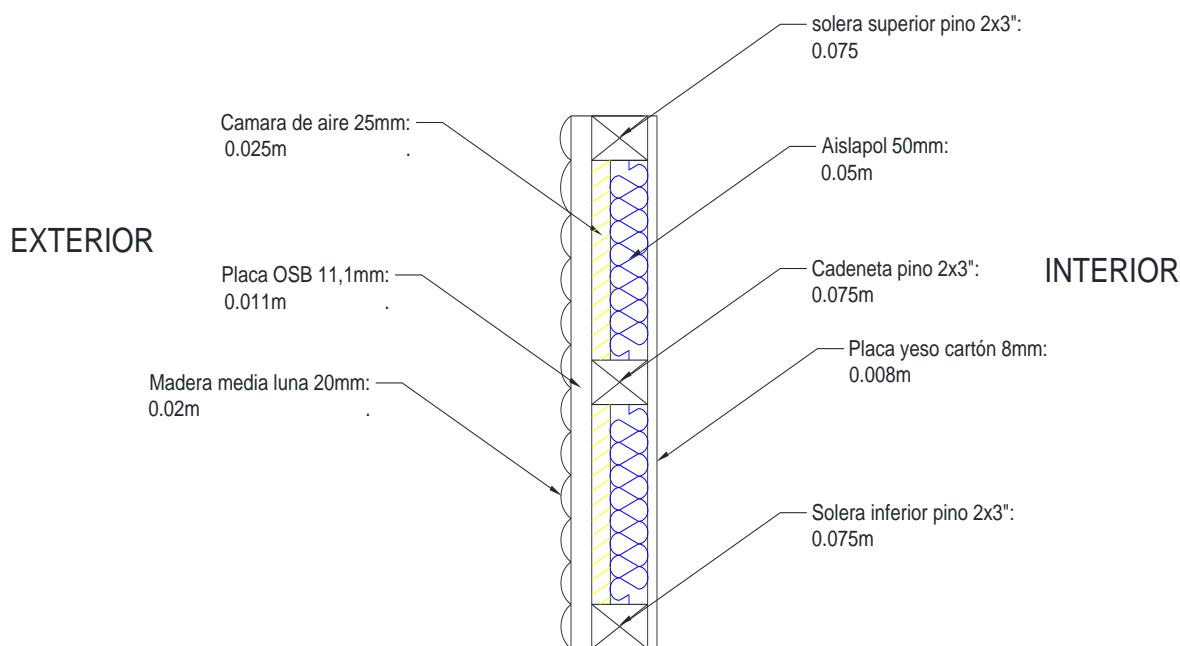


Ilustración 11: Corte de muro con solución, elaboración propia.

La solución seleccionada fue agregar una placa de OSB de 0,011m de espesor entre las medias lunas del exterior y las cadenetetas.

**Cálculos de “u”:**

Volcanita, pino, OSB y media luna.							
				1			
U <sub>1</sub> =	0,12	0,02	0,011	0,075	0,008	0,05	
		0,104	0,106	0,104	0,24		
				1			
U <sub>1</sub> =	0,12	0,19230769	0,10377358	0,72115385	0,033333333	0,05	
	1						
U <sub>1</sub> =	1,220568457						
U <sub>1</sub> =	0,819290384						

Tabla 18: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Volcanita, poliestireno, camara de aire, OSB y media luna.							
				1			
U <sub>2</sub> =	0,12	0,02	0,011	0,165	0,05	0,008	0,05
		0,104	0,106		0,0384	0,24	
				1			
U <sub>2</sub> =	0,12	0,19230769	0,10377358	0,165	1,302083333	0,033333333	0,05
	1						
U <sub>2</sub> =	1,966497944						
U <sub>2</sub> =	0,508518203						

Tabla 19: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Teniendo los nuevos cálculos de los posibles pasos de calor “u” se utilizan las mismas superficies y se aplica la siguiente formula.

- Superficie de estructura: 10,159m<sup>2</sup>
- Superficie de aislación: 43,51m<sup>2</sup>

$$U_p = \frac{(SUP1 * U1) + (SUP2 * U2)}{SUP1 + SUP2}$$

Nuestro nuevo resultado del u ponderado es de 0,57 W/m<sup>2</sup>k por lo que entra sin problemas a los parámetros exigidos y señalados anteriormente.

