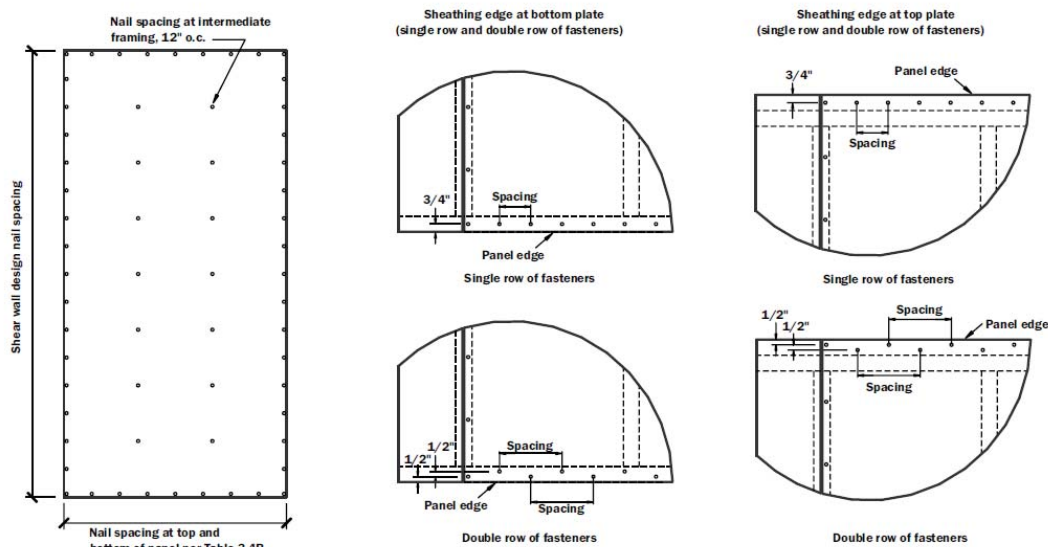


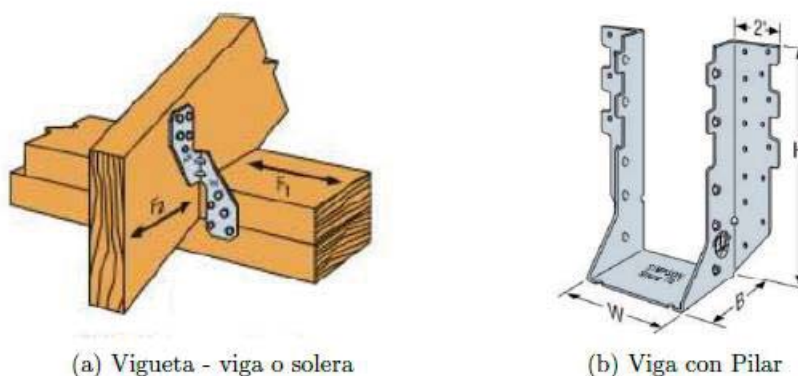


MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.



Colocación de placas de yeso sobre bastidor de madera (American Wood Council, Wood Frame Construction Manual for One- and Two- Family Dwellings, 2015) (imagen 5)

La unión entre el bastidor venido de fábrica con las vigas de la cubierta es con piezas del catálogo de Simpson Strong Tie. La imagen de la izquierda (a) es el tipo de unión más utilizado para la unión entre las vigas paralelas a las pendientes y las soleras de los muros o vigas cumbreras, llamado H2.5A. La imagen de la derecha (b) es la unión entre las vigas cumbreras y otras vigas principales y los pilares de apoyo. (imagen 6)



(a) Vigueta - viga o solera

(b) Viga con Pilar

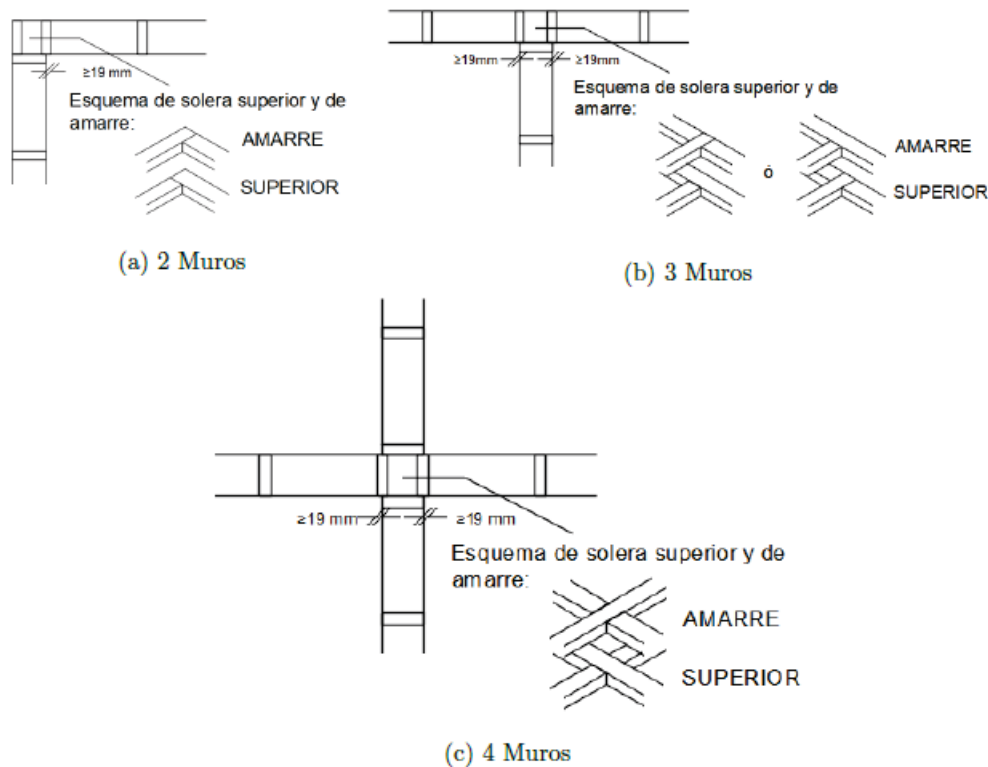
Unión entre bastidor vertical y vigas (imagen 6)

Para el encuentro entre tabiques en esquina o L se requiere de una adecuada unión clavadas entre entramados, utilizando clavos de 3 pulgadas de largo mínimo. Es necesario proporcionar una buena



MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

base de apoyo para la correcta fijación de los revestimientos interiores y exteriores en el encuentro. (imagen 7)



(imagen 7)

5.1.5 DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES DE TRASLADO, Y DISPOSICION DE LOS COMPONENTES EN LA OBRA

Todos los elementos se trasladarán a obra en camión chata de 10 metros con grúa el mismo día del montaje. En el día quedara montada la totalidad de la estructura y su cubierta.

5.1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE Y/O ETAPAS DE EJECUCIÓN

Una vez en el terreno, se realizará el movimiento de suelo necesario para la implantación de la platea de hormigón. Se retira la capa vegetal y se realizará un relleno compactado hasta llegar al nivel necesario. Se realiza el replanteo, armado y llenado de la platea.



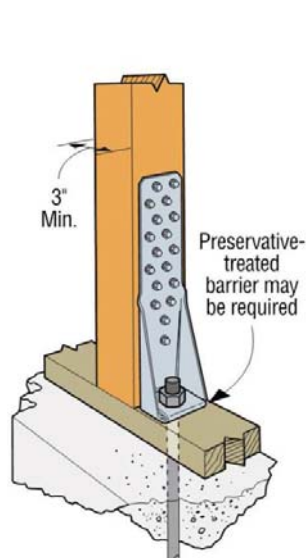
MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

A su vez en planta se realizarán los tabiques de madera de cada tipo terminados con los huecos correspondientes para las aberturas. Los mismos contarán con las terminaciones interiores y exteriores. Todos los aislantes mencionados y las canalizaciones tanto de sanitaria como eléctrica. Una vez en obra el camión grúa, el mismo irá posicionando los paramentos en su ubicación mientras la cuadrilla de montaje los ancla a la platea. Se procede primero al montaje de los tabiques, y por último el montaje del techo.

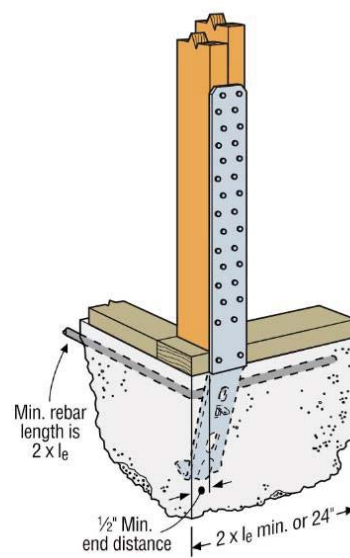
Luego de terminado el montaje, una cuadrilla de terminación se encarga de las conexiones, colocación de aberturas, muebles, artefactos y de realizar los retoques necesarios en las terminaciones.

5.1.7 DESCRIPCIÓN DE VINCULACIÓN ESTRUCTURAL CON SISTEMA DE CONSTRUCCION TRADICIONAL

Para vincular los tabiques de madera con la platea de hormigón, se pueden optar por dos opciones. Si se decide usar Hold-down (*imagen 8*) se deben usar como perno de anclaje una varilla metálica roscada de 5/8 pulgadas de diámetro que debe penetrar el hormigón en al menos 10 cm y tener una distancia mínima a los bordes de la platea de 15 cm. La segunda opción es con los straps LSTA y se dejan previstos durante el llenado de hormigón para que queden fijos en la platea, luego se colocan los plates y se rodean los mismos con el strap. (*imagen 9*)



(imagen 8)



(imagen 9)



MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

5.1.8 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

En este manual incluimos algunas recomendaciones para el correcto uso y mantenimiento de las habitaciones, instalaciones y los diferentes elementos de la vivienda de forma de evitar problemas y aumentar el confort y su vida útil.

Una vivienda cuenta con varias habitaciones. Cada una de ellas se encuentra preparada para usos específicos. Darle un uso diferente puede generar inconvenientes y disminuir el confort.

- i. LIVING – COMEDOR
 - Mantener una ventilación frecuente
 - Cuidar no derramar agua en el suelo ni salpicar las paredes
- ii. DORMITORIOS
 - Es importante ventilar la habitación para evitar la aparición de humedades de condensación y manchas de hongos
 - Los dormitorios están previstos para un número determinado de personas (1 o 2 generalmente). Cuando se supera este número empeoran las condiciones de uso y se reduce el confort.
- iii. COCINA
 - La ventilación de la cocina debe ser permanente cuando hay instalación de gas. No se deben tapar las rejillas de ventilación
 - Limpiar las superficies de revestimiento melaminico con alcohol u otros productos desengrasantes que sean de rápida evaporación
 - Revisar periódicamente los sifones de la pileta de cocina de forma de evitar pérdidas y humedad que puedan deteriorar el interior de los muebles
 - No forzar la grifería para cerrarla
 - Las mesadas se lavan con agua y jabón y deben enjuagarse bien
 - Los ácidos (leche, limón, vinagre, etc.) cotidianos pueden atacar el mármol o granito
- iv. BAÑOS
 - Mantener siempre limpias y con agua los sifones de desagüe para evitar el pasaje de malos olores. Se deben revisar mensualmente y pueden hacerse con solo levantar la tapa. Para limpiar no uses elementos punzantes. Lo que se extrae de la limpieza no debe ser evacuado por el inodoro.
 - Revisar periódicamente que la cisterna y las griferías no tengan perdidas. El goteo en las griferías representa un gasto de agua de 48 litros diarios





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

- Para desatascar un desagüe puedes probar tirar agua caliente. Si esto no funciona llama a un profesional
- No te subirse ni recargar con peso los aparatos; pueden dañarse los anclajes o las conexiones de agua y desagüe
- No tirar basura al inodoro, resto de comida, paños higiénicos, pañales, trapos, o cualquier material que pueda obstruir la instalación.

5.1.8.1 MANTENIMIENTO Y USO DEL SISTEMA WOODFRAME

Las construcciones en WoodFrame consisten en la utilización de una estructura de madera, en vez de la tradicional de mampostería. Es un sistema novedoso que no tiene mayores requerimientos de mantenimiento que una vivienda tradicional. No obstante, deberá seguir unas simples recomendaciones para efectuar algunas reparaciones, evitando así roturas innecesarias u otros problemas.

Esta guía pretende explicar la forma de realizar correctamente las tareas de mantenimiento usuales. Antes de realizar cualquier modificación en las paredes, o desmontaje de la estructura de madera, por ejemplo, la incorporación de una puerta en alguna pared interior, debe comunicarse con el proyectista para consultar como hacerlo. Recuerde que la estructura de madera que forman las paredes perimetrales, cubierta y eventualmente algunos interiores son parte de la estructura y no deben ser cortados ni removidos, así también como la placa OSB que esta atornillada a la misma.

ESTRUCTURA

La vivienda se conforma por bastidores de madera revestidos en su cara interior con placas de yeso y en su cara exterior placas de OSB rigidizadoras. Los muros de paneles son uniones entre la cimentación y la cubierta, por lo tanto, cada vano, agujero o alguna otra intervención, que modifique las condiciones originales del proyecto, deberán ser autorizadas por un técnico responsable, ya que estas modificaciones pueden afectar directamente a la estabilidad de la vivienda. Tanto las paredes exteriores como las interiores tiene una función estructural por lo tanto cual no pueden ser cortados ni eliminados sin tomar antes ciertas precauciones.