La solución seleccionada para el suelo fue agregar poliestireno expandido de 0,05m de espesor y una placa OSB de 0,011m de espesor en el lugar donde se encontraba una cámara de aire.

## 5.2 CORTE DE SUELO CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA.

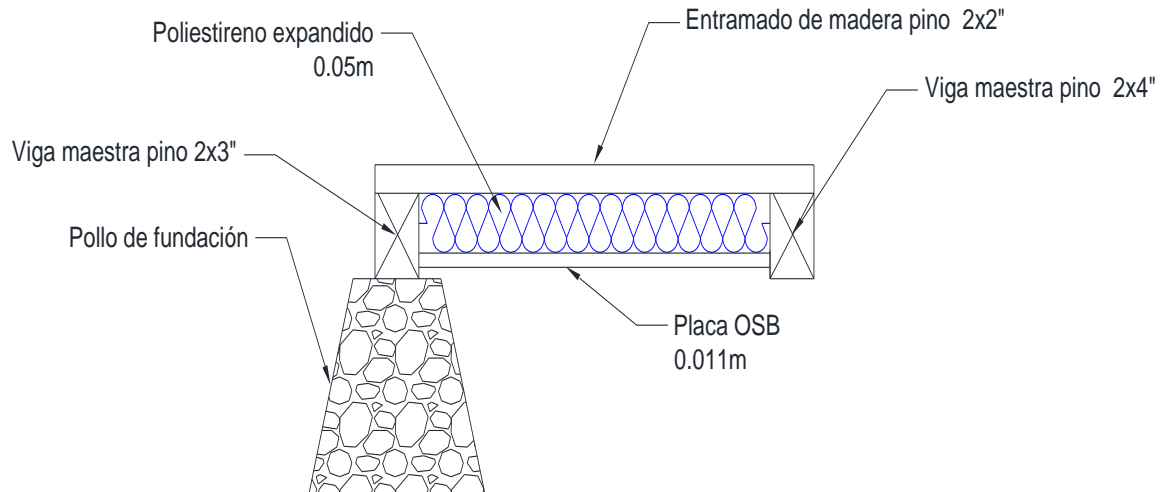


Ilustración 12: Corte de piso con solución, elaboración propia.

### Cálculos de "u":

Entramado de madera 2x2" y viga maestra de madera 2x2"				
			1	
$U_1=$	0,17	0,05	0,05	0,05
		0,104	0,104	
			1	
$U_1=$	0,17	0,48076923	0,480769231	0,05
	1			
$U1=$	1,181538462			
$U_1=$	0,846354167			

Tabla 20: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Entramado de madera 2x2", poliestireno expandido y OSB.					
			1		
$U2=$	0,17	0,05	0,05	0,011	0,05
		0,104	0,0384	0,103	
			1		
$U2=$	0,17	0,480769231	1,30208333	0,106796117	0,05
	1				
$U2=$	2,10964868				
$U2=$	0,47401257				

Tabla 21: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Se utilizan la misma superficie de estructura, pero se debe calcular la superficie de aislación al agregar el poliestireno expandido y se aplica la misma fórmula de muros.

- Superficie de estructura: 6,298m<sup>2</sup>
- Superficie de aislación: 30,912m<sup>2</sup>

$$U_p = \frac{(SUP1 * U1) + (SUP2 * U2)}{SUP1 + SUP2}$$

Nuestro nuevo resultado de  $u_{ponderado}$  es de 0,54 W/m<sup>2</sup>k por lo que al igual que el muro entra sin problemas a los parámetros exigidos en el Plan de Prevención.