También vale recordar que en algunas paredes interiores corren caños de gas, electricidad, agua fría y caliente y por lo tanto, al momento de agujerear cualquier pared hay que tener cuidado de no romper o pichar cualquier instalación, para esto se debe revisar los planos de instalaciones.

Las placas de OSB que se encuentran atornilladas a las paredes exteriores también cumple una función estructural por lo tanto no se debería perforar estas placas sin verificar con un ingeniero por si fuera necesario colocar un refuerzo.





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

REVESTIMIENTOS INTERIORES

La cara interna de las paredes exteriores y todas las paredes interiores están revestidas con placa de yeso de 12 mm de espesor, que brinda una terminación mejor a la del yeso aplicado.

REVESTIMIENTO EXTEIROR - SIDING

Se trata de un sistema de tablillas cementicias colocadas en forma traslapada, bajo las cuales se encuentra una capa de tyvek para evitar el ingreso de agua a la vivienda. Las tablas de siding están atornilladas cada 40/60 cm y según su terminación podrán estar teñidas o pintadas, requiriendo el tratamiento adecuado.

INTALACIONES

Las instalaciones eléctricas, sanitaria y de gas cumplirán las mismas normas y requisitos aplicables a otros sistemas constructivos. Los mismos se distribuyen por la platea de hormigón y subirán por el interior de los muros en los diferentes locales. En reparaciones la tarea es muy sencilla ya que solo requiere cortar la placa de yeso, reparar y volver a tapar.

CUBIERTA

La estructura del techo está construida por vigas de madera. Sobre las mismas se coloca las placas de OSB, una barrera de papel asfáltico y por encima unas tejas asfálticas. Las vigas que conforman la cubierta son todos portantes, por lo tanto, no se deberán cortar ni perforar.

PISOS

Para la correcta limpieza del vinílico basta con agua, detergente neutro y un paño limpio y seco. Si bien son suelos muy resistentes al agua, debemos tener cuidado de no lavarlos con abundante agua, puesto que se podrían ocasionar con el tiempo olores no deseados. No se deben utilizar directamente productos agresivos para su limpieza, tales como lejía, cetona, entre otros. Si bien el suelo no dilata con la humedad, si lo hace con las fuentes de calor, por lo que hay que tener cuidado con la exposición directa, prolongada y excesiva de estas fuentes de calor y la luz solar directa, que lo podría deformar. Evita rasar con estropajos fuertes, lijas y cualquier otro elemento abrasivo. Verificar que las patas del mobiliario y electrodomésticos no sean puntiagudas y tengan mucha precaución a la hora de moverlos, ya que los pesos de los artículos pesados ocasionan ralladuras.





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

PUERTAS Y VENTANAS

- Mantener los herrajes lubricados para que funcionen con suavidad
- Evitar los portazos y los golpes de las manijas contra las paredes. Puede ser conveniente colocar topes contra las paredes o en el piso
- Evita que los niños se cuelguen de las manijas
- Evita reces y golpes contra las paredes
- Las ventanas de aluminio se limpian con un paño humedecido en alcohol. Limpia las guías de materiales o suciedad que puedan perjudicar su funcionamiento. Cuida que los desagües y sus protecciones permanezcan limpios

PINTURA

Para que la pintura mantenga sus funciones de protección, higiene y decoración es conveniente repintar periódicamente. No deben pasar más de 5 años sin repintar, aunque puede ser necesario hacerlo antes en función del tipo de superficie y de la exposición.

¿Cómo elegir la pintura?

Hay distintos tipos de pintura para cada superficie. Por ejemplo, la pintura de un baño debe resistir el vapor o la de los exteriores debe soportar el calor, frío o la lluvia. Debes utilizar el tipo de pintura apropiado para la superficie que vas a tratar.

Pintura de cal con fijador: Suele venir presentada en bolsas y debe agregársele agua para prepararla. Es una pintura muy permeable que deja respirar muy bien las construcciones recién terminadas. Su principal inconveniente es la baja resistencia al agua y la humedad, y que la variedad de colores es escasa.

Pintura antihongos: Está especialmente formulada para ambientes mal ventilados, oscuros y con alta condensación ambiental (baño o cocina).

Pintura látex: Es soluble en agua, de secado rápido, inodora y no deja casi restos en las herramientas, por lo que su limpieza es más fácil. Está especialmente indicada para paredes enduidas, de yeso o ladrillo. Existe una gran gama de colores y puede ser satinada o mate. La satinada deja un acabado más fino y pulido, es mucho más resistente a la suciedad y al paso del tiempo. La pintura mate ofrece un acabado sin brillo, opaco y es más fácil de aplicar.

¿Cómo calcular la cantidad de pintura?

Para saber cuánta pintura necesitas debes medir el largo de todas las paredes que forman la habitación (sin contar puertas y ventanas) y multiplicar por la altura de la pared. El resultado es la superficie que tienes que cubrir. El rendimiento de la pintura varía según el tipo y el fabricante, pero puedes tomar como base que un litro de pintura alcanza para pintar entre 8 y 10 m² aproximadamente.





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

Herramientas

Para preparar las superficies necesitarás espátula, cepillo de alambre y lija fina; para definir bien los bordes cinta de enmascarar y para aplicar la pintura una cubeta, brochas o rodillos. También tienes que tener suficiente papel o plástico para cubrir el piso, puertas, ventanas, enchufes y muebles que no puedas sacar de la habitación. Ten en cuenta que puedes mancharte la ropa al pintar, por lo que te recomendamos usar una ropa que puedas tirar.

Antes de empezar a pintar es imprescindible preparar la superficie para que la pintura se prenda bien, sean necesarias menos capas y el acabado sea perfecto. Debes desprender de la superficie a pintar la pintura suelta con una espátula y pasar una lija fina. La limpieza juega un papel principal, así que pasa un trapo para cerciorarte de que no haya suciedad ni polvo.

En los baños y las cocinas se deben eliminar los hongos de la siguiente manera: 1. cepillar la superficie a pintar con una solución de agua y detergente; 2. enjuagarla; 3. aplicar una solución de una parte de hipoclorito de sodio en 10 partes de agua utilizando cepillos duros; 4. enjuagar cuidadosamente y dejar secar. Para realizar este trabajo debes evitar el contacto con la piel mediante el uso de guantes impermeables y lentes. Y recuerda que nunca debes eliminar los hongos con una limpieza en seco.

Al pintar, te recomendamos aplicar al menos dos manos de pintura. La primera mano se tiene que dejar secar entre tres y cuatro horas (o según el tiempo que indique el fabricante) antes de aplicar la segunda.

Se pinta de arriba hacia abajo y de derecha hacia izquierda (al contrario, si eres zurdo). Lo más conveniente es utilizar un rodillo, que será más cómodo y rápido cuanto más grande sea, aunque salpicará más que uno pequeño. Las gotas se limpian con un trapo húmedo inmediatamente de salpicadas para que sea más fácil su eliminación. La cinta para proteger esquinas y marcos debes retirarla antes de que la pintura se haya secado para evitar que salte.

HUMEDADES

El nivel de humedad interior del inmueble es uno de los puntos más importantes en la habitabilidad y depende tanto de las características de la vivienda como de la forma en que se usa. Un alto nivel de humedad interior influirá negativamente en la calidad del ambiente.

Cuando descubres manchas de humedad es muy importante averiguar de dónde proceden para detectar la causa y proceder a su reparación. Probar su tratamiento sin conocer su origen supone un gasto de energía, de tiempo y de dinero en vano, ya que volverán a salir las mismas humedades.

- a. HUMEDADES DEBIDO AL AGUA DE LLUVIA: generalmente el agua de lluvia puede penetrar a través de la cubierta o filtrarse por las fachadas. Para evitarlo:
 - Procura que ninguna persona sin autorización suba al techo.
 - Revisa la estanquidad de ventanas y puertas exteriores, y mantén limpio los agujeros e evacuación de agua.





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

- b. HUMEDADES DEBIDAS A INSTALACIONES: pueden aparecer humedades debido a roturas en las cañerías de abastecimiento de agua o de desagües. Estos casos son fáciles detectables ya que tienen a reducirse y desaparecer cuando se corta el suministro de agua. Si tienes este problema recurre inmediatamente a un instalador sanitario
- c. HUMEDADES DE CONDENSACION Y LOS HONGOS: la condensación aparece cuando el grado de humedad en el interior de la vivienda es elevado. La humedad en el ambiente es como una burbuja de aire, dado que las esquinas de las habitaciones son el lugar menos ventilado las hace más propicias para la formación de hongos. Una ventilación adecuada cambia el aire del interior de la vivienda y logra mantener la calidad del aire y la humedad dentro de los niveles adecuados que evitan la aparición de condensaciones.

Las paredes se humedecen con el vapor de agua que se produce al cocinar, al ducharte, al planchar, al calefaccionar los ambientes, al secar la ropa dentro de la vivienda, al usar estufas, e incluso al respirar. La mejor manera de tener la casa seca es generando la menor cantidad de vapor de agua y sacándolo antes que se deposite en los muros, para ello debes:

Evitar poner un número excesivo de plantas en el interior de la vivienda y no las riegues en demasía. La existencia de plantas contribuye a aumentar el grado de humedad.

Evitar secar ropa en el interior de la vivienda y planchar la ropa húmeda en habitaciones sin ventilar adecuadamente.

Evitar secar ropa en el interior de la vivienda y planchar la ropa húmeda en habitaciones sin ventilar adecuadamente.

Mantener una buena ventilación para evitar la acumulación de vapor de agua, siempre que cocines. Y ventilar el baño después de cada ducha.

Ventilar todas las habitaciones mientras realizas la limpieza doméstica. Esta ventilación debe realizarse a las horas de menor humedad exterior (a las horas de sol) y de forma intensiva (con creación de corriente) durante períodos de 30 a 60 minutos, para garantizar la renovación del aire. Ventilar los dormitorios por la mañana, ya que el grado de humedad acumulada durante la noche es muy grande.

¿CÓMO COLGAR UN CUADRO?

Un cuadro o cualquier objeto que pese menos de 1 kg puede colgarse con un clavo común, colocado en cualquier parte.

Objetos entre 1 y 15kg pueden colocarse en cualquier parte (no necesariamente sobre los parantes verticales) pero no debe utilizar clavos comunes ni tarugos comunes. En una ferretería deberá solicitar un "tarugo para placa de yeso".

Para colocar objetos de peso mayores a 15 kg se deberán fijar sobre los parantes verticales (que se encuentran cada 61 cm).





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

¿PUEDO REALIZAR AMPLIACIONES?

Es posible ampliar su vivienda existente. Pero será necesario realizar los cálculos estructurales correspondientes, acudiendo a un profesional competente.

¿QUÉ SUCEDE CON LOS INCENDIOS?

Es verdad que la madera es un material inflamable pero la madera utilizada en las construcciones es un material que comienza a quemarse desde afuera hacia adentro, esto significa que a pesar de estar en llamas mantiene su función estructural dando tiempo al rescate.

Además, tanto la lana de vidrio como los paneles de yeso utilizados en los tabiques son de baja propagación de llama. Y el resto de los materiales que conforman el muro (incluyendo las placas de OSB y el poliestireno) están clasificados también como de baja propagación de la llama, es decir que, si bien pueden quemarse, la combustión cesa al retirar la llama.

DURABILIDAD

Se estima que pueden durar unos 50 años. Un correcto impermeabilizado del material y un mantenimiento mínimo que incluye pintar e impermeabilizar la madera exterior cada 5 años, permite que el material de la casa pueda resistir a la humedad, los cambios de clima y el deterioro del paso del tiempo

SUBSISTEMA O COMPONENTE	EJEMPLO	VUP
Estructura principal	Fundaciones, elementos estructurales, elementos	> 50
Cubierta	Teja asfáltica	> 25
Revestimientos interiores	Baño, Cocina	> 20
	Pisos interiores	>20
Aberturas exteriores	Ventanas, herrajes de maniobra	> 30
Aberturas inteirores	Puertas interiores	>30
Instalacion embutidas en cerramientos que requieren remosion o rotura de revestimiento para el mantenimiento	instalacion abastecimiento, instalacion electrica	> 20
Instalacion aparentes o de facil acceso	Cañerías de desagüe y demas instalaciones aparentes como sifones, interruptores, disyuntores	> 20
Pintura	pintura interior y pintura exterior sobre siding	>5





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

5.1.9 GESTIÓN DE RESIDUOS

INTRODUCCION

En este apartado se presenta el estudio de gestión de residuos de la vivienda a construir. Al ser un método de construcción industrial, los paneles vienen en medidas estándar o a medida, esto genera que el desperdicio de materiales sea menor que en las formas de construcción tradicionales. Disminuyendo los tiempos y mejorando la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente. La madera que es el principal material utilizado en este tipo de construcción, es un recurso renovable que, con el tratamiento adecuado, se convierte en un material duradero y su producción demanda menos energía que otros materiales de construcción. Además, el método Woodframe evita desperdicios innecesarios contribuyendo al uso responsable de los recursos.

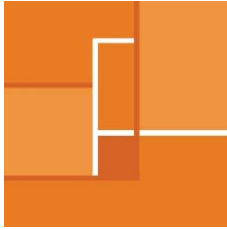
El plan para la gestión de residuos consistirá principalmente en la clasificación de los mismos y su correcto almacenamiento, acopio, teniendo como objetivo final la correcta disposición de los mismos. Para esto, es necesario hacer una distinción entre los productos realizados en fabrica y los realizados en obra.