### 5.3 CORTE DE CERCHA CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA:

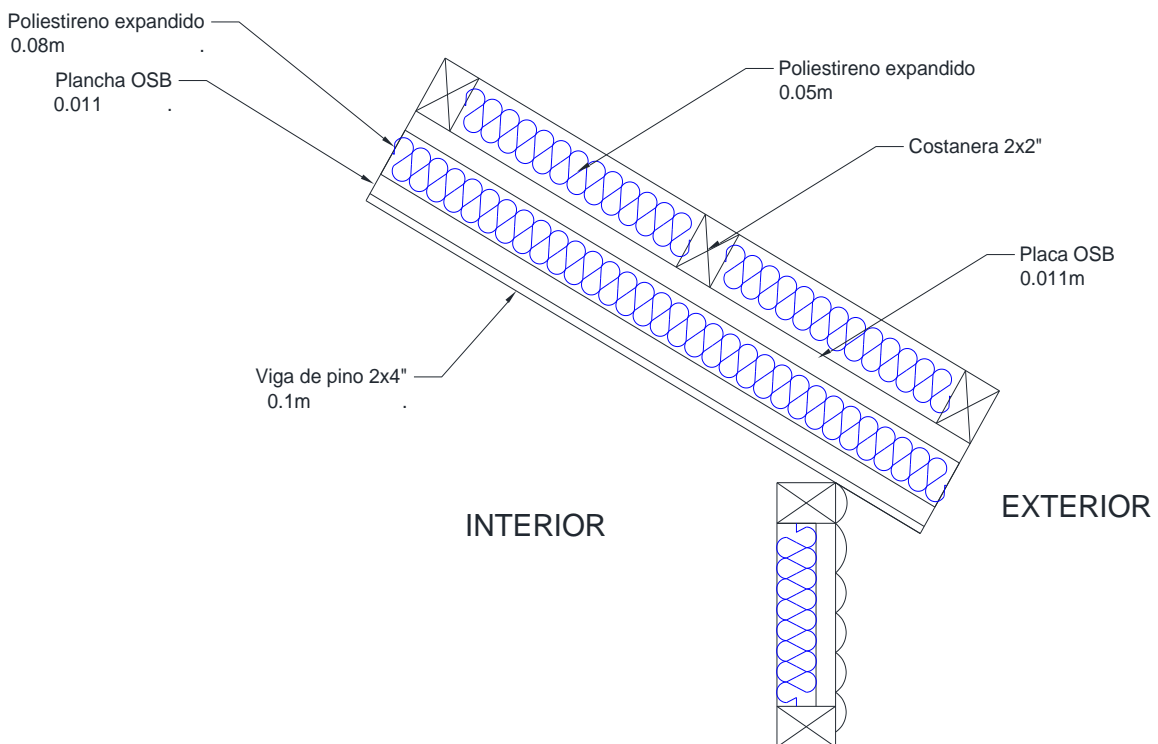


Ilustración 13: Corte de Cercha con solución, elaboración propia.

La solución por la que se optó en el caso del cielo fue agregar poliestireno expandido de 0,08m de espesor y plancha de OSB de 0,011m de espesor en las superficies de aislación (entre vigas).

Cálculos de "u":

Viga, osb y poliestireno expandido.					
			1		
U1=	0,05	0,1	0,011	0,05	0,12
		0,104	0,103	0,0384	
			1		
U1=	0,05	0,96153846	0,106796117	1,30208333	0,12
	1				
U1=	2,540417911				
U1=	0,393636022				

Tabla 22: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

<b>Viga, osb y costanera.</b>					
			1		
U2=	0,05	0,1	0,011	0,05	0,12
		0,104	0,103	0,104	
			1		
U2=	0,05	0,96153846	0,106796117	0,48076923	0,12
	1				
U2=	1,719103809				
U2=	0,581698438				

Tabla 23: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

<b>Osب, Poliestireno, osب y cadeneta.</b>					
			1		
U3=	0,12	0,011	0,08	0,011	0,05
		0,103	0,0384	0,103	0,104
			1		
U3=	0,12	0,10679612	2,083333333	0,10679612	0,48076923
	1				
U3=	2,947694797				
U3=	0,339248148				

Tabla 24: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

<b>Osب, poliestireno expandido, Osب y poliestireno expandido</b>					
			1		
U4=	0,05	0,011	0,08	0,011	0,05
		0,103	0,0384	0,103	0,0384
			1		
U4=	0,05	0,10679612	2,083333333	0,10679612	1,30208333
	1				
U4=	3,7690089				
U4=	0,26532174				

Tabla 25: Calculo de transmitancia térmica, Elaboración propia. fuente: Nch853.

Se utilizan las mismas superficies y se aplica la siguiente formula:

- **Superficie 1:** 1,8m<sup>2</sup>
- **Superficie 2:** 0,36m<sup>2</sup>
- **Superficie 3:** 3,6m<sup>2</sup>
- **Superficie 4:** 30,25m<sup>2</sup>

$$U_p = \frac{(U1 * A1) + (U2 * A2) + (U3 * A3) + (U4 * A4)}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

Nuestro nuevo U ponderado es de 2,28 W/m<sup>2</sup>k por lo que entra sin problemas a los parámetros exigidos en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción.