En OBRA:

En lo referente a las tareas a realizar se hace una tabla según los posibles desperdicios que se pueden generar cada una de ellas.

TAREA	RESIDUO	POTENCIAL REUSO
Excavaciones y movimiento de tierra	Tierra y materiales pétreos, no contaminados, procedentes del terreno	Relleno del terreno
Recortes de puntales y tirantes	Madera	Calefacción
Amures de puertas y ventanas, sellador	Envases correspondientes a materiales de sellado y amure.	Gestión de residuos
Instalaciones sanitarias y eléctricas	Excedentes o desperdicios por corte de materiales	Gestión de residuos
Pavimentos, revestimientos	Desperdicios generales por corte de material	





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

En FABRICA:

Al ser un proceso de producción donde las medidas vienen estandarizadas, se reducen significativamente los residuos en comparación con la producción de una obra tradicional. Los residuos que se generan en esta etapa de producción de paneles pueden ser:

RESIDUO	POTENCIAL REUSO
Madera	Otras obras
Yeso	Otras obras
Lana de vidrio	Otras obras
OSB	Otras obras
Tyvek	Otras obras

Al ser la fábrica un lugar controlado, se favorece y facilita la correcta clasificación de los residuos como reutilizables o no, y en caso de que si sean reutilizables se destinara un espacio para su almacenamiento hasta su disposición final por empresas habilitadas para dichas tareas.

5.1.10 DETALLES CONSTRUCTIVOS

Ver planos en folios n 38 – 39.





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

5.1.11 ANEXO

5.1.11.1 ANEXO 1: MEMORIA DE INCENCIO

Los tabiques perimetrales utilizados en el proyecto tienen en su cara interior una placa de yeso. El yeso es un material que es reconocido por su flexibilidad e incombustibilidad, es decir, un material resistente al fuego. Los tabiques interiores están compuestos por una placa de yeso de 12 mm en ambas caras, lo que lo hace resistente al fuego también.

A su vez, los elementos verticales y horizontales de madera de los bastidores conforman una barrera física para la propagación del fuego, ya que la madera por naturaleza puede actuar como barrera física que impide la movilización de los gases y la propagación de las llamas.

La instalación eléctrica será canalizada dentro de los muros con tubos corrugados de PVC ignífugo. Los cables utilizados serán homologados antillama y la instalación eléctrica contará con llaves térmicas y diferenciadas adecuadas para evitar el origen del fuego por la instalación.

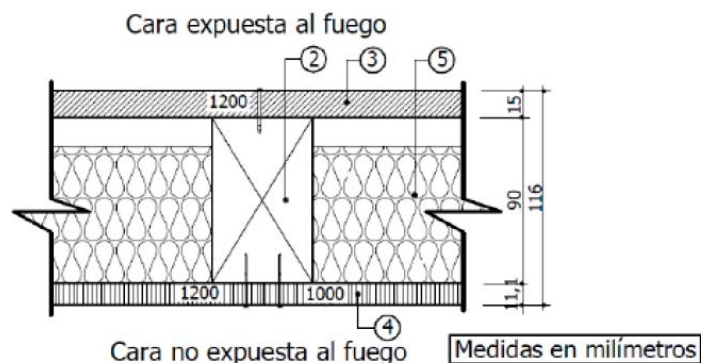
Todas las casas se entregarán con un extintor de polvo de 4kg.

Ver ficha técnica placas durlok, folio n 228-239





MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.



N°	Elemento	Descripción
1	Estructura en madera	Soleras (no mostradas) Superior e inferior. Pieza de madera de Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,2 [m] de longitud.-
2	Pies derechos	Pieza de madera Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,33 [m] de altura, distanciados a eje 0,4 [m] y fijados a soleras con clavos de 4".-
3	Cara expuesta al fuego	Plancha de yeso-cartón "Gyplac ERH" de 15 [mm] de espesor, fijada a la estructura con tornillos cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 5/8" cada 0,3 [m]. Sello en unión de planchas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base de yeso "Romeral®".-
4	Cara no expuesta al fuego	Placa de "OSB" de 11,1 [mm] de espesor, fijada con clavos de 2 1/2" cada 0,1 [m] en perímetro y unión de placas, pero 0,2 [m] en interior. Sin sello en unión de placas.-
5	Aislación	Lana de vidrio "Romeral®" de 80 [mm] de espesor y 11 [kg/m³] de densidad nominal.-

Este panel obtuvo una clasificación de ensayo F-60.

Los muros a utilizar mantienen las mismas capas que el ejemplo del ensayo con la diferencia que en la cara exterior se le agrega una capa más que será Siding de fibrocemento de 6 mm de espesor. Un material que no propaga la llama ni genera humo.

ANEXO DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO hojas (292-309) (Ingeniería DICTUC Construcción, Estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de Muro Perimetral, 23 de agosto de 2017) https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/08/1428082_INF-Muro-P-F60-35x90.pdf

5.1.11.2 ANEXO 2: ESTUDIO ACÚSTICO

Los cerramientos dobles con láminas livianas brindan un asilamiento sonoro muy eficiente porque las láminas son bastante masivas pero flexibles, de modo que su frecuencia crítica se situó fuera del rango de mayor sensibilidad. Las juntas y hendiduras entre las placas están selladas con productos especiales para este propósito, tapándolas primeramente con una cinta de papel, que luego se recubrirá con un compuesto que ya se suministra premezclado o en polvo para preparar en obra. El relleno de la cámara será con lana de vidrio R19.



MONTEVIDEO,
15 DE JULIO DE 2022.

Resistencia Acustica Int - Int e=11cm			
Materiales	e (mm)	D (kg/m³)	δ (k/m²)
Placa de Yeso	12	900	11
Lana de Roca	90	40	22
Placa de Yeso	12	900	11

44

$$R = 20 \log_{10} 500.44 - 48 = 39 \text{ dB}$$

$$R = 39 \text{ dB}$$

Resistencia Acustica Int - ext e=25cm			
Materiales	e (mm)	D (kg/m³)	δ (k/m²)
Placa de Yeso	12	900	11
Lana de Roca	150	40	42
OSB	12	650	9
Sidig	12	1250	10

72

$$R = 20 \log_{10} 500.72 - 48 = 43 \text{ dB}$$

$$R = 43 \text{ dB}$$

Los valores exigidos por la norma son de 25 db para muros exteriores de la vivienda y para muros divisorios interiores. El muro a utilizar cumple los requisitos ya que el valor de reducción sonora es de 45 db.

Ensayo adjunto en los folios (320-390) realizado por el instituto forestal en informe técnico n°191 en Chile.

5.1.11.3 ANEXO 4: CÁLCULO TÉRMICO, MURO EXTERIOR (folios 36-37)

5.1.11.4 ANEXO 5: FICHAS TÉCNICAS (folios 204-380)

5.1.11.5 ANEXO 6: MEMORIA CALCULO ESTRUCTURAL (folios 40-203)

Ensayos de caracterización mecánica de muros con estructura de madera adjuntos en los folios (336-345). El tipo muro que se asemeja al sistema estructural de esta vivienda es el MURO 45X94-YESO CARTÓN-FIBROCEMENTO (*Instituto Forestal, Caracterización mecánica de muros estructurales de madera, 2012*). Se adjuntan únicamente las hojas que presentan la información relacionada al tipo de muro utilizado.

CALCULO TRAMITANCIA TÉRMICA MURO 2" X 4"

RESISTENCIAS SUPERFICIALES

Resistencia Térmica Superficial interior	Rsi	0.12	m2 K/W
Resistencia Térmica Superficial Exterior	Rse	0.05	m2 K/W

MATERIAL

Nombre	Espesor (m)	Conductividad Térmica W/mk	Resistencia térmica de cada material
Yeso	0.012	0.31	0.04 m2 K/W
Nylon	0.001	0.28	0.00 m2 K/W
Lana de vidrio	0.08	0.042	1.90 m2 K/W
OSB	0.011	0.106	0.10 m2 K/W
Tyvek	0.001	0.28	0.00 m2 K/W
Siding	0.06	0.26	0.23 m2 K/W

RESISTENCIA TERMICA TOTAL RT 2.46 m2 K/W

TRAMITANCIA TERMICA U= 0.41 m2 K/W

CALCULO TRAMITANCIA TÉRMICA MURO 2" X 4" (puente termico)

RESISTENCIAS SUPERFICIALES

Resistencia Térmica Superficial interior	Rsi	0.12	m2 K/W
Resistencia Térmica Superficial Exterior	Rse	0.05	m2 K/W

MATERIAL

Nombre	Espesor (m)	Conductividad Térmica W/mk	Resistencia térmica de cada material
Yeso	0.012	0.31	0.04 m2 K/W
Nylon	0.001	0.28	0.00 m2 K/W
Madera pino	0.09	0.104	0.87 m2 K/W
OSB	0.011	0.106	0.10 m2 K/W
Tyvek	0.001	0.28	0.00 m2 K/W
Siding	0.06	0.26	0.23 m2 K/W

RESISTENCIA TERMICA TOTAL RT 1.42 m2 K/W

TRAMITANCIA TERMICA U= 0.71 m2 K/W

CALCULO TRAMITANCIA TÉRMICA PONDERADA

	Tramitancia térmica (W/m2 K)	Porcentaje	U parcial (W/m2 K)
CALCULO 1	0.41	0.90	0.37
CALCULO 2	0.71	0.10	0.07

TRAMITANCIA TÉRMICA Up= 0.44 W/m2 K



CALCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA CUBIERTA

numero de pagina 37

RESISTENCIAS SUPERFICIALES

Resistencia Térmica Superficial interior		Rsi	0.12	m2 K/W
Resistencia Térmica Superficial Exterior		Rse	0.05	m2 K/W

MATERIAL

Nombre	Espesor (m)	Conductividad Térmica W/mk		Resistencia térmica de cada material
Teja asfáltica	0.015	0.17		0.09 m2 K/W
Papel asfáltico	0.001	0.17		0.01 m2 K/W
OSB	0.018	0.106		0.17 m2 K/W
Camara de aire ventilada	0.05	-		0.11 m2 K/W
lana de vidrio	0.1	0.042		2.38 m2 K/W
Nylon	0.001	0.28		0.00 m2 K/W
Doble placa de Yeso	0.024	0.31		0.08 m2 K/W

RESISTENCIA TERMICA TOTAL RT 3.00 m2 K/W

TRANSMITANCIA TERMICA U= 0.33 m2 K/W

CALCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA CUBIERTA POR VIGA

RESISTENCIAS SUPERFICIALES

Resistencia Térmica Superficial interior		Rsi	0.12	m2 K/W
Resistencia Térmica Superficial Exterior		Rse	0.05	m2 K/W

MATERIAL

Nombre	Espesor (m)	Conductividad Térmica W/mk		Resistencia térmica de cada material
Teja asfáltica	0.015	0.17		0.09 m2 K/W
Papel asfáltico	0.001	0.17		0.01 m2 K/W
OSB	0.018	0.106		0.17 m2 K/W
Camara de aire ventilada	0.05	-		0.11 m2 K/W
Madera PINO	0.2	0.104		1.92 m2 K/W
Nylon	0.001	0.28		0.00 m2 K/W
Doble placa de Yeso	0.024	0.31		0.08 m2 K/W

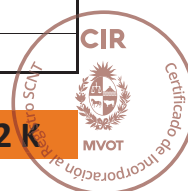
RESISTENCIA TERMICA TOTAL RT 2.54 m2 K/W

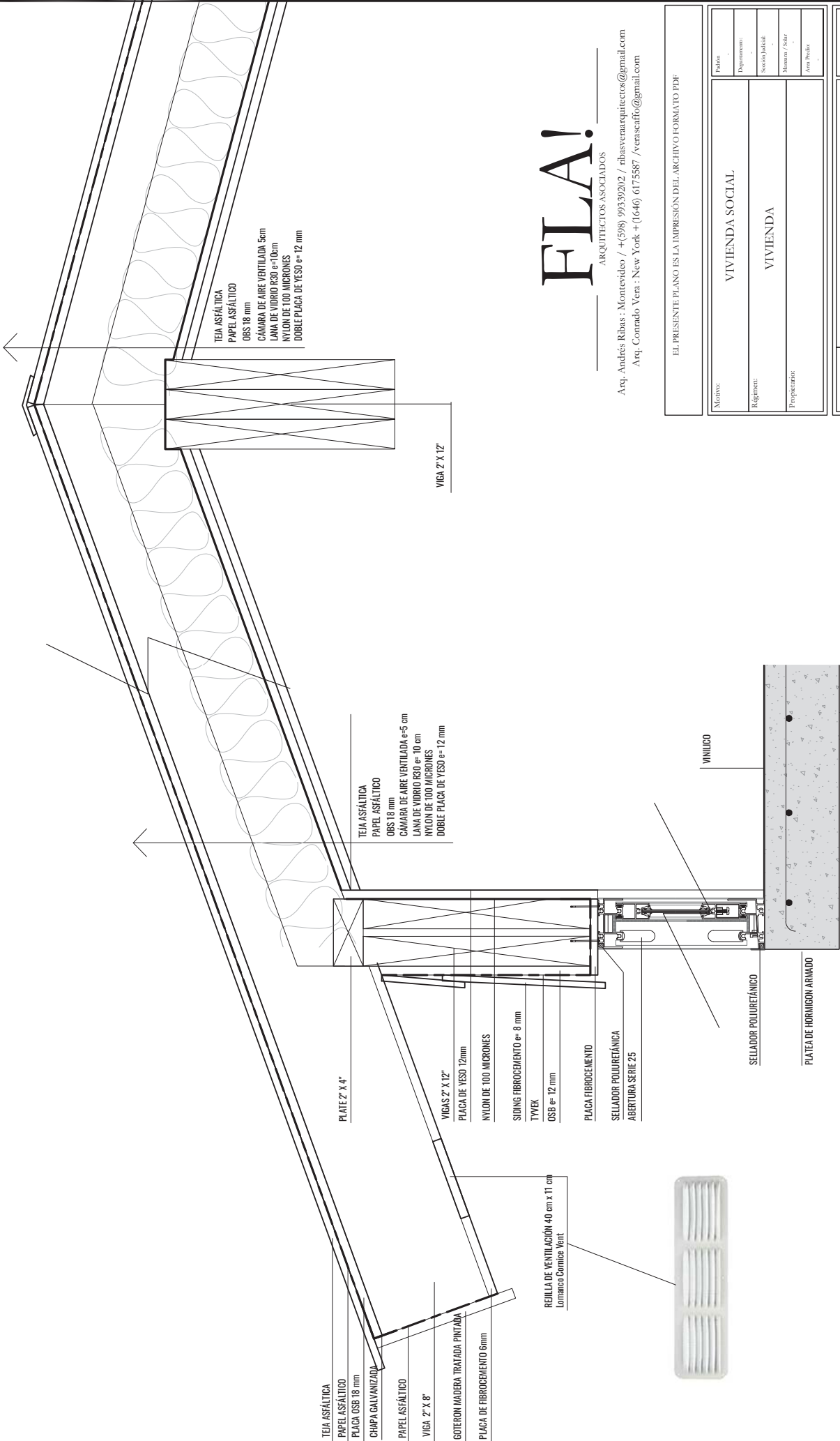
TRANSMITANCIA TERMICA U= 0.39 m2 K/W

CALCULO TRANSMITANCIA TÉRMICA PONDERADA

	Transmitancia térmica (W/m2 K)	Porcentaje	U parcial (W/m2 K)
CALCULO 1	0.33	0.90	0.30
CALCULO 2	0.39	0.10	0.04

TRANSMITANCIA TÉRMICA Up= 0.34 W/m2 K





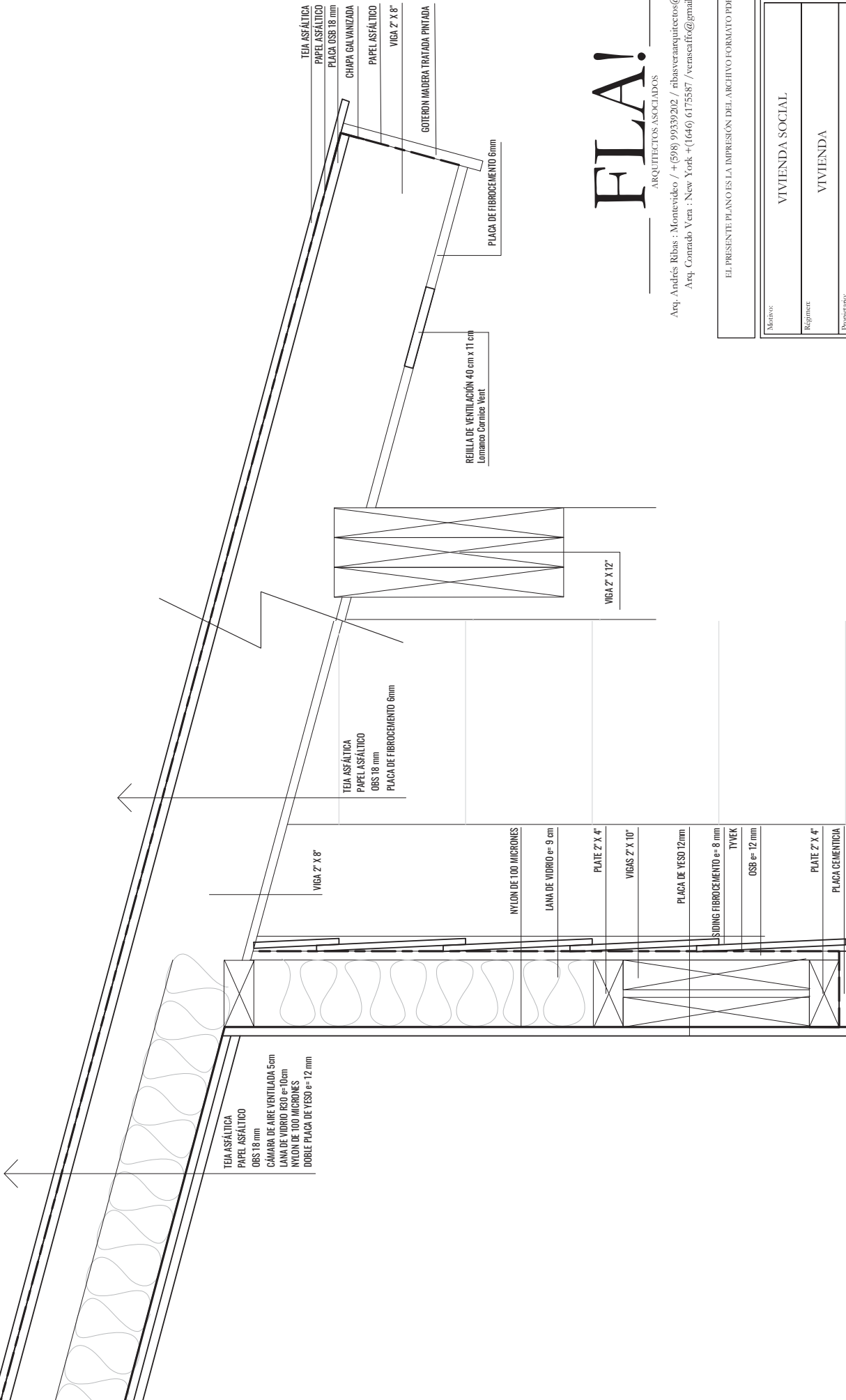
FLA!

ARQUITECTOS ASOCIADOS

Arq. Andrés Ribas : Montevideo / + (598) 99339202 / rbasverarquitectos@gmail.com
Arq. Conrado Vera : New York + (646) 6175587 / verascario@gmail.com

EL PRESENTE PLANO ES LA IMPRESIÓN DEL ARCHIVO FORMATO PDF			
Motivo:	VIVIENDA SOCIAL		
	VIVIENDA		
	Propietario:		
Padón			
Departamento:			
Sección Judicial			
Municipio / Solar			
Año Proceso			
Contenido:		Hoja:	1/5
D01		Fecha:	05/2021
DETALLE			
Arq. ANDRÉS RIBAS		CJP 1.38287	





FLA!

ARQUITECTOS ASOCIADOS

Arq. Andrés Ribas : Montevideo / + (598) 99339202 / ribasverarquitectos@gmail.com
Arq. Conrado Vera : New York + (1646) 6175587 / verascafr@gmail.com

EL PRESENTE PLANO ES LA IMPRESIÓN DEL ARCHIVO FORMATO PDF	
Matrícula:	VIVIENDA SOCIAL
Régimen:	VIVIENDA
Propietario:	
Escala:	1/5
Fecha:	05/2021
Lámina:	D02
Contenido:	DETALLE
Arq. ANDRÉS RIBAS	
CIP 138287	

VIVIENDAS SOCIALES

MODELO DE CÁLCULO

AUTOR:

Ing. Santiago Matías Delgado Torres
CJP. 191987
RUT. 219107810011
Correo: sdelgado97@gmail.com
Teléfono: 091 066 411

CLIENTE:

Frank Construcciones

FECHA: 13 de Julio de 2022



Tabla de contenidos

1. Descripción General	1
2. Bases del Proyecto	2
2.1. Normas empleadas	2
2.2. Materiales	2
2.3. Protecciones a la madera y conexiones	3
2.4. Cargas	4
2.4.1. Cargas permanentes	4
2.4.2. Sobrecargas	4
2.4.3. Cargas de Viento	4
2.4.4. Coeficientes de seguridad, simultaneidad y duración de las cargas . . .	5
2.5. Otras consideraciones	5
3. Sistemas Resistentes de Esfuerzos Laterales	6
4. Diseño de Estructura del Techo	8
4.1. Verificaciones	8
4.1.1. Tracción paralela a la fibra	8
4.1.2. Compresión paralela a la fibra	9
4.1.3. Flexión simple	10
4.1.4. Combinación de esfuerzos	11
4.1.5. Cortante	11
4.1.6. Deformaciones	11
4.2. Diseño de las Vigas paralelas a la pendiente de techo	12
4.3. Diseño de la viga cumbrera y otras vigas principales del techo	14
4.4. Detalles de la estructura del techo	24
4.4.1. Clavado para vigas múltiples	24
4.4.2. Unión cadenas - vigas	25
4.4.3. Clavado de Tableros OSB	26
4.4.4. Uniones vigas y apoyos	27
5. Diseño de Elementos Verticales	29
5.1. Verificaciones	29
5.1.1. Tracción paralela a la fibra	29
5.1.2. Compresión paralela a la fibra	30
5.1.3. Flexión simple	31
5.1.4. Combinación de esfuerzos	32
5.1.5. Cortante	32
5.1.6. Aplastamiento madera-madera	32
5.2. Diseño de los pilares de apoyo de vigas cumbreras y otras vigas principales . .	33
5.3. Diseño de los muros interiores	42
5.3.1. Diseño de las soleras	42
5.3.2. Diseño de los montantes	43
5.4. Diseño de los muros exteriores	49
5.4.1. Diseño de las soleras	49



5.4.2.	Diseño de montantes	53
5.5.	Diseño de los aberturas	80
5.5.1.	Diseño de los Dinteles	80
5.5.2.	Diseño de los apoyos de los dinteles	81
5.6.	Detalles de los elementos verticales	85
5.6.1.	Clavado de pilares múltiples	85
5.6.2.	Detalle general de muro	86
5.6.3.	Detalle de encuentro de muros	87
5.6.4.	Uniones entre montantes y soleras	88
5.6.5.	Unión cortafuegos-montantes	89
5.6.6.	Detalles de las Aberturas	89
5.6.7.	Clavado de tableros OSB	91
6.	Diseño y Cálculo de Tableros OSB	93
6.1.	Verificaciones	93
6.1.1.	Flexión simple	93
6.1.2.	Cortante	94
6.2.	Diseño de los Tableros del Techo	94
6.3.	Diseño de los Tableros de las Paredes	95
7.	Diseño y Cálculo de Uniones	98
7.1.	Unión de apoyo de las viguetas del techo paralelas a la pendiente del mismo. .	98
7.2.	Unión de apoyo de las vigas principales del techo sobre pilares	99
7.3.	Unión de los montantes a las soleras	106
7.3.1.	Muros interiores	109
7.3.2.	Muros exteriores	110
7.4.	Unión de apoyo de los dinteles.	127
7.5.	Anclaje de las soleras a la platea de fundación	129
7.5.1.	Muros interiores	129
7.5.2.	Muros exteriores	130
7.6.	Diseño de uniones Hold-down	144
8.	Diseño de la platea de fundación	150
8.1.	Esquema de armado	150
8.2.	Armadura bajo muro	152
8.3.	Refuerzo bajo puntos críticos	155



1. Descripción General

En el presente documento se detallan las hipótesis, cálculos y verificaciones que se realizan para el diseño de cierta tipología de viviendas sociales de estructuras de madera.

Las viviendas a diseñar son de **un único nivel** apoyadas en plateas de fundación de hormigón armado. El sistema estructural se conforma de muros portantes, materializados con montantes de madera aserrada apoyados superior e inferiormente con soleras y arriostramientos horizontales. En los muros exteriores se clavan paneles OSB a los montantes.

La cubierta se conforma por un sistema a 2 aguas, de vigas paralelas a las aguas apoyadas en los muros portantes o en una viga cumbrera la cual a su vez apoya en los muros. En algunos casos se puede optar por considerar pilares exteriores y vigas exteriores que apoyen en este pilar y sirvan para apoyar a las vigas de la cubierta. De manera análoga a los muros se clavan paneles OSB a las vigas de la cubierta.

Debido a que en el presente documento se asocia al sistema constructivo en general y no a una vivienda en particular, se toman ciertas consideraciones generales y seguras, fundamentalmente en lo referente a las propiedades del suelo y a las cargas de viento.

El presente cálculo **deja de ser válido** dado **cualquiera** de los siguientes casos:

- La estructura presenta más niveles que solo planta baja.
- La tipología estructural no se asocia a lo anteriormente descrito (Muros portantes, cubierta a dos aguas con viga cumbrera, etc.).
- La pendiente de alguna de las aguas supera los 45°.
- Existe algún pilar o montante de más de 4 metros de alto.
- Los materiales utilizados no coinciden con los descritos en la sección 2.2.
- La estructura se encuentra cerca de algún terreno con pendiente mayor al 30 % o se encuentra en la misma ladera.
- Algún muro exterior no tiene al menos una zona de 1,5 metros sin aberturas. Más aclaraciones en sección 3.
- Las uniones (sección 7) o el terreno para la platea (sección 8) no cumplen con los requisitos allí presentados.