Una vez realizadas las propuestas de las soluciones constructivas basadas en el listado Oficial de Soluciones Constructivas para acondicionamiento térmico, se logró establecer el alcance de cada entramado para con las exigencias impuestas por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico en la ciudad de Concepción.

A continuación, se llevó a cabo un análisis económico comparativo entre ambas viviendas para así dar cuenta del aumento de precio que significaría aplicar estas soluciones constructivas y estar bajo cumplimiento de la normativa térmica.

Se desarrollo un Análisis de Precios Unitarios a cada vivienda en primera instancia sin las soluciones, tal y como se encontraban en el mercado hasta el día de hoy.

En cuanto a la materialidad y calidad del acondicionamiento térmico a simple vista se puede apreciar que es bastante precario y que el ahorro de gastos en materiales de mejor calidad para aumentar los niveles de aislación térmica es notorio.

A continuación, los Análisis de precios Unitarios sin Solución Constructiva:

#### 5.4 APU DE MURO ENVOLVENTE:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
APU:	MURO ENVOLVENTE	Unidad	m2
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2	Cantidad:	1 m2

A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	pieza	1,96	\$ 1.350	2.646
2	Clavos 4"	kg	0,21	\$ 1.000	213
3	Poliestireno expandido 50 mm	plancha	2,00	\$ 2.930	5.860
4	Medialuna Pino 1"x4"x3.20	pieza	3,21	\$ 2.490	7.993
5					-
					-
					-
<b>Total</b>					<b>\$ 16.712</b>

B MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
2					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
<b>Sub Total</b>					<b>\$ 1.824</b>
29% leyes Sociales					\$ 1.295
<b>Total</b>					<b>\$ 1.295</b>
<b>Total costo directo</b>					<b>\$ 18.007</b>

Tabla 26: APU complejo de muro, elaboración propia.

## 5.5 APU DE COMPLEJO DE TECHUMBRE:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
APU:	COMPLEJO DE TECHUMBRE	Unidad	m2		
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2	Cantidad:	1 m <sup>2</sup>		
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	pieza	0,66	\$ 1.350	891
2	Clavos 4" 1 kg	kg	0,11	\$ 1.000	110
3	Poliestireno expandido 20 mm	plancha	1,11	\$ 2.190	2.431
4	Plancha OSB 11 mm	Plancha	0,36	\$ 7.973	2.879
5	Pino radiata 2"x4"x3.20	Pieza	0,66	\$ 2.250	1.485
6	Plancha de Zinc	Plancha	0,39	\$ 4.990	1.946
<b>Total</b>					<b>\$ 9.742</b>
B MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
2					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
<b>Sub Total</b>					<b>\$ 1.824</b>
29% leyes Sociales					\$ 1.295
<b>Total</b>					<b>\$ 1.295</b>
<b>Total costo directo</b>					<b>\$ 11.037</b>

Tabla 27: APU complejo de techo, elaboración propia.

## 5.6 APU COMPLEJO DE PISOS:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
APU:	COMPLEJO DE PISO	Unidad	m2		
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2	Cantidad:	1 m <sup>2</sup>		
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	pieza	0,66	\$ 1.350	891
2	Clavos 4" 1 kg	kg	0,11	\$ 1.000	110
3	Plancha OSB 11 mm	Plancha	0,36	\$ 7.973	2.879
4	Pino radiata 2"x4"x3.20	Pieza	0,66	\$ 2.250	1.485
<b>Total</b>					<b>\$ 5.365</b>
B MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
2					\$ -
<b>Sub Total</b>					<b>\$ 1.824</b>
29% leyes Sociales					\$ 1.295
<b>Total</b>					<b>\$ 1.295</b>
<b>Total costo directo</b>					<b>\$ 6.660</b>

Tabla 28: APU complejo de piso, elaboración propia.

Luego de elaborados los APU de cada uno de los complejos o entramados que contiene esta vivienda prefabricada, procedimos a realizar el presupuesto para esta sin las soluciones agregadas aún.

## 5.7 PRESUPUESTO VIVIENDA PREFABRICADA 36 M<sup>2</sup> SIN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.

### PRESUPUESTO

PROYECTO: CASA PREFABRICADA DE MADERA, SIN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS - 36 M2.