Vale la pena aclarar que con un cálculo estructural preciso para cada vivienda específica, se podrá tener una mejor estimación de los requisitos estructurales del proyecto, pudiendo reducir las secciones aquí calculadas.

2. Bases del Proyecto

2.1. Normas empleadas

- Para la definición de los materiales y sus propiedades:
 - **SPIB** - Para la madera estructural se consideran las propiedades dadas por la certificación de madera de Pino del Sur dada por el mencionado organismo.
 - **UNIT 843:1995** - Barras de acero conformadas con resaltes y nervios, laminadas en caliente, para hormigón armado.
 - **UNIT 972:1997** - Hormigón. Clasificación por la resistencia característica.
- Para la definición de acciones:
 - **UNIT 33-91:** Cargas a utilizar en el proyecto de edificios.
 - **UNIT 50-84:** Acción del viento sobre construcciones.
- Para el diseño estructural:
 - **EN 1990:** Eurocódigo 0: Bases del cálculo de estructuras.
 - **EN 1995-1-1:** Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
 - **CTE-DB** Código Técnico de la Edificación - Documento Básico - Seguridad estructural (2019). (Solo para los límites de las deformaciones)
 - **DIN 1052:2008** Diseño de estructuras de madera. Reglas generales y reglas para edificación. (Para la verificación de combinación de esfuerzos de forma genérica)
 - **EHE-08:** Instrucción de hormigón estructural.

2.2. Materiales

En lo referente a los elementos de uso estructural de madera se considera la utilización de Pino Amarillo importado de EEUU que consideré una certificación SPIB N° 2.

Dada esta clasificación, las propiedades mecánicas que se consideran para el cálculo según el Eurocódigo 5 son según se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Propiedades de la madera SPIB N° 2

Propiedad (Unidades)	Valor
$f_{m,k}$ Resistencia a la flexión característica (MPa)	17,51
$f_{t,0,k}$ Resistencia a la tracción paralela a la fibra característica (MPa)	11,17
$f_{v,k}$ Resistencia al cortante característica (MPa)	3,47
$f_{c,90,k}$ Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra característica (MPa)	8,10
$f_{c,0,k}$ Resistencia a la compresión paralela a la fibra característica (MPa)	23,17
$E_{0,m}$ Módulo de deformación longitudinal medio (GPa)	9,65
ρ_k Densidad característica (kg/m ³)	500



Si se realizan empalmes en las piezas de madera para lograr mayores longitudes, los mismos deben ser de unión dentada según ítems 5.5 y 5.6 de la UNIT 1264:2019.

Para los tableros OSB se podrá utilizar de cualquier proveedor, si y solamente si el mismo cuenta con certificación y sello que avalen el uso estructural del mismo.

Para los elementos de conexión se utiliza el catálogo de Simpson Strong Tie (<https://embed.widenet.net/pdf/plus/ssttoolbox/8b9lxnkxkf/C-C-2021.pdf>) de 2021 y las resistencias que allí se presentan.

Para las fundaciones se hace uso de un hormigón **C25** según UNIT 972:1997 y acero de refuerzo **ADN 420** según UNIT 843:1995.

En el caso de los elementos de hormigón y acero de refuerzo, se podrá utilizar otras clasificaciones si y solamente si las mismas son superiores a las anteriormente consideradas.

2.3. Protecciones a la madera y conexiones

A la hora de adquirir la madera para la ejecución de la obra se exigirá que la misma haya sido secada al aire o en estufa hasta haber alcanzado un contenido de humedad del $16 \pm 2\%$. Luego se deberá volver a secar hasta llegar al $12 \pm 3\%$ previo a su colocación en la estructura.

Las piezas en contacto con la platea de fundación deberán ser tratadas en profundidad con CCA asegurando una retención mínima de $6,4 \text{ kg/m}^3$. Por otra parte, las conexiones metálicas entre la estructura de madera y la fundación deberán ser de acero inoxidable, pudiendo utilizar acero común en el resto de la estructura.

Todos los muros interiores deberán tener, en sus dos caras, clavadas placas de yeso de al menos 12 milímetros de espesor como mínimo. Los muros exteriores deberán cumplir este requisito solamente en la cara interior. La separación entre las fijaciones de las placas deberá ser menor o igual a 30 centímetros a lo largo de las piezas de madera. Se podrá optar por utilizar contrachapado de 15 milímetros de espesor como mínimo en vez del yeso.

Se recomienda el uso de la platea de fundación como escalón a la vivienda; separando las piezas de madera del nivel del terreno en al menos 12 centímetros.

En el caso de utilizar fachada ventilada para los muros exteriores, se deberá procurar que los listones de madera, o similar, que se utilicen para materializar la cámara de aire, se coloquen en dirección vertical para permitir la adecuada evacuación de eventuales humedades.

Se deberá estudiar la posible presencia de termitas en el sitio de obra. En el caso de identificar la presencia se deberá contactar a expertos en plagas y fumigar con cipermetrina, colocar cebos o realizar los tratamientos que los mismos recomienden. Se deberá hacer especial indicación al cliente final en la importancia del mantenimiento de los procesos de control de plagas indicados.

2.4. Cargas

2.4.1. Cargas permanentes

Dada la generalidad de la estructura a construir no se puede realizar una estimación exacta de las cargas permanentes. Por este motivo se consideran los siguientes valores, asociados a experiencias previas y valores recomendados en bibliografía:

- Para el techo se considera una carga descendente de $0,65 \text{ kN/m}^2$. Donde el área es solidaria al área real de la cubierta.
- Para las paredes se considera una carga descendente de $0,45 \text{ kN/m}^2$ de muro.

2.4.2. Sobrecargas

La sobrecarga de uso que se aplica sobre el techo de la estructura es de $1,50 \text{ kN/m}^2$ en proyección horizontal.

2.4.3. Cargas de Viento

En primer lugar, para la estimación de las cargas de viento se calcula la velocidad de cálculo del viento la cual se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$v_c = k_t \cdot k_z \cdot k_d \cdot k_k \cdot v_k$$

A continuación se definen los parámetros de la ecuación:

- **Ubicación:** Por realizarse un cálculo genérico se considera el mayor valor del país y se tiene $v_k = 43,9 \text{ m/s}$.
- **Topografía:** Se considera una situación normal de exposición, por lo que $k_t = 1$.
- **Altura:** Se considera una pendiente del terreno menor a $0,3$ y una rugosidad tipo I por lo que el coeficiente de altura es según la siguiente ecuación:

$$k_z = \left(\frac{z}{10} \right)^{0,1}$$

con z la altura desde el terreno en metros. Ya que se limitó la altura de los montantes a 4 metros, para tener ciertas consideraciones en las terminaciones y demás elementos se considera $z = 5,0 \text{ m}$. Entonces $k_z = 0,93$

- **Dimensiones:** Se considera $k_d = 1$ para tener en cuenta diversas geometrías.
- **Factor de Seguridad:** En base a la vida útil de la estructura (50 años), se define el coeficiente $k_k = 1,15$.

En definitiva, la velocidad de cálculo es $v_c = 47,10 \text{ m/s}$.

Las presiones se calculan como:

$$p = c \cdot q_c$$



donde c es el coeficiente de presión y q_c es la presión dinámica de cálculo que se calcula como:

$$q_c = \frac{v_c^2}{16,3} = 1,36 \text{ kN/m}^2$$

Por otra parte, dadas las consideraciones geométricas de la estructura, el coeficiente de presión exterior se considerará 0,8 mientras que el succión exterior se considerará 0,65.

Por otra parte, el coeficiente de presión interior se considerará 0,38 mientras que de succión interior se considerará 0,3.

Por lo tanto se tiene un coeficiente de presión externa máximo de 1,10 que corresponde a una carga de 1,50 kN/m² normal a la superficie. También se tiene un coeficiente de succión exterior máximo de 1,03 lo que corresponde a una carga de 1,40 kN/m² también normal a la superficie. En las paredes se considera que se puede dar tanto presión como succión mientras que en el techo solo succión.

2.4.4. Coeficientes de seguridad, simultaneidad y duración de las cargas

Los coeficientes de seguridad y simultaneidad de las distintas cargas, según el EN 1990 son presentados en la tabla 2.2. En la misma también se presentan las duraciones de las mismas según el EN 1995-1-1.

Tabla 2.2: Coeficientes y duraciones de las distintas cargas

Carga	γ_f	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Duración
Permanentes	1,35	1	1	1	Permanente
Sobrecarga en el techo	1,50	0	0	0	Corta
Viento	1,50	0,6	0,5	0	Corta

2.5. Otras consideraciones

Tomando en cuenta el ambiente de exposición de la estructura se tiene, para todos los elementos que se dimensionan, una clase de servicio 1 según la cláusula 2.3.1.3 del EN 1995-1-1.

Se diseña la estructura para una vida útil de 50 años.

3. Sistemas Resistentes de Esfuerzos Laterales

El único esfuerzo con componentes laterales es el viento, por lo cual los efectos sobre el sistema resistente de esfuerzos laterales se asocian pura y exclusivamente por esta carga. Se considera que el sistema resistente de esfuerzos laterales se compone casi exclusivamente de los muros perimetrales, considerando despreciable la contribución de los interiores.

La fuerza de corte total en la fundación asociada al efecto del viento, se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_{w,tot} = w_{SRL} h a$$

donde h es la altura total de la edificación en metros y a es el ancho máximo de fachada en metros y $w_{SRL} = 1,91 \text{ kN/m}^2$ es una carga equivalente de viento sobre el sistema resistente.

El momento de vuelco de la estructura asociado al viento se calcula según:

$$M_{w,tot} = Q_{w,tot} \frac{h}{2}$$

Para considerar los esfuerzos sobre el techo, el cual hace las veces de diafragma, se hace uso del método de la viga alta. Este método indica que se debe considerar sobre los elementos de borde del techo, ya sean vigas inclinadas, vigas de apoyo o soleras, una directa adicional N_w según:

$$N_w = \frac{Q_{w,tot} a}{8b}$$

donde b es el ancho mínimo de fachada en metros. Esta directa puede ser tanto de tracción como de compresión.

Por otra parte, se tiene la existencia de un cortante por unidad de longitud de muro que debe ser resistida por los muros de corte y transmitidas a la fundación por las uniones solera-platea. Este corte se calcula según la siguiente ecuación:

$$Q_{muro} = \frac{Q_{w,tot}}{2\ell_m}$$

donde ℓ_m es la longitud del muro exterior más corto tras haber descontado las zonas con aberturas, y sin considerar tramos de menos de 1,5 metros de largo, según se presenta en la figura 3.1.

En el ejemplo de la figura el valor de ℓ_m no incluye el tramo ℓ_{s1} porque este tiene menos de 1,5 metros de largo. Por este motivo uno de los requisitos para la validez de este documento de cálculo es que todos los muros posean al menos un tramo con una longitud de al menos 1,5 metros de largo sin aberturas.



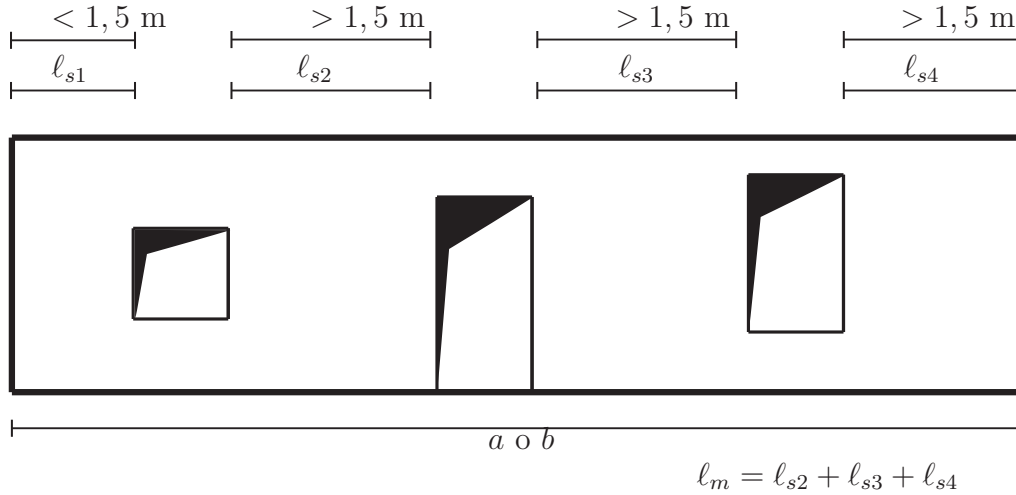


Figura 3.1: Esquema de muro de corte para la definición de l_m

En el caso de muros exteriores partidos en 2 partes o más partes, como el esquema de arquitectura presentado en la siguiente figura, el valor de l_m se considera sumando los tramos l_s de todos los tramos, pero **es importante notar que se deben distinguir en distintos l_s los distintos tramos.**

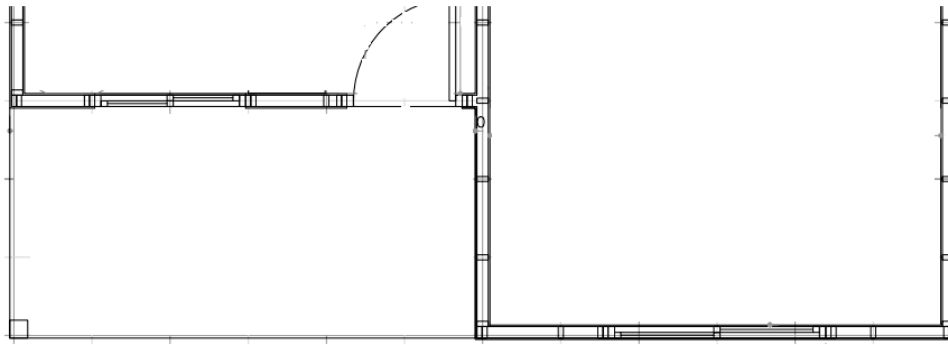


Figura 3.2: Esquema de muros exteriores en distintos tramos

Finalmente, sobre los montantes del entramado vertical, se debe considerar una directa adicional, que puede ser de tracción o compresión, asociada al momento en la base. La misma vale:

$$N_{w,montante} = \frac{M_{w,tot}}{2l_m}$$

Estrictamente, esta directa solo actúa en los montantes extremos de los tramos sin aberturas, por lo que si se coloca una unión especial por este efecto, según se discutirá en la sección de uniones, solamente afectará a estos montantes.