Nº	Partida	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Estructura de muros sin solucion	m2	36	\$ 18.007	\$ 648.250
2	Estructura de techumbre sin solucion	m2	36	\$ 11.037	\$ 397.338
3	Estructura de piso sin solucion	m2	36	\$ 6.660	\$ 239.766
					\$ -
		SUBTOTAL			\$ 1.285.355
		19% IVA			\$ 244.217
		TOTAL			\$ 1.529.572

Tabla 29: Presupuesto casa prefabricada sin soluciones constructivas, elaboración propia.

Para realizar la comparación entre ambas viviendas, también se elaboraron APU para la vivienda con las soluciones constructivas añadidas a continuación:

## 5.8 APU MURO ENVOLVENTE CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
APU:	MURO ENVOLVENTE CON SOLUCION			Unidad:	m2
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2			Cantidad:	1 m <sup>2</sup>
<b>A MATERIALES</b>					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	pieza	1,96	\$ 1.350	2.646
2	Clavos 4"	kg	0,21	\$ 1.000	213
3	Poliestireno expandido 50 mm	plancha	2,00	\$ 2.930	5.860
4	Medialuna Pino 1"x4"x3.20	pieza	3,21	\$ 2.490	7.993
5	OSB 11,1mm	plancha	0,34	\$ 9.150	3.111
					-
					-
				Total	\$ 19.823
<b>B MANO DE OBRA</b>					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
					\$ -
					\$ -
				Sub Total	\$ 1.824
				29% ley	\$ 1.295
				Total	\$ 1.295
				Total costo	\$ 21.118

Tabla 30: APU complejo de muro con solución, elaboración propia.

### 5.9 APU COMPLEJO DE TECHUMBRE CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
APU:	TECHUMBRE CON SOLUCION CONSTRUCTIVA			Unidad	m2
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2			Cantidad:	1 m <sup>2</sup>
<b>A MATERIALES</b>					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	Pieza	0,66	\$ 1.350	891
2	Clavos 4" 1 kg	kg	0,11	\$ 1.000	110
3	Poliestireno expandido 20 mm	Plancha	1,11	\$ 2.190	2.431
4	OSB 11 mm	Plancha	0,36	\$ 7.973	2.879
5	Pino radiata 2"x4"x3.20	Pieza	0,66	\$ 2.250	1.485
6	Plancha de Zinc	Plancha	0,39	\$ 4.990	1.946
7	poliestireno expandido 80mm	Plancha	1,60	\$ 2.190	3.504
8	OSB 11 mm	Plancha	0,27	\$ 9.150	2.471
				Total	<b>\$ 15.717</b>
<b>B MANO DE OBRA</b>					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
					\$ -
				<b>Sub Total</b>	<b>\$ 1.824</b>
				29% leyes	\$ 1.295
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.295</b>
				<b>Total costo</b>	<b>\$ 17.012</b>

Tabla 31: APU complejo de techo con solución, elaboración propia.

### 5.10 APU COMPLEJO DE PISOS:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
APU:	COMPLEJO DE PISO CON SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA			Unidad	m2
Proyecto:	CASA PREFABRICADA 36 M2			Cantidad:	36 m <sup>2</sup>
<b>A MATERIALES</b>					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Pino radiata 2"x3"x3.20	pieza	0,66	\$ 1.350	891
2	Clavos 4" 1 kg	kg	0,11	\$ 1.000	110
3	Plancha OSB 11 mm	Plancha	0,36	\$ 7.973	2.879
4	Pino radiata 2"x4"x3.20	Pieza	0,66	\$ 2.250	1.485
5	Poliestireno expandido 50m	Plancha	1,60	\$ 941	1.506
6	OSB 11,1mm	Plancha	0,27	\$ 7.973	2.153
				Total	<b>\$ 8.132</b>
<b>B MANO DE OBRA</b>					
N°	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Carpintero + ayudante	dia	0,04	\$ 45.600	\$ 1.824
					\$ -
				<b>Sub Total</b>	<b>\$ 1.824</b>
				29% leyes Social	\$ 1.295
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.295</b>
				<b>Total costo</b>	<b>\$ 9.427</b>

Tabla 32: APU complejo de piso con solución, elaboración propia.