Se recuerda que estos valores son característicos y los mismos serán mayorados acordemente en las respectivas verificaciones.

4. Diseño de Estructura del Techo

En esta sección se presentan los cálculos para el diseño de la estructura del techo sin contar los tableros OSB cuyas verificaciones se presentarán en una sección específica.

El modelo de cálculo de las vigas es de simplemente apoyada entre los paramentos de los apoyos más espaciados. En el caso de las vigas continuas esta es una simplificación del lado de la seguridad ya que debido a la disposición de los arriostramientos y la simetría de las piezas no se deben realizar verificaciones distintas según el signo del momento flector.

Es **muy importante** que, cuando se considere que cierta viga, pilar o muro sirve de apoyo para una viga se debe materializar la unión de apoyo según se presentará en la sección de uniones.

4.1. Verificaciones

Las verificaciones que se realizan sobre las vigas son las siguientes:

4.1.1. Tracción paralela a la fibra

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{N_d}{A} = \sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,0,k}/\gamma_m) \cdot k_h$$

donde:

- N_d es la directa de tracción de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- A es el área de la sección de la pieza.
- k_{mod} es un coeficiente que tiene en cuenta el contenido de humedad y la duración de la carga. Es recogido en la tabla 3.1 del EN 1995-1-1 y los valores que toma para la clase de servicio y duraciones de carga de este proyecto se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Valores del coeficiente k_{mod} para este proyecto

Formato de Madera	Duración de la carga	
	Permanente	Corta
Madera Aserrada	0,6	0,9

En una combinación de cargas de distinta duración, aplica el coeficiente de la carga de menor duración.

- $f_{t,0,k}$ es el valor característico de la resistencia a la tracción paralela a la fibra. Vale $f_{t,0,k} = 11,17 \text{ MPa}$
- γ_m es el coeficiente de seguridad del material. Vale 1,3 para las piezas de madera.



- k_h es un coeficiente que tiene en cuenta el comportamiento frágil en tracción de la madera.

Para madera aserrada vale:

$$k_h = \begin{cases} \min \{(150/h)^{0,2} ; 1,3\} & \text{si } h < 150 \\ 1 & \text{si } h \geq 150 \end{cases}$$

siendo h la mayor dimensión de la pieza en milímetros.

4.1.2. Compresión paralela a la fibra

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{N_d}{A} = \sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot k_c \cdot (f_{c,0,k}/\gamma_m) \cdot k_{sys}$$

donde:

- N_d es, en este caso, la directa de compresión de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- $f_{c,0,k}$ es el valor característico de la resistencia a la compresión paralela a la fibra. Vale $f_{c,0,k} = 23,17 MPa$
- k_{sys} es un coeficiente de carga compartida que permite aumentar la resistencia si existe la posibilidad de redistribuir carga a elementos repetidos. Vale 1,1 si esto es posible y 1 si no lo es. Para las vigas paralelas a la pendiente del techo y con gran repetición esto vale y para las vigas cumbrera o similares no.
- k_c un coeficiente que toma en cuenta la inestabilidad en compresión. Se calcula según la siguiente expresión:

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \leq 1$$

con:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

donde:

- λ es la esbeltez mecánica de la pieza. Se calcula como la luz de pandeo sobre el radio de giro de la sección en la dirección considerada.

La luz de pandeo para un elemento bi-articulado, como los que se consideran en este proyecto, es idéntica a la longitud de la pieza entre arriostramientos. En el caso de las vigas arriostradas en la dirección débil por vigas transversales la longitud es la separación entre estas vigas mientras que en el resto de los casos es exactamente la longitud de la pieza.

El radio de giro de la sección, para piezas rectangulares, se calcula como $h/\sqrt{12}$.

- $E_{0,05}$ es el módulo elástico característico. Se asume que vale $0,67E_{0,m} = 6465 \text{ MPa}$.

4.1.3. Flexión simple

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{M_d}{W_{el}} = \sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = k_{crit} \cdot k_{mod} \cdot k_h \cdot (f_{m,k}/\gamma_m) \cdot k_{sys}$$

donde:

- M_d es el momento de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- W_{el} es el módulo elástico de la sección. Para secciones rectangulares, como las utilizadas en el proyecto, su valor es $W_{el} = bh^2/6$ siendo b el ancho de la pieza y h el canto de la misma.
- $f_{m,k}$ es la resistencia a flexión característica. Vale $f_{m,k} = 17,51 \text{ MPa}$.
- k_{crit} un coeficiente que toma en cuenta la inestabilidad en flexión. Se calcula según la siguiente expresión:

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{si } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{si } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{si } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

con:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}}$$

donde l_{ef} es la longitud efectiva de vuelco lateral. Se calcula como la distancia entre arriostramientos de vuelco lateral incrementada en $2h$.



4.1.4. Combinación de esfuerzos

Para verificar la combinación de esfuerzos normales, se debe verificar la siguiente ecuación obtenida de la DIN 1052:2008, la cual funciona para directas de tracción y compresión, inestabilidades, flexión simple o esviada y combinaciones de estas.

$$\frac{\sigma_{N,d}}{f_{N,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{flex,d}} \leq 1$$

Donde:

- $\sigma_{N,d}$ es la tensión de diseño en tracción o compresión paralela a la fibra según corresponda.
- $f_{N,d}$ es la resistencia de diseño a tracción o compresión según corresponda.
- $\sigma_{m,y,d}$ es la tensión de diseño en flexión.
- $f_{flex,d}$ es la resistencia a flexión.

4.1.5. Cortante

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$1,5 \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} = \tau_d \leq f_{v,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,k} / \gamma_m)$$

donde:

- V_d es el cortante de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- $b_{ef} = k_{cr} \cdot b$ es un ancho efectivo para tener en cuenta la presencia de fendas. El coeficiente $k_{cr} = 0,67$ para los productos de madera que se consideran en este proyecto.
- $f_{v,k}$ es la resistencia característica a cortante. Vale $f_{v,k} = 3,47 \text{ MPa}$.

4.1.6. Deformaciones

Se realizan 3 verificaciones de flecha:

- Flecha activa, calculada según:

$$w_{act} = w_{inst,G} \cdot k_{def} + w_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,Q_1} \cdot k_{def}) + \sum w_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,Q_i} + \psi_{2,Q_i} \cdot k_{def})$$

donde:

- Los subíndices son G para las cargas permanentes, Q_1 para la carga variable principal y Q_i para las cargas variables acompañantes.

- w_{inst} es la flecha instantánea calculada con la combinación característica de acciones y utilizando los valores medios del módulo elástico longitudinal (E) y transversal (G). Para tener en cuenta las deformaciones por corte en la madera se aplican los siguientes factores mayoradores de la flecha sin considerar deformaciones por corte:

$$Factor = \begin{cases} (1 + \frac{6}{5} \frac{E}{G} (\frac{h}{l})^2) & \text{Para cargas puntuales en el centro del vano.} \\ (1 + \frac{24}{25} \frac{E}{G} (\frac{h}{l})^2) & \text{Para cargas uniformemente distribuidas.} \end{cases}$$

Los valores de los módulos de rigidez son $E = 9650 \text{ MPa}$ y G se asume $G = E_{0,m}/16 = 603 \text{ MPa}$.

- k_{def} el factor de carga diferida el cual, para la clase de servicio y productos estructurales del proyecto, vale 0,6.
- Los coeficientes ψ son los de simultaneidad de cada carga, presentados en la tabla 2.2.

El cálculo de esta flecha intuitivamente se asocia a la componente diferida de las deformaciones asociadas a las cargas permanentes más la máxima deformación posible por las cargas variables, sumando instantánea y diferida. La misma se limita a $l/300$.

- Flecha de confort, calculada según:

$$w_{con} = w_{inst,Q_1} + \sum w_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,Q_i})$$

El cálculo de esta flecha intuitivamente se asocia a la máxima deformación instantánea de las cargas variables. La misma se limita a $l/350$.

- Flecha de apariencia, calculada según:

$$w_{apa} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,Q_1} \cdot \psi_{2,Q_1} \cdot (1 + k_{def}) + \sum w_{inst,Q_i} \cdot \psi_{2,Q_i} \cdot (1 + k_{def})$$

El cálculo de esta flecha intuitivamente se asocia a la máxima deformación apreciable en situación cuasipermanente. La misma se limita a $l/300$.

4.2. Diseño de las Vigas paralelas a la pendiente de techo

Se presenta en las siguientes tablas las secciones mínimas que deben presentar las vigas del techo para distintas combinaciones de distancias entre apoyos, separación entre ellas y distancia entre arriostramientos de vuelco lateral.

Se considera que sobre estas viguetas no actúa las directas asociadas al efecto de diafragma. Esto es porque estas viguetas o son intermedias (en cuyo caso no corresponde el efecto) o son de borde en cuyo caso se encontrarán apoyadas en soleras o similar y se asume que este apoyo es quien toma el efecto.

NOTAS PARA EL USO DE LAS TABLAS:



- Se presentan tablas para el cálculo de vigas simples y vigas dobles. En el caso de considerar vigas dobles se deberá clavar las mismas según se explica en la sección 4.4.
- Se considera como distancia entre apoyos a la distancia según la dirección de la pieza. NO es la distancia en proyección horizontal. Por ejemplo, si se considera una pieza de 3 metros en proyección horizontal y que, por la pendiente, posee 1 metro de crecimiento en dirección vertical, se tiene una distancia entre apoyos de 3,16 m.
- Los arriostramientos de vuelco lateral, de ahora en más denominados como *Cadenetas*, son piezas de madera aserrada, de igual dimensión que las vigas, que se colocan de forma transversal a las mismas. Se considera en el cálculo 2 casos, uno con cadenetas cada 1,20 metros y otro sin arriostramientos.
- Se considera que “ - ” implica que no existe sección que permita cumplir con estos requisitos.
- Las secciones de las tablas son mínimas, por lo cual se podrían utilizar secciones mayores sin inconvenientes, lo que puede suceder debido a los requisitos de las uniones.
- Se entiende que las separaciones entre vigas y longitud entre apoyos dados son máximos para cada celda. Por ejemplo en la tabla 4.2, una viga con longitud entre apoyos de 4,7 m requiere el valor de la celda de 5m.

Tabla 4.2: Secciones mínimas para vigas simples, con cadenetas cada 1,20 metros (o menos).

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m	6 m	7m
41 cm	2" x 6"	2" x 10"	2" x 12"	-	-
61 cm	2" x 8"	2" x 12"	-	-	-
81 cm	2" x 10"	-	-	-	-

Tabla 4.3: Secciones mínimas para vigas simples sin cadenetas.

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m	6 m	7m
41 cm	2" x 12"	-	-	-	-
61 cm	-	-	-	-	-
81 cm	-	-	-	-	-

Tabla 4.4: Secciones mínimas para vigas dobles, con cadenetas cada 1,20 metros (o menos).
Parte 1

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m
41 cm	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 8"
61 cm	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"
81 cm	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"

Tabla 4.5: Secciones mínimas para vigas dobles, con cadenetitas cada 1,20 metros (o menos). Parte 2

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	6 m	7m	8m
41 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"
61 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"	-
81 cm	2 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.6: Secciones mínimas para vigas dobles, sin cadenetitas. Parte 1

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m
41 cm	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 10"
61 cm	2 x 2" x 6"	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 12"
81 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"	-

Tabla 4.7: Secciones mínimas para vigas dobles, sin cadenetitas. Parte 2

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	6 m	7m
41 cm	2 x 2" x 12"	-
61 cm	-	-
81 cm	-	-

4.3. Diseño de la viga cumbrera y otras vigas principales del techo

Se presenta en las siguientes tablas las secciones mínimas que deben presentar las vigas principales del techo para distintas combinaciones de distancias entre apoyos, separación entre ellas y, en el caso de las vigas de borde, ancho máximo de la fachada y relación entre anchos de fachada. Para simplificar el uso de las tablas se asumió que el alto de la vivienda es $h = 5$ m.

Se considera que en lo referente al vuelco lateral, la luz de pandeo coincide con la longitud entre apoyos debido a que el viento succiona y no hay arriostamientos en la cara inferior de las vigas. Por otra parte, para el pandeo por compresión se considera que la luz de pandeo en el eje débil es de 1 metro (algo mayor a la separación entre viguetas) donde se asume que las viguetas, gracias a los tableros de OSB, logran arriostar este pandeo.