## 5.11 PRESUPUESTO VIVIENDA PREFABRICADA CON SOLUCIONES

### CONSTRUCTIVAS:

PRESUPUESTO					
PROYECTO: CASA PREFABRICADA DE MADERA, CON SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS - 36 M2.					
Nº	Partida	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Estructura de muros c/solución constructiva	m2	36	\$ 21.118	\$ 760.246
2	Estructura de techumbre c/solución constructiva	m2	36	\$ 17.012	\$ 612.420
3	Estructura de piso c/solución constructiva	m2	36	\$ 9.427	\$ 339.390
					\$ -
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1.712.056</b>
				19% IVA	\$ 325.291
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.037.346</b>

Tabla 33: Presupuesto de casa prefabricada con soluciones constructivas, elaboración propia.

Dentro de los presupuestos realizados a ambas viviendas con las distintas características adheridas, se vio un aumento en el costo de la elaboración de la segunda vivienda que cumple la normativa térmica aproximadamente de \$600.000 pesos.

Esto deja a la vista la facilidad que hay realmente hoy en día para poder entrar en el marco legal de la normativa en Chile, tanto en lo estructural como en el ámbito de la aislación térmica y así poder optar a permisos que deberían ser prioridad incluso antes de comenzar la fabricación de estas viviendas.

## 6 CONCLUSIONES

En base a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones se pudo apreciar de manera clara que las empresas de casas prefabricadas no están cumpliendo los estándares mínimos de construcción en cuanto a las escuadrías de las piezas utilizadas así como también en cuanto a los distanciamiento y posiciones de estas mismas, esto va de la mano con el no uso de los permisos de edificación que para poder optar a ellos deben estar bajo esa normativa, es por eso que la Dirección de Obras Municipales a partir de la vigencia del PDA comenzara a fiscalizar más duramente a este tipo de viviendas.

Observando detalladamente el proceso constructivo de una vivienda prefabricada estándar encontramos graves fallas de construcción las cuales provocan el no poder sacar permisos que deberían ser prioridad desde antes que se empieza a construir la vivienda además de volver dichas construcción peligrosas para los mismo habitantes de estas ya que el modelo inicial que se compra se ve modificado drásticamente por el comprador el cual no tiene como prioridad cumplir con las normas que actúan sobre cualquier vivienda de madera normal.

En base al análisis de la envolvente total de una casa prefabricada estándar nos encontramos con el incumpliendo de los parámetros exigidos por el PDA los cuales en algunos casos como la cercha o el suelo se encontraban demasiado alejado de la exigencia, lo que nos da a entender el poco cumplimiento o conocimiento de las empresas y el comprador sobre las transmitancias térmicas que tiene la vivienda que se esta construyendo. Además de observar gracias a visitas de terreno a empresas de este rubro que el conocimiento que poseen dichas instituciones sobre las leyes de transmitancia es casi nulo, lo que nos lleva a decir que la prioridad principal es la rápida y económica construcción de las viviendas solamente.

La implementación de las Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico incidió positivamente en el aumento de la resistencia térmica de los entramados en cuestión y disminuyendo así la transmitancia térmica de las envolventes, adecuándose a los parámetros indicados a través del Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica en Concepción.

Respecto a los estándares de calidad de la envolvente de la vivienda, se observa que en la actualidad simplemente se norma la envolvente opaca y aun así no se fiscaliza que los estándares mínimos que impone la ley se estén llevando a cabo, por lo que cuando el Plan de Prevención y descontaminación Atmosférica entre en vigencia se tomara este tema con mayor seriedad al momento de la fiscalización de las viviendas.

## **7 BIBLIOGRAFÍA**

MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo). Anteproyecto de norma técnica Minvu NTM 011/3, 2014: "Requisitos y mecanismos de acreditación para acondicionamiento ambiental de las edificaciones. Parte 3: Calidad del aire interior". Santiago: MINVU, 2014.

MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo), 2006. Manual de aplicación reglamentación térmica. Ordenanza general de urbanismo y construcciones. Artículo 4.1.10. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2014a). ED11-Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Instituto Nacional de Normalización. (2008). NCH 1079 Arquitectura y Construcción Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

Manual de Construcción de viviendas en madera, CORMA (2014).

Manual de Hermeticidad al aire en edificaciones, CITEC UBB, 2014.