NOTAS PARA EL USO DE LAS TABLAS:

- Se presentan tablas para el cálculo de vigas simples, vigas dobles y triples. En el caso de considerar vigas múltiples se deberá clavar las mismas según se explica en la sección 4.4.



- Se considera como distancia entre apoyos a la distancia según la dirección de la pieza. NO es la distancia en proyección horizontal. Por ejemplo, si se considera una pieza de 3 metros en proyección horizontal y que, por la pendiente, posee 1 metro de crecimiento en dirección vertical, se tiene una distancia entre apoyos de 3,16 m.
- Por la geometría de estas vigas no se considera que existe arriostramiento de vuelco lateral.
- Se distingue entre vigas de borde y vigas intermedias por dos motivos. El primer motivo es que las vigas de borde van a llevar los esfuerzos de directa por viento, asociados al comportamiento del techo como diafragma mientras que las intermedias no. Por otra parte, las intermedias suelen encontrarse más cargadas.
- Se considera que “ - ” implica que no existe sección que permita cumplir con estos requisitos.
- Las secciones de las tablas son mínimas, por lo cual se podrían utilizar secciones mayores sin inconvenientes, lo que puede suceder debido a los requisitos de las uniones.
- Se entiende que las separaciones entre vigas y longitud entre apoyos dados son máximos para cada celda. Por ejemplo en la tabla 4.9, una viga con longitud entre apoyos de 3,7 m requiere el valor de la columna de 4m.

Se define como viga de borde aquella en la que solamente existen viguetas apoyando en ésta de un lado de la misma (Ver viga izquierda en figura 4.1a). En contraposición, se considera viga intermedia cuando existen viguetas que apoyan sobre ésta a ambos lados de la misma o en su defecto cuando estas funcionan de apoyo intermedio para una viga continua (Ver viga central en figura 4.1b).

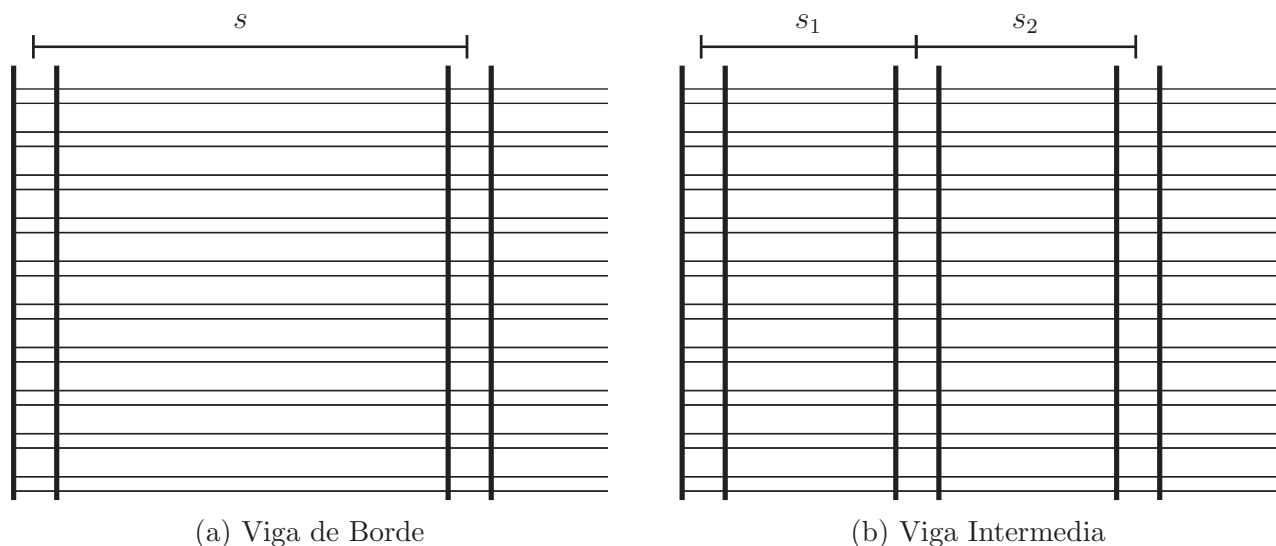


Figura 4.1: Tipos de vigas principales y definición de la separación

La “separación entre vigas” se define distinto si es una viga de borde o una viga intermedia. En el caso de la viga izquierda en la figura 4.1a la cual es de borde, la separación se define

como $s/2$. Por otra parte, en el caso de la viga centran en la figura 4.1b la cual es intermedia, la separación se define como $(s_1 + s_2)/2$.

Tabla 4.8: Secciones mínimas para vigas de borde simples, en cualquier condición de anchos de fachada

Longitud entre apoyos Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	No es viable en ningún caso		

Tabla 4.9: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8.

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"	-	-
200 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
250 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.10: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5.

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"	-	-
200 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
250 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.11: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una fachada corta de al menos 4 metros.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 12"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
200 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.12: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 12"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
200 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.13: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
200 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	-	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.14: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una fachada corta de al menos 4 metros.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	-	-	-	-
150 cm	-	-	-	-
200 cm	-	-	-	-
250 cm	-	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.15: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 10"	2 x 2" x 12"	-	-
150 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
200 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	-	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.16: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
150 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
200 cm	-	-	-	-
250 cm	-	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.17: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,3.

Sep. entre vigas	Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm		-	-	-	-
150 cm		-	-	-	-
200 cm		-	-	-	-
250 cm		-	-	-	-
300 cm		-	-	-	-
350 cm		-	-	-	-

Tabla 4.18: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 1

Sep. entre vigas	Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m
100 cm		3 x 2" x 6"	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"
150 cm		3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
200 cm		3 x 2" x 8"	3 x 2" x 12"	-
250 cm		3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
300 cm		3 x 2" x 10"	-	-
350 cm		3 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.19: Secciones mínimas para 2 vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 2

Sep. entre vigas	Long. entre apoyos	6 m	7m
100 cm		3 x 2" x 12"	-
150 cm		-	-

Tabla 4.20: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una fachada corta de al menos 4 metros. Parte 1

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 10"
150 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
200 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
250 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
300 cm	3 x 2" x 10"	-	-
350 cm	3 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.21: Secciones mínimas para 2 vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 10 metros y una fachada corta de al menos 4 metros. Parte 2

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	6 m	7m
100 cm	3 x 2" x 12"	-
150 cm	-	-

Tabla 4.22: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 1

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 10"
150 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
200 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
250 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
300 cm	3 x 2" x 10"	-	-
350 cm	3 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.23: Secciones mínimas para 2 vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 2

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	6 m	7m
100 cm	3 x 2" x 12"	-
150 cm	-	-

Tabla 4.24: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5. Parte 1

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
150 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
200 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
250 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
300 cm	3 x 2" x 12"	-	-
350 cm	3 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.25: Secciones mínimas para 2 vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5. Parte 2

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	6 m	7m
100 cm	3 x 2" x 12"	-
150 cm	-	-

Tabla 4.26: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 20 metros y una fachada corta de al menos 4 metros.

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-	-
150 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
200 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.27: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 1

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m
100 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
150 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"
200 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
250 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
300 cm	3 x 2" x 12"	-	-
350 cm	3 x 2" x 12"	-	-

Tabla 4.28: Secciones mínimas para 2 vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,8. Parte 2

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	6 m	7m
100 cm	3 x 2" x 12"	-
150 cm	-	-

Tabla 4.29: Secciones mínimas para vigas de borde triples, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,5.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-
150 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-	-
200 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-	-
250 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
350 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-

Tabla 4.30: Secciones mínimas para vigas de borde dobles, con un ancho máximo de fachada menor o igual a 30 metros y una relación entre fachada más corta/fachada más larga mayor o igual a 0,3.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	3 x 2" x 10"	3 x 2" x 12"	-	-
150 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
200 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
250 cm	3 x 2" x 12"	-	-	-
300 cm	-	-	-	-
350 cm	-	-	-	-

Tabla 4.31: Secciones mínimas para vigas intermedias simples

Longitud entre apoyos \ Separación entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	No es viable en ningún caso		

Tabla 4.32: Secciones mínimas para vigas intermedias dobles.

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m	6m
100 cm	2 x 2" x 8"	2 x 2" x 10"	-	-
200 cm	2 x 2" x 10"	-	-	-
300 cm	2 x 2" x 12"	-	-	-
400 cm	-	-	-	-

Tabla 4.33: Secciones mínimas para vigas intermedias triples. Parte 1

Sep. entre vigas \ Long. entre apoyos	3 m	4 m	5 m
100 cm	3 x 2" x 6"	3 x 2" x 8"	3 x 2" x 10"
200 cm	3 x 2" x 8"	-	-
300 cm	3 x 2" x 10"	-	-
400 cm	3 x 2" x 12"	-	-
500 cm	-	-	-
600 cm	-	-	-

Tabla 4.34: Secciones mínimas para vigas intermedias triples. Parte 2

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	6 m	7 m
100 cm	3 x 2" x 12"	-
200 cm	-	-

Tabla 4.35: Secciones mínimas para vigas intermedias cuádruples. Parte 1

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	3 m	4 m	5 m
100 cm	4 x 2" x 6"	4 x 2" x 8"	4 x 2" x 10"
200 cm	4 x 2" x 8"	4 x 2" x 10"	4 x 2" x 12"
300 cm	4 x 2" x 10"	4 x 2" x 12"	-
400 cm	4 x 2" x 10"	-	-
500 cm	4 x 2" x 12"	-	-
600 cm	4 x 2" x 12"	-	-
700 cm	-	-	-

Tabla 4.36: Secciones mínimas para vigas intermedias cuádruples. Parte 2

Long. entre apoyos Sep. entre vigas	6 m	7 m	8m
100 cm	4 x 2" x 10"	4 x 2" x 12"	-
200 cm	-	-	-

4.4. Detalles de la estructura del techo

En esta sección se presentan detalles asociados a la estructura del techo que deben ser cumplidos para verificar los resultados presentados anteriormente.

4.4.1. Clavado para vigas múltiples

En el caso de considerar el uso de vigas múltiples, se debe asegurar la correcta transmisión de esfuerzos entre las distintas piezas. Para esto alcanza con la colocación de un clavo común de 3" de largo a por lo menos 5 cm de la cara superior de las piezas y otro a por lo menos 5 cm de la cara inferior de las mismas. Ambos clavados deben materializarse al menos cada 30 centímetros. Se debe colocar este tipo de clavados en todos los planos de unión que presente la viga múltiple, presentándose un ejemplo para vigas dobles y triples en la figura 4.2.

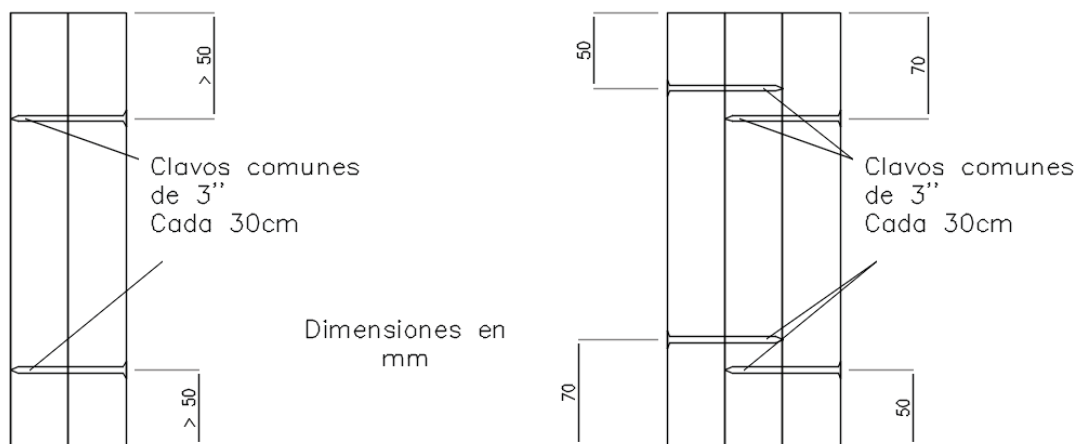


Figura 4.2: Esquema de Clavado para Vigas Múltiples

4.4.2. Unión cadenas - vigas

Como se mencionó en la sección de diseño de las vigas paralelas a la pendiente de techo, las cadenas son piezas de madera aserrada, de igual dimensión que las vigas, que se colocan de forma transversal a las mismas. En la figura 4.3 se presenta un esquema de las mismas.

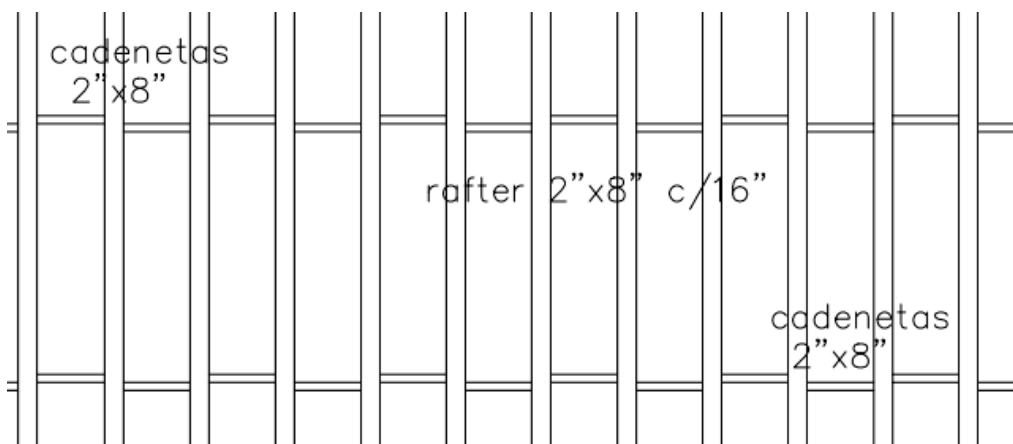


Figura 4.3: Esquema de colocación de cadenetas

Para asegurar el correcto funcionamiento de las mismas, se deben clavar a las vigas que arriostran según se presenta en la figura 4.4.

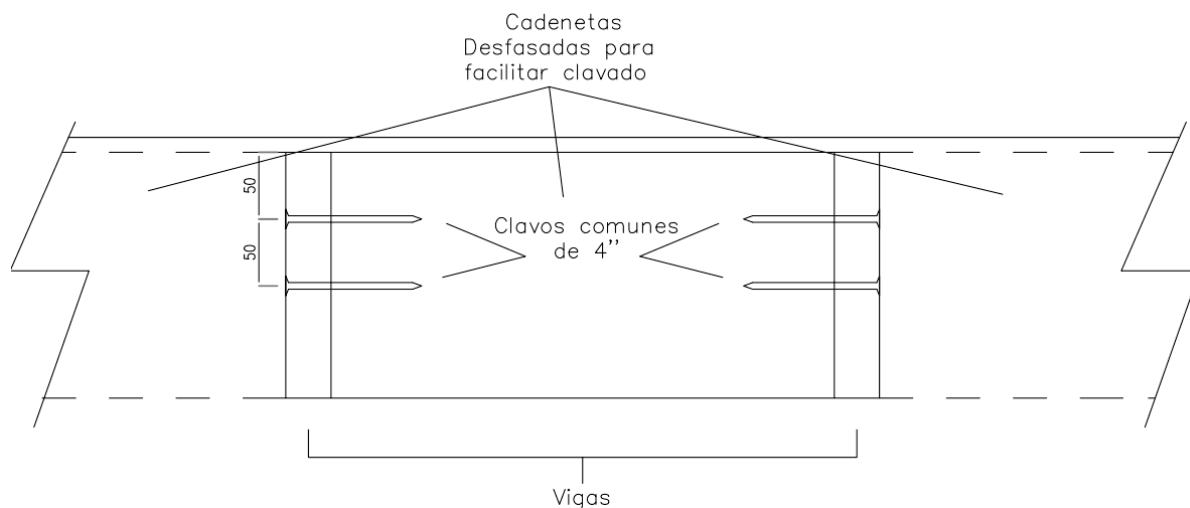


Figura 4.4: Esquema de clavado de las cadenetas

4.4.3. Clavado de Tableros OSB

En esta sección se presenta el esquema de clavado de los tableros OSB a los elementos estructurales del techo, fundamentalmente viguetas y cadenetas. El cálculo y selección del espesor de estos tableros es presentado en la sección 6.

Los tableros deben ser clavados en todos los elementos de apoyo con clavos comunes de al menos 2" de largo cada 15 centímetros. Se debe dejar una holgura de 3 milímetros entre tablero y tablero para evitar esfuerzos adicionales sobre la estructura y fallos de las terminaciones por dilataciones de los mismos. Se debería procurar un clavado en zig zag e idealmente la mayor dimensión de los tableros debe colocarse perpendicular a las viguetas (sin ser esto un requisito excluyente). Un esquema de lo mencionado puede verse en la figura 4.5.

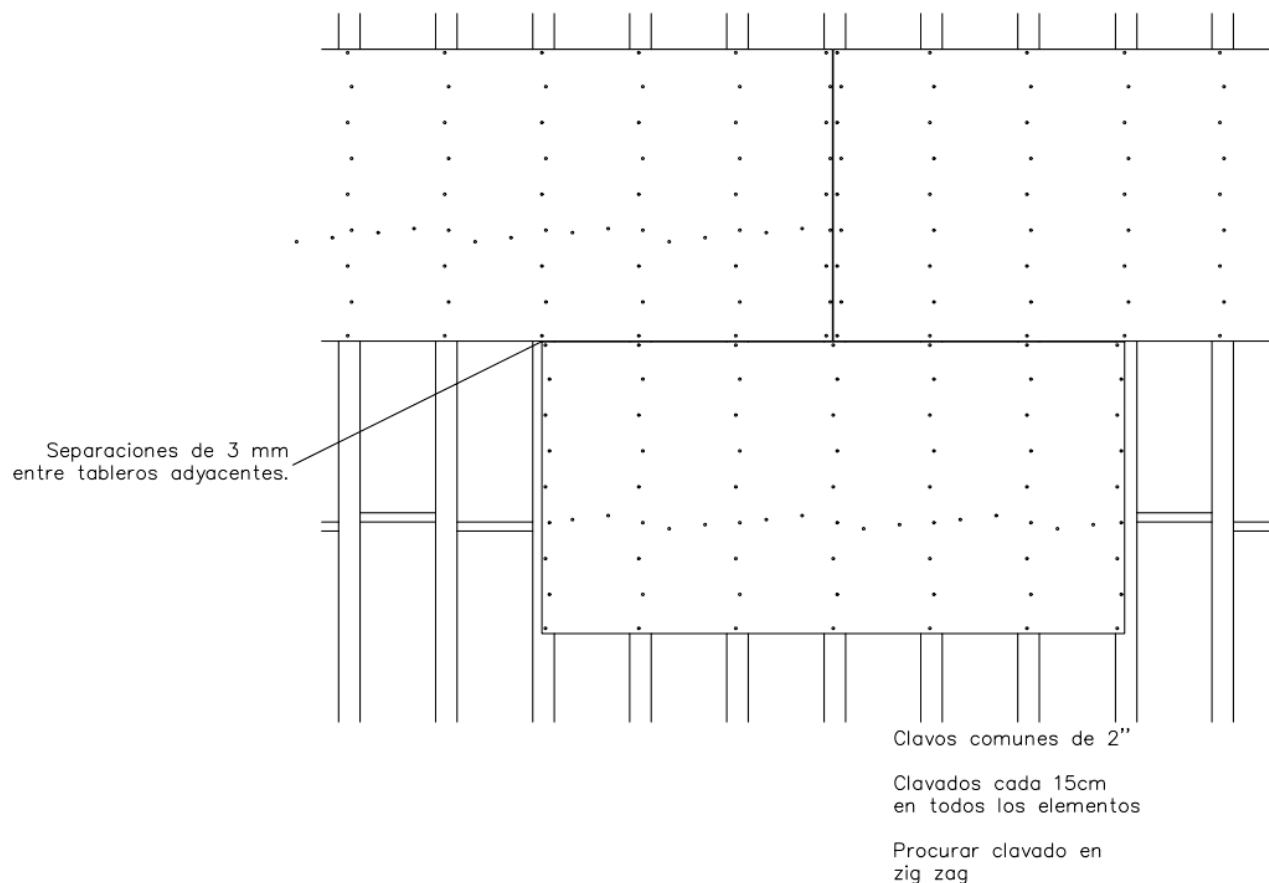


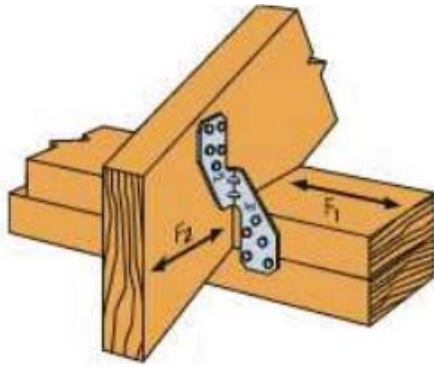
Figura 4.5: Esquema de clavado de los tableros OSB a la estructura del techo

4.4.4. Uniones vigas y apoyos

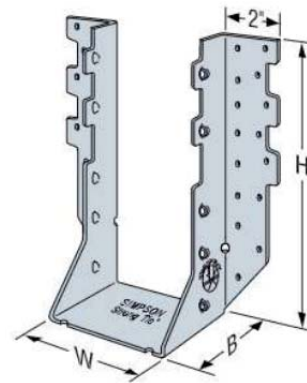
Al definir la longitud entre apoyos es muy importante que los apoyos sean debidamente materializados, en especial bajo la consideración de resistir posibles succiones por viento.

En esta sección se presentan brevemente los tipos de uniones del catálogo de Simpson Strong Tie que se consideran, presentándose posteriormente el diseño y cálculo en la sección 7.

En la figura 4.6a se presenta un esquema del catálogo de una de las principales conexiones utilizadas para la unión entre las vigas paralelas a las pendientes y las soleras de los muros o la viga cumbrera, siendo la del ejemplo la H2.5A. Por otra parte en la figura 4.6b se presenta un esquema de una de las principales conexiones para la unión entre la viga cumbrera y otras vigas principales del techo y los pilares de apoyo.



(a) Vigueta - viga o solera



(b) Viga con Pilar

Figura 4.6: Tipos de conexiones principales en el techo de Simpson Strong Tie

5. Diseño de Elementos Verticales

En esta sección se presentan los cálculos para el diseño de los elementos verticales, sin contar los tableros OSB cuyas verificaciones se presentarán en una sección específica.

El modelo de cálculo de los elementos verticales es en su totalidad el de pilares bi-articulados en ambos extremos. Se considera que en el eje fuerte de los mismos no existen arriostramientos intermedios pero, en el caso de las piezas simples, en el eje débil se considera el arriostramiento de los elementos horizontales que se presentan en la sección 5.6.

5.1. Verificaciones

Las verificaciones que se realizan sobre los elementos verticales son las siguientes:

5.1.1. Tracción paralela a la fibra

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{N_d}{A} = \sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,0,k}/\gamma_m) \cdot k_h$$

donde:

- N_d es la directa de tracción de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- A es el área de la sección de la pieza.
- k_{mod} es un coeficiente que tiene en cuenta el contenido de humedad y la duración de la carga. Es recogido en la tabla 3.1 del EN 1995-1-1 y los valores que toma para la clase de servicio y duraciones de carga de este proyecto se presentan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Valores del coeficiente k_{mod} para este proyecto

Formato de Madera	Duración de la carga	
	Permanente	Corta
Madera Aserrada	0,6	0,9

En una combinación de cargas de distinta duración, aplica el coeficiente de la carga de menor duración.

- $f_{t,0,k}$ es el valor característico de la resistencia a la tracción paralela a la fibra. Vale $f_{t,0,k} = 11,17 \text{ MPa}$
- γ_m es el coeficiente de seguridad del material. Vale 1,3 para las piezas de madera.
- k_h es un coeficiente que tiene en cuenta el comportamiento frágil en tracción de la madera.

Para madera aserrada vale:

$$k_h = \begin{cases} \min \{ (150/h)^{0,2} ; 1,3 \} & \text{si } h < 150 \\ 1 & \text{si } h \geq 150 \end{cases}$$

siendo h la mayor dimensión de la pieza en milímetros.

5.1.2. Compresión paralela a la fibra

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{N_d}{A} = \sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot k_c \cdot (f_{c,0,k}/\gamma_m) \cdot k_{sys}$$

donde:

- N_d es, en este caso, la directa de compresión de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- $f_{c,0,k}$ es el valor característico de la resistencia a la compresión paralela a la fibra. Vale $f_{c,0,k} = 23,17 MPa$
- k_{sys} es un coeficiente de carga compartida que permite aumentar la resistencia si existe la posibilidad de redistribuir carga a elementos repetidos. Vale 1,1 si esto es posible y 1 si no lo es. Para el diseño de los elementos verticales generales de los muros esto vale mientras que para los pilares de apoyo de vigas, dinteles o similares, no.
- k_c un coeficiente que toma en cuenta la inestabilidad en compresión. Se calcula según la siguiente expresión:

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \leq 1$$

con:

$$k = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

donde:

- λ es la esbeltez mecánica de la pieza. Se calcula como la luz de pandeo sobre el radio de giro de la sección en la dirección considerada.



La luz de pandeo para un elemento bi-articulado, como los que se consideran en este proyecto, es idéntica a la longitud de la pieza entre arriostramientos.

El radio de giro de la sección, para piezas rectangulares, se calcula como $h/\sqrt{12}$.

- $E_{0,05}$ es el módulo elástico característico. Se asume que vale $0,67E_{0,m} = 6465 \text{ MPa}$.

5.1.3. Flexión simple

Se debe comprobar la siguiente desigualdad:

$$\frac{M_d}{W_{el}} = \sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = k_{crit} \cdot k_{mod} \cdot k_h \cdot (f_{m,k}/\gamma_m) \cdot k_{sys}$$

donde:

- M_d es el momento de diseño según las combinaciones de estado límite último en situación persistente.
- W_{el} es el módulo elástico de la sección. Para secciones rectangulares, como las utilizadas en el proyecto, su valor es $W_{el} = bh^2/6$ siendo b el ancho de la pieza y h el canto de la misma.
- $f_{m,k}$ es la resistencia a flexión característica. Vale $f_{m,k} = 17,51 \text{ MPa}$.
- k_{crit} un coeficiente que toma en cuenta la inestabilidad en flexión. Se calcula según la siguiente expresión:

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{si } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{si } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{si } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

con:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}}$$

donde l_{ef} es la longitud efectiva de vuelco lateral. Se calcula como la distancia entre arriostramientos de vuelco lateral incrementada en $2h$.